



PRESIDENCIA
DEL GOBIERNO

OFICINA NACIONAL
DE ASESORAMIENTO
CIENTÍFICO

Documento de Trabajo

Propuestas de la Comunidad Científica frente a la Emergencia Climática

Oficina Nacional de Asesoramiento Científico (ONAC)

Versión 05-02-2026

***Segunda iteración de la consulta oficial a la comunidad
científica***



PREÁMBULO

Este documento recoge 204 medidas extraídas de las propuestas de la comunidad científica para informar con evidencia científica la toma de decisiones en el marco del Pacto de Estado frente a la Emergencia Climática.

EL PROCESO

Esta consulta pública a la comunidad científica fue realizada por la Oficina Nacional de Asesoramiento Científico (ONAC) con la dirección científica de la Dra. María José Sanz, del BC3 (Basque Centre for Climate Change). La primera fase de este proceso se desarrolló entre el 2 de septiembre y el 31 de octubre de 2025 mediante tres vías complementarias:

1. Un formulario abierto a la comunidad científica para recoger aportaciones informadas por la evidencia científica.
2. Ocho comités temáticos de expertos científicos, coordinados por la Dra. Sanz, que abordaron los principales sectores afectados por las emergencias climáticas.
3. El trabajo de la red de asesores científicos ministeriales, que canalizó propuestas específicas desde sus ámbitos sectoriales sustentadas por la evidencia científica y con el apoyo de 23 grupos adicionales de trabajo con personas expertas.

Este proceso fue complementado mediante sesiones técnicas celebradas durante la *I Convención por un Pacto de Estado frente a la Emergencia Climática* en Ponferrada, así como a través de sucesivas iteraciones del documento para su consolidación. En esta fase del proceso participaron 382 investigadores individuales y 102 instituciones y grupos de investigación.

Posteriormente, la primera iteración del documento fue sometida a una segunda fase de observaciones abierta a toda la comunidad científica. Durante este periodo, que tuvo lugar entre el 12 de noviembre y el 9 de diciembre, se recibieron 400 observaciones de 75 investigadores individuales y grupos de investigación. Todas ellas han sido supervisadas y contrastadas por la ONAC hasta dar lugar al presente texto. Esta versión representa, por tanto, la segunda iteración de este documento de trabajo.

EL CONTENIDO

Es importante recalcar que, como propuestas procedentes de la comunidad científica, estas no constituyen un mandato específico para ninguna administración concreta, sino que representan un conjunto de recomendaciones



basadas exclusivamente en la ciencia para hacer frente a la emergencia climática por parte de todas las administraciones públicas.

De hecho, como todo documento de asesoramiento científico, las propuestas aquí recogidas incluyen limitaciones y advertencias derivadas de la propia evidencia científica disponible.

El documento, por tanto, constituye una recopilación consolidada de propuestas que refleja el conocimiento disponible por la comunidad científica en España sobre los temas consultados. Estas propuestas tienen un nivel de concreción heterogéneo y, en ocasiones, no contemplan los posibles planes o actividades ya puestas en marcha por las distintas administraciones, ni la realidad normativa, competencial de las mismas. Además, al proceder de distintos investigadores y grupos, las propuestas no resultan excluyentes entre sí. Al contrario, en muchos casos, pueden resultar complementarias y presentar distintos grados de profundidad y alcance.

Todos estos aspectos deberán ser considerados en fases posteriores, al analizar la viabilidad y aplicación de cada medida, a la luz de las competencias y capacidades de las distintas administraciones públicas, así como el posible solapamiento entre distintas acciones.

Las propuestas pueden ser consideradas como uno de los insumos para informar el abordaje de los riesgos identificados en la ERICC-2025 (Evaluación de Riesgos e Impactos derivados del Cambio Climático en España), así como de las medidas del PNACC 2021-2030 (Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático) y sus Programas de Trabajo, o del PNIEC 2021-2030 (Plan Nacional Integrado de Energía y Clima). Ambos marcos permiten analizar la viabilidad de las medidas propuestas en este documento y su priorización.

Las 204 medidas se han organizado en 11 ejes operativos, derivados de los diez puntos fundacionales de la propuesta del Pacto de Estado presentada el 1 de septiembre de 2025, incluyendo una dimensión transversal. No obstante, aunque reflejan el consenso mayoritario entre disciplinas científicas, este documento permanece abierto a nuevas evidencias, aportaciones y debates científicos. La comunidad científica de cualquier disciplina puede aportar observaciones para completar, matizar y/o delimitar las propuestas recogidas.

Finalmente, agradecemos a los/as investigadores/as e instituciones que han participado por su generosa y rápida respuesta. Sus propuestas y comentarios reflejan un compromiso colectivo con el rigor, la evidencia científica y la acción frente a la emergencia climática.



ÍNDICE

EJE 1: Avanzar hacia un modelo de gestión forestal adaptado a las realidades sociales, económicas y climáticas del siglo XXI 14

a. PREVENCIÓN 14

1.a.1. Planificar los usos del suelo y del paisaje para recuperar las estructuras en mosaico 14

1.a.2. Establecer un sistema de planificación territorial a escala de biorregión y piroregión 19

1.a.3. Definir una zonificación territorial y cartografía oficial de riesgo de incendio forestal 21

1.a.4. Crear y mantener discontinuidades estratégicas 25

1.a.5. Incrementar la biodiversidad en las masas forestales 28

1.a.6. Establecer un marco que promueva las quemas prescritas de forma segura 31

1.a.7. Impulsar las quemas naturales y controladas seguras en la gestión forestal 34

1.a.8. Promover una gestión integrada de montes y paisajes agroforestales hacia un paisaje cortafuegos mediante los cuatro pilares de la estrategia agrosilvopastoral 35

1.a.9. Identificar y gestionar hábitats refugio contra incendios 39

1.a.10. Establecer redes territoriales de semillas como infraestructuras estratégicas de resiliencia climática 40

1.a.11. Mejorar la monitorización de los impactos de los incendios forestales 44

1.a.12. Crear un servicio nacional de información climática para incendios forestales ... 48

1.a.13. Mejorar los indicadores de incendios forestales en todas sus dimensiones (peligro, exposición y vulnerabilidad) 51

1.a.14. Incorporar la tecnología LiDAR como herramienta estratégica para la monitorización y gestión agroforestal 54

b. RESPUESTA 56

1.b.1. Actualización de la norma UNE 23530:2021 sobre retardantes de largo plazo para incendios forestales 56

1.b.2. Mejorar la formación y la respuesta del dispositivo a eventos extremos de simultaneidad que generen un colapso del sistema de protección civil 57

c. RECUPERACIÓN 60

1.c.1. Incorporar la regeneración natural como estrategia para la restauración forestal . 60

1.c.2. Promover la restauración posincendio orientada a la resiliencia y adaptación al cambio climático 63

1.c.3. Elaborar y actualizar un protocolo de emergencias contra la erosión posincendio 65

d. POLIVALENTE 68

1.d.1. Preservar los paisajes bioculturales 68



1.d.2. Implantar la figura de los geoparques como territorios resilientes frente al cambio climático y crear una estrategia nacional..... 72

EJE 2: Desplegar una Respuesta Nacional para la Resiliencia Hídrica que aumente la resiliencia de nuestros pueblos y ciudades ante inundaciones y sequías..... 75

a. PREVENCIÓN 75

2.a.1. Mejorar los estudios de peligrosidad y la adaptación al riesgo a escala local 75

2.a.2. Mejorar los modelos de predicción de inundaciones utilizando series históricas de datos..... 79

2.a.3. Mejorar e integrar modelos predictivos en el control hidrológico para anticipar sequías e inundaciones y optimizar el uso agrícola del agua 81

2.a.4. Crear un grupo de escenarios climáticos hidrológicos avanzados..... 85

2.a.5. Incentivar el desarrollo de modelos numéricos de las aguas subterráneas a escala de acuífero y considerando la interconexión entre acuíferos 87

2.a.6. Integrar tecnologías de adsorción para resiliencia hídrica 89

2.a.7. Impulsar la evaluación y mapeo de riesgos climáticos hidrológicos para las infraestructuras de transporte 91

2.a.8. Elaborar mapas dinámicos de riesgo-coste e integrarlos en la planificación climática nacional..... 93

2.a.9. Reforzar la gestión operativa del riego y asesoramiento agronómico apoyado en servicios climáticos para ahorrar agua sin perder rendimiento 95

2.a.10. Ajustar la demanda de agua agrícola a la disminución de los recursos hídricos asociada al cambio climático 98

2.a.11. Mejorar la gestión de la sequía con una planificación de la reducción de la demanda de agua a medio plazo..... 101

2.a.12. Reducir las pérdidas de agua en redes urbanas 103

2.a.13. Reutilizar las aguas regeneradas para garantizar la seguridad hídrica y usos urbanos no potables..... 105

2.a.14. Definir una ordenación estratégica nacional para industrias intensivas en agua y energía. 108

2.a.15. Impulsar y mejorar la implantación efectiva de sistemas de control de la calidad del agua y la eliminación de contaminantes, incluyendo los emergentes, en escenarios de sequía..... 111

2.a.16. Revisar y dar continuidad a la aplicación de los Planes Especiales de Sequía de las demarcaciones y elaborar o, en su caso, revisar y actualizar los Planes de Emergencia de Sequía a escala de sistemas del ciclo urbano, ajustándolos a los nuevos datos climáticos, diagnósticos hidrológicos y balances hídricos aportados por los nuevos Planes de Demarcación. 113

2.a.17. Adaptar los Planes Hidrológicos de Demarcación al cambio climático 116

2.a.18. Incorporar la gestión del riesgo climático y ambiental en la ordenación territorial y el planeamiento urbano mediante cartografías homogéneas y análisis climáticos municipales en la Evaluación Ambiental Estratégica 119



2.a.19. Fomentar la transparencia en la información territorial sobre riesgos.....	123
2.a.20. Establecer mecanismos de corrección de irregularidades en zonas inundables.....	125
2.a.21. Promover una adaptación normativa y técnica de la construcción, el diseño y la rehabilitación de edificios para disminuir el riesgo frente a inundaciones.....	126
2.a.22. Priorizar las soluciones basadas en la naturaleza y los enfoques híbridos para la resiliencia territorial y costera.....	128
2.a.23. Adoptar soluciones basadas en la naturaleza y soluciones híbridas en áreas urbanas, integradas en el planeamiento urbanístico	131
2.a.24. Promover la creación de parques inundables y la recuperación de espacios inundables para laminación de crecidas.....	135
2.a.25. Crear humedales urbanos de renaturalización alimentados con agua regenerada	137
2.a.26. Restaurar humedales y espacios fluviales y promover la transición agroecológica para la resiliencia hídrica	139
2.a.27. Instaurar la gestión ecológica y resiliente de playas frente al cambio climático	143
2.a.28. Captar nieblas y monitorizar la precipitación horizontal para resiliencia hídrica en contextos donde tenga utilidad para captar agua subterránea.....	145
2.a.29. Integrar la gestión activa y conservación de bosques y otras coberturas vegetales para resiliencia hídrica, incluyendo criterios ecológicos	147
2.a.30. Proteger y conservar acuíferos y ecosistemas hidrodependientes	149
2.a.31. Impulsar la recarga gestionada de acuíferos a escala de cuenca	152
2.a.32. Promover la agricultura resiliente: mejora genética y agrosilvicultura.....	154
c. RECUPERACIÓN	156
2.c.1. Aumentar la resiliencia y la seguridad de los puertos pesqueros frente a temporales	156
2.c.2. Impulsar investigación sobre el efecto de las cenizas de los incendios sobre la calidad del agua subterráneas y las zonas húmedas.....	158
d. POLIVALENTE.....	160
2.d.1. Mantener reservas estratégicas de agua subterránea como elemento fundamental para la resiliencia hídrica en épocas de sequía.....	160
2.d.2. Establecer un sistema multidimensional de indicadores de sequía para sectores agrario, ganadero y forestal	162
2.d.3. Mejorar la gobernanza para la implementación de estrategias de adaptación local relevantes para la planificación hidrológica	165
2.d.4. Gestionar la pesca y la acuicultura de forma adaptativa al cambio climático	168
2.d.5. Coordinación y refuerzo de la planificación, predicción y respuesta ante los riesgos costeros y marítimos	170
2.d.6. Establecer el almacenamiento distribuido multipropósito (incluye depósitos antiincendios).....	173
EJE 3: Proteger a la ciudadanía de las olas de calor.....	175
a. PREVENCIÓN	175



3.a.1. Potenciar el reverdecimiento urbano y las zonas de sombra	175
3.a.2. Priorizar la calidad de la vegetación urbana para la adaptación climática	178
3.a.3. Promover la regeneración urbana y arquitectónica para la adaptación climática	181
3.a.4. Desarrollar programas de adaptación justa a las temperaturas extremas	183
3.a.5. Reforzar las Zonas de Bajas Emisiones (ZBE) Urbanas	185
b. RESPUESTA	186
3.b.1. Crear una red de refugios climáticos para la protección frente a olas de calor extremas.....	186
3.b.2. Preparar a centros educativos e instalaciones deportivas ante olas de calor para garantizar la continuidad de los servicios y su uso como refugio climático.....	188
d. POLIVALENTE	193
3.d.1. Fortalecer la resiliencia sanitaria ante olas de calor y crear un censo de personas vulnerables	193
3.d.2. Desarrollar un sistema integral de mapeo y monitorización de calor extremo, y fortalecer la alerta temprana de calor con enfoque biometeorológico y comunicación adaptada	195
EJE 4: Establecer un sistema de ayudas económicas, incentivos fiscales y servicios reforzados en el mundo rural para potenciar su poblamiento, robustecer su contribución a la protección y restauración de la naturaleza, y favorecer su adaptación a los diferentes escenarios que plantea el cambio climático	200
a. PREVENCIÓN	200
4.a.1. Reforzar las infraestructuras críticas y los servicios clave para la resiliencia climática del medio rural	200
4.a.2. Impulsar la movilidad sostenible y equitativa en territorios rurales mediante transporte a demanda y soluciones de movilidad compartida.....	206
4.a.3. Crear biodistritos o ecorregiones de producción, transformación y consumo agroalimentario	208
4.a.4. Promover la capacitación climática del medio rural: parcelas piloto, rebañes concejiles y vecinales, tutores locales y difusión de buenas prácticas	211
4.a.5. Fomentar el empleo verde y las industrias rurales sostenibles a través de productos forestales y agroindustriales de alto valor añadido.....	215
4.a.6. Ofrecer educación climática y divulgación científica para la promoción del medio rural y la reducción de riesgos	221
4.a.7. Impulsar la innovación rural para la formación técnica y la recuperación del conocimiento ecológico tradicional	225
4.a.8. Incorporar la perspectiva de género en las dinámicas del mundo rural y promoción del papel de la mujer.....	227
4.a.9. Reconocer el ecosistema como bien jurídico protegido	230



4.a.10. Establecer programas migratorios para revitalizar áreas rurales con enfoque familiar.....	232
4.a.11. Fomentar una transición justa mediante comunidades energéticas rurales y participación local en renovables.....	235
4.a.12. Crear mercados voluntarios de créditos ambientales.....	237
4.a.13. Promover la reducción de residuos y la recuperación de materia orgánica.....	240
4.a.14. Consolidar los pagos por servicios ecosistémicos vinculados a los resultados en cuanto a prevención de incendios y paisajes resilientes.....	242
4.a.15. Mejorar la fiscalidad forestal para favorecer la gestión activa de las masas arboladas, pastos y matorrales.....	243

EJE 5: Potenciar las contribuciones de los sectores forestal y agropecuario a la prevención y mitigación de los eventos climáticos extremos 246

a. PREVENCIÓN 246

5.a.1. Promover la agroecología y la agricultura regenerativa en las políticas agrarias	246
5.a.2. Promover la agroforestería y los territorios forestales multifunción.....	249
5.a.3. Impulsar la mejora genética vegetal para la resiliencia climática de los sistemas agroforestales.....	252
5.a.4. Acelerar los aprovechamientos forestales y la movilización de la biomasa forestal.....	255
5.a.5. 'Refarming': restaurar paisajes resilientes mediante ganadería extensiva y manejo silvopastoral.....	258
5.a.6. Establecer un programa de pastoreo dirigido como servicio ecosistémico local .	265
5.a.7. Implantar infraestructuras verdes para explotaciones agrarias climáticamente resilientes: setos, cortavientos, corredores agroforestales y puntos de agua (abrevaderos).....	267
5.a.8. Recuperar las prácticas de trashumancia (desplazamiento estacional de rebaños).....	269
5.a.9. Ofrecer financiación estratégica de investigación aplicada, innovación y generación de conocimiento para la resiliencia climática.....	271
5.a.10. Establecer un Programa Nacional de Restauración de Suelos Degradados.....	274
5.a.11. Incorporar objetivos de conservación de fauna invertebrada y microbiota en planes de gestión forestal y agrícola.....	278

EJE 6: Crear dos fondos con recursos nacionales y autonómicos 280

a. PREVENCIÓN 280

6.a.1. Crear un fondo de prevención en sintonía con el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático.....	280
6.a.2. Habilitar línea específica dentro del Fondo de prevención para incrementar la resiliencia del territorio frente a riesgos estructurales (incluida la erosión costera).....	282



6.a.3. Crear una línea específica dentro del fondo de prevención para paisajes resilientes al fuego.....	285
6.a.4. Dotar de una financiación basada en pronósticos al Fondo de Contingencia para la Acción Anticipatoria y Respuesta Inmediata ante Emergencias	287
6.a.5. Crear un Impuesto sobre el Hidrógeno de Origen Fósil: instrumento fiscal para la creación de un fondo de descarbonización y la resiliencia climática	290
b. RESPUESTA.....	293
6.b.1. Establecer un Fondo de Respuesta Inmediata ante Emergencias Climáticas.....	293
6.b.2. Reforzar el Ingreso Mínimo Vital como instrumento de resiliencia climática.....	295
6.b.3. Establecer un Fondo de Impacto Social y Emergencia Climática: una estrategia de protección social adaptativa.....	297
c. RECUPERACIÓN.....	300
6.c.1. Emitir un tipo especial de Bonos del Estado para financiar la recuperación de catástrofes.....	300
6.c.2. Promover la reconstrucción resiliente y la estabilidad de los mercados tras desastres climáticos.....	302
d. POLIVALENTE.....	305
6.d.1. Incorporar criterios de justicia social y territorial, perspectiva de género y poblaciones vulnerables.....	305
6.d.2. Incluir en ambos fondos líneas específicas para fomentar la transición ecológica y energética.....	308
6.d.3. Incorporar el enfoque One Health y reforzar aspectos de salud en ambos fondos	311
6.d.4. Modular una financiación híbrida y multifondo para ambos fondos	313
6.d.5. Establecer una gobernanza coordinada, transparente y corresponsable para los fondos climáticos sujeta a una evaluación.....	316
6.d.6. Elaborar presupuestos nacionales y autonómicos para la reducción del riesgo de desastres y eventos extremos con perspectiva de género.....	318
6.d.7. Crear un fondo de Contingencia para la Acción Anticipatoria y Respuesta Inmediata ante Emergencias	319
6.d.8. Crear un seguro agrario climático reforzado y reaseguro europeo	322
6.d.9. Aplicar soluciones innovadoras en automatización e inteligencia artificial a los procesos administrativos de solicitudes de ayudas para estos nuevos fondos	324
EJE 7: Mantener de forma permanente los medios técnicos y humanos necesarios para combatir eventos climáticos extremos	328
d. POLIVALENTE.....	328
7.d.1. Mejorar la estabilidad y condiciones laborales de cuerpos especializados: bomberos, agentes forestales, técnicos de emergencias, etc.....	328
7.d.2. Reforzar los equipos de intervención climática y las brigadas forestales permanentes	330



7.d.3. Instaurar la formación especializada de las FAS, en especial de la UME, como pilar estratégico frente a emergencias climáticas	332
7.d.4. Mejorar las capacidades técnicas para los cuerpos especializados en emergencias: bomberos, brigadas forestales, etc.	335
7.d.5. Incorporar la perspectiva biomédica y social: integración estructural de la salud mental y protección de poblaciones vulnerables en planes de contingencia climática ..	338
7.d.6. Incorporar la perspectiva psicológica y social: integración estructural de la salud mental y protección de poblaciones vulnerables en planes de contingencia climática ..	342
7.d.7. Incorporar la perspectiva psicológica y social en poblaciones vulnerables: salud mental en la infancia y la juventud. Atención psicosocial a las dimensiones emocionales de la emergencia.....	345
7.d.8. Protección de la infancia en situaciones de emergencia.....	347
7.d.9. Prevenir las violencias machistas en situaciones críticas	349
7.d.10. Reducir la segregación de género horizontal en los medios técnicos y humanos	351
7.d.11. Crear un Cuerpo Técnico Facultativo de Prevención y Protección Civil Climática	353
7.d.12. Reforzar la función de los consorcios y/o asociaciones de Voluntarios Civiles de Protección Civil, la colaboración con colegios profesionales y la activación y participación de los reservistas de las Fuerzas Armadas y de las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado, reforzar su papel en las emergencias y avanzar en su capacitación, con el fin de adquirir conocimiento específico para atender las necesidades en situaciones de emergencia.....	355
7.d.13. Reforzar la formación a gestores públicos y del personal administrativo para una mejor respuesta ante situaciones de emergencia	362
7.d.14. Impulsar mejoras en la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)	364
7.d.15. Adaptar los medios del Ejército y apostar por capacidades de uso dual: invertir en resiliencia y seguridad.....	366

EJE 8: Impulsar la creación de una Agencia Estatal de Protección Civil y Emergencias para mejorar la coordinación y la toma de decisiones por las administraciones públicas en el nuevo contexto climático..... 368

a. PREVENCIÓN 368

8.a.1. Modernizar los Sistemas de Alerta Temprana con un enfoque integral y multipeligro, desarrollar impulso de alerta ciudadana y mejorar la señalización en diversos ámbitos	368
8.a.2. Elaborar una estimación periódica de pérdidas económicas anuales en las zonas de peligro.....	383

b. RESPUESTA..... 384

8.b.1. Establecer una red de reservas estratégicas	384
8.b.2. Implantar un sistema de contabilidad del gasto en reducción del riesgo de desastres y de adaptación y mitigación del cambio climático	386

c. RECUPERACIÓN 388



8.c.1. Incluir la restauración en las estrategias de prevención de riesgos a eventos extremos..... 388

d. POLIVALENTE..... 389

8.d.1. Impulsar la creación de la Agencia Estatal de Protección Civil y Emergencias o, más allá, de la Agencia Estatal de Reducción del Riesgo de Desastres y Emergencias 389

8.d.2. Fortalecer la actualización del Plan Estatal General de Emergencias (PLEGEM) siguiendo principios de multiriesgo y escenarios climáticos inclusivos 399

8.d.3. Promover la cooperación coordinada a todos los niveles como pilar fundamental de la respuesta a emergencias climáticas: coordinación multinivel e interconexión efectiva del CENEM y todos los centros autonómicos de cooperación operativa (CECOP)..... 401

8.d.4. Crear un catálogo nacional de capacidades operativas de respuesta inmediata 405

8.d.5. Elaborar un mapa nacional de riesgos, peligros y eventos extremos basado en un inventario de eventos históricos, con criterios de frecuencia, intensidad e impacto, y en el modelado de peligros potenciales 406

8.d.6. Elaborar un catálogo de elementos vulnerables a peligros y eventos extremos con una perspectiva multipeligro 411

8.d.7. Ampliar y consolidar el Informe anual sobre el estado del clima de AEMET con un módulo oficial de indicadores de riesgo para monitorizar el estado de eventos extremos y efectos del cambio climático en España..... 412

8.d.8. Fortalecer el papel de los municipios en las fases de prevención, respuesta y recuperación y del desarrollo de planes de emergencia locales 415

8.d.9. Crear una plataforma nacional inteligente de emergencias climáticas con indicadores comunes, IA y gemelos digitales o consolidar la plataforma estatal de servicios climáticos..... 420

8.d.10. Enfocar la plataforma de datos hacia la evaluación y mitigación de riesgos multiamenaza basada en conocimientos e impulsada por IA..... 430

8.d.11. Crear un ecosistema integral de datos o Infraestructura de datos estadísticos y geográficos..... 432

8.d.12. Fomentar la colaboración de la Agencia con actores científicos..... 437

8.d.13. Colaborar con expertos en salud y enfoque One Health..... 443

EJE 9: Promover una cultura cívica de la prevención y reacción 445

a. PREVENCIÓN 445

9.a.1. Concienciar y formar a la ciudadanía en la cultura del riesgo y la protección ante las emergencias climáticas..... 445

9.a.2. Adaptar la tecnología y digitalización de las administraciones públicas a su uso en contextos de emergencias climáticas 449

9.a.3. Considerar el impacto psicológico y sociocultural de los eventos extremos y de la emergencia climática en el diseño de medidas 451

9.a.4. Promover la inclusión en el currículum de todos los niveles educativos de competencias actitudinales y de resiliencia en emergencias climáticas 452

d. POLIVALENTE..... 454



9.d.1. Promover la realización de ejercicios de preparación para la emergencia de forma periódica en empresas y centros colectivos	454
9.d.2. Desarrollar estrategias frente a la desinformación y los bulos antes, durante y tras un episodio de emergencia climática	456
9.d.3. Reforzar la formación técnica especializada para la gestión de riesgos	458
9.d.4. Incorporar a la sociedad civil en todas las fases de las emergencias climáticas mediante procedimientos regulados de participación social	459
9.d.5. Impulsar la participación ciudadana para el desarrollo rural y la resiliencia climática	461
9.d.6. Promover el papel de las niñas, niños, adolescentes y jóvenes en la prevención, gestión y recuperación de emergencias con una mirada comunitaria y participativa	463
9.d.7. Instaurar una incorporación reglada de expertos en el análisis de riesgos naturales y refuerzo de la participación ciudadana en procesos de planeamiento urbanístico y planes de ordenación territorial	466

EJE 10: Acelerar la transición ecológica en España y exigir a la Unión Europea una mayor ambición..... 469

a. PREVENCIÓN 469

10.a.1. Reforzar la protección jurídica de los espacios naturales como herramienta de lucha contra el cambio climático y las emergencias climáticas	469
10.a.2. Prevenir y aprovechar el desperdicio alimentario.....	471
10.a.3. Crear un fondo de descarbonización industrial	473
10.a.4. Facilitar la declaración de proyectos estratégicos (Net-Zero Industry Act)	475
10.a.5. Establecer un mecanismo de compensación por emisiones de CO ₂	476
10.a.6. Facilitar los Power Purchase Agreement (PPA) para pymes y micropymes.....	478
10.a.7. Fomentar el uso de hidrógeno renovable y combustibles alternativos.....	479
10.a.8. Impulsar el desarrollo de las tecnologías para la captura, almacenamiento y uso de carbono (Carbon Capture, Utilization, and Storage, CCUS)	482
10.a.9. Promover el turismo sostenible y resiliente frente al cambio climático	483
10.a.10. Reforzar la planificación energética existente para 2030 y 2050 y consensuar los objetivos intermedios para 2035 y 2040	486
10.a.11. Acelerar la inversión en redes inteligentes y almacenamiento.....	488
10.a.12. Promover las comunidades energéticas locales para resiliencia, ahorro y justicia energética.....	489
10.a.13. Impulsar el autoconsumo solar en cubiertas urbanas con tecnología adaptada al clima	492
10.a.14. Anticipar riesgos climáticos, hídricos y de materias primas críticas que pueden comprometer la transición ecológica y la estabilidad territorial, reforzando la autonomía estratégica de España y la UE.....	493
10.a.15. Promover la movilidad sostenible y la electrificación inclusiva.....	495
10.a.16. Impulsar la investigación en combustibles sostenibles y control de emisiones urbanas y de metano	497



10.a.17. Diseñar y desplegar instrumentos económicos y financieros para la adaptación	500
10.a.18. Definir y establecer medidas fiscales para impulsar la mitigación del cambio climático	500
10.a.19. Dietas One Health y alimentación sostenible	502
10.a.20. Medidas de apoyo transitorio a la adopción de prácticas agroecológicas	504
10.a.21. Coalición Climática: Tarificación del carbono y apoyo al sur global	506
10.a.22. Despliegue de la energía geotérmica para descarbonizar el sector térmico en España	507

d. POLIVALENTE..... 513

10.d.1. Impulsar la economía circular y eficiencia de materiales	513
--	-----

EJE 11: Propuestas transversales a varios ejes del Pacto de Estado 515

a. PREVENCIÓN 515

11.a.1. Promover una planificación territorial y urbanística estratégica que tenga en cuenta los eventos extremos	515
11.a.2. Acelerar la adaptación de regulaciones y estándares técnicos de construcción, rehabilitación y renovación de edificios	518
11.a.3. Ampliar la Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética, para incluir los “Planes locales de Protección Climática”	520
11.a.4. Modernizar bases e infraestructuras críticas para adaptarlas a los riesgos climáticos.....	521
11.a.5. Desarrollar y reforzar infraestructuras y comunidades frente a fenómenos de viento no-sinóptico	523
11.a.6. Promover el uso de tecnologías digitales para la preservación del patrimonio cultural.....	524
11.a.7. Incorporar la perspectiva de especial vulnerabilidad frente al cambio climático de personas mayores, con discapacidad, migrantes y con riesgo de aislamiento social ...	525
11.a.8. Desarrollar planes de prevención y adaptación ante los riesgos del cambio climático en salud, específicos, integradores y adecuados a cada zona geográfica	528
11.a.9. Evaluar el riesgo de enfermedades transmitidas por vectores y promover la realización de simulacros y la colaboración internacional	530
11.a.10. Crear un sistema nacional de vigilancia y prevención de riesgos biológicos emergentes laborales integrado en Prevención de Riesgos Laborales	531
11.a.11. Promover la vigilancia de morbilidad asociada al cambio climático.....	532
11.a.12. Desarrollar un sistema de satélites para afrontar la emergencia climática	533
11.a.13. Desarrollar un plan estratégico de mejora de la conectividad, seguridad y resiliencia de redes de comunicaciones y de infraestructuras digitales	535

b. RESPUESTA..... 537

11.b.1. Reformar la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y el Reglamento específico sobre riesgos climáticos laborales.	537
--	-----



11.b.2. Desarrollar protocolos de Prevención de Riesgos Laborales climáticos obligatorios en la negociación colectiva (art. 85 ET) y en los planes de empresa	538
11.b.3. Actualizar la normativa de jornada y organización del trabajo al aire libre con umbrales térmicos y pausas obligatorias	539
11.b.4. Desarrollar vehículos aéreos no tripulados (UAV) para el control y la extinción de incendios	541
c. RECUPERACIÓN	542
11.c.1. Apoyar la preparación y reconstrucción resiliente de edificios BIC y otros bienes patrimoniales tras catástrofes naturales	542
11.c.2. Crear un subsidio por interrupción climática	543
d. POLIVALENTE	546
11.d.1. Desarrollar programas temporales de migración para procesos de recuperación material y productiva de los territorios afectados por eventos climáticos extremos	546
11.d.2. Promover la resiliencia climática a través de las universidades y centros de investigación	548
11.d.3. Reconstruir para adaptar: preparar planes de reconstrucción adaptativos que definan de forma clara los procedimientos y responsabilidades entre diferentes actores una vez ocurra el evento extremo y sea una oportunidad para la adaptación a largo plazo y evitar la mala adaptación y los costes futuros	551



EJE 1: Avanzar hacia un modelo de gestión forestal adaptado a las realidades sociales, económicas y climáticas del siglo XXI

a. PREVENCIÓN

1.a.1. Planificar los usos del suelo y del paisaje para recuperar las estructuras en mosaico

Descripción de la propuesta

La propagación de incendios forestales no depende únicamente de las condiciones meteorológicas o de la actuación de los equipos de extinción, sino también de la estructura del paisaje. La continuidad de masas forestales densas y homogéneas, especialmente en zonas de media montaña y ambientes mediterráneos, ha aumentado como consecuencia del abandono rural y la expansión del monte sobre antiguos usos agrícolas y ganaderos, así como por la reducción de las poblaciones de herbívoros silvestres, entre otras causas. Esta homogeneización del paisaje incrementa la carga de combustible y favorece incendios más extensos y severos.

Frente a esta situación, se propone implementar una estrategia nacional de restauración de paisajes en mosaico, basada en la creación de discontinuidades estratégicas que combinen bosques, pastos, cultivos, zonas abiertas, arbustivas y cortafuegos naturales. Esta heterogeneidad paisajística actúa como barrera ecológica frente al fuego, facilita la formación de islas no quemadas y mejora la regeneración natural posincendio, incluso en escenarios de mayor aridez.

Es conveniente que esta evolución hacia los paisajes fragmentados se realice de forma que se garantice el mantenimiento de corredores de conectividad que permitan el flujo genético de las distintas especies.

Acciones clave:

1. Conservación y restauración en mosaico, especialmente en zonas de media montaña y áreas rurales en proceso de abandono.



2. Establecimiento de incentivos para las actividades rurales que mantengan la diversidad de usos del suelo (agricultura, ganadería extensiva, silvicultura sostenible).
3. Promoción del pastoreo extensivo como herramienta de gestión del combustible vegetal.
4. Aplicación de quemas prescritas y pastoreo dirigido (herbivorismo pírico), y mantenimiento de quemas controladas tradicionales en zonas estratégicas.
5. Gestión adaptativa de masas forestales para reducir la continuidad del combustible y aumentar la diversidad taxonómica, filogenética y funcional.
6. Control del tamaño y densidad de los rodales forestales y fomento de especies adaptadas al clima y con diversidad de mecanismos de persistencia (adaptaciones) al fuego (resistencia, rebrote, germinación).
7. Integración del enfoque mosaico en los planes de ordenación territorial, de planificación urbana, de planificación del paisaje, de ordenación forestal, de prevención de incendios, de prevención de inundaciones y de mitigación del cambio climático, mediante un catálogo de usos agropecuarios y forestales.
8. Incorporación de la prevención y manejo de incendios como objetivo explícito en los planes de gestión de espacios protegidos.
9. Identificación de zonas estratégicas de actuación dentro de áreas protegidas, adaptadas a los regímenes de fuego locales y a las especies que están presentes en esas áreas.

Mecanismos de implementación:

1. Coordinación entre MITECO, Ministerio de Agricultura, comunidades autónomas y entidades locales.
2. Inclusión en los Planes de Defensa contra Incendios Forestales y en los Planes de Desarrollo Rural, de ordenamiento territorial, de planificación urbana, de planificación del paisaje, de ordenación forestal, de prevención de incendios, de prevención de inundaciones y de mitigación del cambio climático, mediante un catálogo de usos agropecuarios y forestales.
3. Financiación mediante fondos europeos (PAC, LIFE, FEDER) y presupuestos autonómicos.
4. Participación activa de comunidades rurales, propietarios forestales y organizaciones agrarias y ambientales.
5. Promoción de un mercado basado en el uso de la biomasa forestal, en el que los costes de las intervenciones de reducción de la biomasa puedan compensarse con los ingresos procedentes de la biomasa extraída, que puede transformarse en productos comercializables para impulsar el



desarrollo en zonas despobladas o abandonadas. Las nuevas tecnologías que producen materiales fibrosos derivados de la biomasa para aplicaciones biomédicas o para las industrias textiles y de la confección son prometedoras.

Ámbito: Nacional, con especial prioridad en zonas de media montaña y áreas mediterráneas con alto riesgo de incendios.

Sectores implicados: Silvicultura, agricultura, ganadería extensiva, medio ambiente, desarrollo rural, protección civil, investigación y empresas.

Actores clave: Administraciones autonómicas y locales, Ministerio para la Transición Ecológica, propietarios agrarios y forestales, cooperativas agroganaderas, asociaciones de custodia del territorio, ONG, centros de investigación y sector privado.

Limitaciones y advertencias

1. Los cambios pueden requerir un largo periodo de tiempo, por referirse a cambios socio-ecológicos, que implican los usos sociales del suelo, aunque se puede acelerar con una planificación adecuada.
2. Requiere coordinación entre propietarios, comunidades rurales y administraciones.
3. En zonas despobladas o con abandono rural, puede ser difícil mantener la diversidad de usos del suelo. Requiere de una gestión continuada.
4. Los bosques maduros con funciones de conservación no deberían someterse a estas intervenciones.

La restauración de paisajes en mosaico requiere una planificación territorial a medio y largo plazo, así como una estrecha colaboración entre administraciones, comunidades locales y agentes del territorio. Es fundamental evitar enfoques uniformes y adaptar las medidas a las características ecológicas, sociales y económicas de cada zona. La efectividad en la implantación de los mosaicos puede verse limitada en escenarios de sequías extremas, que comprometen la regeneración natural posincendio. No obstante, la efectividad puede ser incluso mayor en situaciones de sequía extrema compara con la alternativa (paisaje continuo y homogéneo).

Por otro lado, la selección de especies de pastoreo requiere análisis específicos en cada situación. Además, las iniciativas de quemas prescritas también deben tener en cuenta la biología de la conservación para evitar esta práctica allá donde la conservación de especies tenga más peso que la prevención de incendios de



alta intensidad. También hay que considerar que esta práctica llevada a cabo con excesiva frecuencia puede tener efectos indeseados. Aunque esta práctica puede ser utilizada precisamente con fines de conservación de especies. Del mismo modo, cualquier paisaje en mosaico debe garantizar el mantenimiento de corredores genéticos que conecten distintos hábitats para la conservación de la biodiversidad. Ello incide en la importancia de evitar enfoques uniformes, reducir barreras para la movilidad de las especies y promover su adaptación a las nuevas condiciones climáticas.

Evidencia científica y referencias

La comunidad científica respalda ampliamente la restauración de paisajes en mosaico como estrategia eficaz para reducir la propagación de incendios y aumentar la resiliencia ecológica. La evidencia demuestra que:

- La expansión de masas forestales continuas por abandono rural ha incrementado el riesgo de incendios severos (Palacios-Agundez et al., 2014).
- Modelos ecológicos en bosques boreales muestran que reducir el tamaño de rodales homogéneos y aumentar la diversidad de especies disminuye la propagación de grandes incendios (SLU, 2025).
- La estrategia mosaico permite integrar conservación de la biodiversidad, prevención de incendios y presencia humana en el territorio (Pausas & Vallejo, 2008; Pausas, 2012).

González, Juan & Camarasa-Belmonte, Ana. (2025). *Cambio climático y territorio en el Mediterráneo ibérico. Efectos, estrategias y políticas*.

Romero González, J., Subirats Humet, J., Boix Palop, A., Farinós Dasí, J., Goma Carmona, R. J., Marzal Raga, R., & Serrano Rodríguez, A. (2025). Cambio climático, territorio y déficit de gobernanza. En A. M. Camarasa Belmonte, & J. Romero González (Eds.), *Cambio climático y territorio en el Mediterráneo ibérico: efectos, estrategias y políticas* (pp. 363-411). Tirant lo Blanch.

Repeto-Deudero, I., Ojeda, F., Gómez-González, S., Miranda, A., Cruz-Alonso, V., & Pausas, J. G. (2025). *The legacy of pine plantations on fire severity*. *Journal of Applied Ecology*, 62, 3156–3168. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.70176>

Morelle-Hungría, E. *The use of molecular genetics in environmental harm studies: eDNA as a method for ecological damage in the ecocriminological analysis*. *Open Research Europe*, 2025, 5:244 <https://doi.org/10.12688/openreseurope.21126.1>

Palacios-Agundez, I., Fernández de Manuel, B., Rodríguez-Loinaz, G. et al. Integrating stakeholders' demands and scientific knowledge on ecosystem services in landscape planning. *Landscape Ecol* 29, 1423–1433 (2014). <https://doi.org/10.1007/s10980-014-9994-1>



Pausas JG & Vallejo R 2008. Bases ecológicas para convivir con los incendios forestales en la Región Mediterránea – decálogo. *Ecosistemas* 17 (2), May/2008 <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=536>

Pausas, J.G. (2012). *Essential fires: fire in terrestrial ecosystems: now and forever. Mètode Science Studies. Annual Review*, ISSN 2174-3487, ISSN-e 2174-9221, N° 2, 2012. págs. 74-81

Zelnik, Y. R., Launiainen, S., & Vico, G. (2025). Managing for heterogeneity reduces fire risk in boreal forest landscapes—A model analysis. *Ecological Modelling*, 509, 111222.

Asante-Yeboah, E., Koo, H., Sieber, S., & Fürst, C. (2024). Designing mosaic landscapes for sustainable outcome: Evaluating land-use options on ecosystem service provisioning in southwestern Ghana. *Journal of environmental management*, 353, 120127. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120127>.

Bertomeu, M., Pineda, J., & Pulido, F. (2022). Managing Wildfire Risk in Mosaic Landscapes: A Case Study of the Upper Gata River Catchment in Sierra de Gata, Spain. *Land*. <https://doi.org/10.3390/land11040465>.

Duncan, B.W., Schmalzer, P.A., Breininger, D.R. and Stolen, E.D. (2015). Comparing fuels reduction and patch mosaic fire regimes for reducing fire spread potential: A spatial modeling approach. *Ecological Modelling*, 314, pp.90–99. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2015.07.013>

EASAC. 2025. Changing Wildfires: Policy Options for a Fire-literate and Fire-adapted Europe. Elmqvist, T, Valkó, O, Stoof, C, Aakala, T, Arca, B, Arianoutsou, M, Arsava, K, Ascoli, D, Bengtsson, J, Castro, R, Engelbrecht, J, Fra Paleo, U, Granström, A, Ibisch, P, Kalabokidis, K, Kandárová, H, Marinšek, A, Knottnerus, A, Metallinou, M, Müller, M, Oliveira, T, Pereira, JMC, Plieninger, T, Palaiologou, P, Pulido Diaz, F, Saražin, J, Stoyanov, T, Newman Thacker, F, van der Werf, G, Zerefos, C. EASAC policy report 48.

Guo, Q. (2021). Using 'management mosaics' to mitigate the impacts from extreme wildfires. *Ecological Processes*, 10(1). doi: <https://doi.org/10.1186/s13717-021-00320-6>

Lasanta, T., Cortijos-López, M., Errea, M.P., Khorchani, M. and Nadal-Romero, E. (2022). An environmental management experience to control wildfires in the mid-mountain mediterranean area: Shrub clearing to generate mosaic landscapes. *Land Use Policy*, [online] 118, p.106147. doi: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106147>

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2020). Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. [online] Available at: <https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/pag-web/bosques-maduros-manual-europarc-life-redbosques.html> [Accessed 14 Oct. 2025].

Pulido, F., Corbacho, J., Bertomeu, M., Álvaro Gómez, Nuno Guiomar, Juárez, E., Lucas, B., Moreno, G., Navalpotro, J. and Palomo, G. (2023). Fire-Smart Territories: a proof of concept based on Mosaico approach. *Landscape ecology*, 38(12), pp.3353–3370. doi: <https://doi.org/10.1007/s10980-023-01618-w>.

Raveloaritiana, E., Wurz, A., Osen, K., Sozafy, M., Grass, I., Martin, D., Bemamy, C., Ranarijaona, H., Borgerson, C., Kreft, H., Hölscher, D., Rakouth, B., & Tschardtke, T. (2023). Complementary ecosystem services from multiple land uses highlight the importance of tropical mosaic landscapes. *Ambio*, 52, 1558 - 1574. <https://doi.org/10.1007/s13280-023-01888-3>.

Sayedeh Sara Sayedi, Abbott, B.W., Vannièrè, B., Leys, B., Colombaroli, D., Graciela Gil Romera, Michał Słowiński, Aleman, J.C., Olivier Blarquez, Feurdean, A., Brown, K., Tuomas Aakala, Teija Alenius, Allen, K., Andric, M., Bergeron, Y., Biagioni, S., Bradshaw, R., Laurent Bremond and Elodie Brisset (2024). Assessing changes in global fire regimes. *Fire ecology (Online)*, 20(1). doi: <https://doi.org/10.1186/s42408-023-00237-9>.



1.a.2. Establecer un sistema de planificación territorial a escala de biorregión y pisorregión

Descripción de la propuesta

La falta de continuidad entre regiones impide un control de las masas de combustible. Por esta causa, por ejemplo, menos del 30 % del territorio pirenaico cuenta con planes de gestión forestal activos. Para solucionarlo es necesario llevar a cabo una planificación conjunta con las áreas de pasto y agrícolas, definiendo puntos estratégicos para la extinción.

Esta planificación activa debe estar acompañada de una gobernanza multiactor y una capacitación que permita una actuación rápida y segura en los momentos de emergencia.

Se propone establecer un marco de planificación territorial a nivel de unidad de paisaje de relevancia, capaz de aglutinar municipalidades, provincias, y o comunidades autónomas. Esta escala permite abordar de forma coherente los procesos ecológicos, climáticos y de riesgo que no se ajustan a los límites administrativos convencionales. Por su parte, las pisorregiones son unidades territoriales que comparten características homogéneas en cuanto a tamaño, frecuencia, estacionalidad e intensidad de los incendios forestales.

La fragmentación administrativa dificulta la implementación de estrategias eficaces frente a incendios forestales, especialmente en territorios que comparten ecosistemas, regímenes de fuego y dinámicas de uso del suelo. Por ello, se plantea una planificación integral que evite contradicciones entre instrumentos sectoriales (planes forestales, urbanísticos, de prevención, de conservación) y que permita actuar de forma coordinada en territorios funcionalmente conectados.

Acciones clave:

1. Identificación y delimitación de biorregiones como unidades operativas para la planificación forestal y la prevención de incendios.
2. Elaboración de planes de gestión forestal y prevención a escala de paisaje, integrando variables como la sequía, la interfaz urbano-forestal, la continuidad ecológica y los conflictos de uso.
3. Alineación de instrumentos de planificación existentes (PORF, PORN, PRUG, planes de prevención de incendios, ordenación urbana) para evitar contradicciones y maladaptaciones.



4. Coordinación interadministrativa entre municipios, comunidades autónomas y organismos estatales, con estructuras de gobernanza compartida.
5. Revisión y adaptación de los planes de defensa y autoprotección recogidos en la Ley de Montes, ajustándolos al contexto climático y territorial actual.
6. Reconocer los sistemas socioecológicos como unidades de análisis y planificación.
7. Integrar esta perspectiva en los planes forestales y en la toma de decisiones territoriales.
8. Crear redes territoriales de colaboración multiactor (administraciones, asociaciones, cooperativas, universidades, centros investigación) para la gestión forestal integrada y compartida de conocimientos. El trabajo en red amplifica impactos, evita duplicar esfuerzos, permite compartir conocimientos diversos (científico, técnico, tradicional) y construye soluciones más robustas.

Mecanismos de implementación:

1. Reformulación de la normativa de planificación territorial para incluir la escala de paisaje como unidad operativa.
2. Dotación presupuestaria específica para estructuras de coordinación supramunicipal.
3. Protocolos de cooperación entre administraciones con competencias forestales, urbanísticas y de protección civil.

Ámbito: Nacional, con prioridad en zonas forestales y de interfaz urbano-forestal con alta fragmentación administrativa.

Sectores implicados: Medio ambiente, ordenación territorial, protección civil, gestión forestal, cambio climático.

Actores clave: MITECO, comunidades autónomas, diputaciones, ayuntamientos, mancomunidades, organismos estatales, centros de investigación.

Limitaciones y advertencias

La implementación requiere superar barreras administrativas, jurídicas y culturales. Es necesario establecer mecanismos claros de cooperación entre niveles de gobierno, evitar duplicidades y garantizar la coherencia entre planes



sectoriales. La falta de estructuras técnicas supramunicipales puede dificultar la ejecución si no se refuerzan adecuadamente.

Evidencia científica y referencias

- La planificación a escala de paisaje mejora la eficacia de las políticas de prevención de incendios.
- La fragmentación administrativa limita la capacidad de respuesta ante eventos extremos.
- La coordinación interadministrativa y la integración de planes sectoriales son claves para evitar contradicciones y mal adaptaciones.
- La identificación de biorregiones permite una gestión adaptada a las condiciones ecológicas y climáticas reales del territorio.

Fundación Entretantos (2024). *Prevenir los Incendios: Una responsabilidad colectiva. Propuestas para la prevención integral de los Incendios Forestales en tiempos de emergencia climática y despoblación en el medio rural.*

Gouriveau et al. (2019): What EU policy framework do we need to sustain High Nature Value (HNV) farming and biodiversity? HNV-Link Policy Paper.

Rada Sereno, O, Sampedro Ortega, Y, Cadenas Fernandez, R, De la Fuente Valdivieso, A, Dominguez Riba, C, Turiño García, M.M., Velez Fraile, L, Espinosa Rincón, J.R., García Fernandez, J.: Plan 42: Un programa integral para la prevención de incendios forestales. 2009, V Congreso Forestal Español.

1.a.3. Definir una zonificación territorial y cartografía oficial de riesgo de incendio forestal

Descripción de la propuesta

Se propone desarrollar una cartografía oficial de riesgo de incendio forestal a escala nacional. Esta zonificación permitiría adaptar la gestión del riesgo a las dinámicas específicas del fuego en cada territorio, facilitando una planificación preventiva más precisa y optimizando la asignación de recursos técnicos y humanos. También permitiría identificar aquellas zonas en las que se recomiendan otro tipo de acciones preventivas, como las quemadas prescritas. Por ejemplo, la literatura científica y técnica destaca la interfaz urbano-forestal (UIF) como una de las zonas más vulnerables a incendios. Las intervenciones en márgenes y discontinuidades del paisaje son medidas eficaces para reducir igniciones y facilitar la extinción.

La propuesta contempla, asimismo, una planificación territorial estratégica en las Zonas de Alto Riesgo (ZAR; Ley 43/2003 de Montes), basada en criterios



científicos y en el análisis multiescalar del comportamiento del fuego. Se recomienda adaptar metodologías como el *Provincial Strategic Threat Analysis (PSTA)* de British Columbia (Canadá), que combina mapas de amenaza con clases de riesgo en la interfaz urbano-forestal. Esta planificación debe integrar variables como la sequía, la continuidad territorial más allá de límites administrativos, los conflictos de uso del suelo y la presión urbanística.

Acciones clave:

1. Desarrollar mecanismos y protocolos que permitan la integración de políticas forestales, urbanísticas, agrícolas y de conservación en la planificación territorial de gestión de riesgo de incendio dentro de los distintos niveles administrativos y entre ellos. Reformulación de los planes autonómicos de prevención de incendios para incluir criterios de UIF y márgenes.
2. Monitorización mediante SIG y teledetección para evaluar el cumplimiento y la evolución del riesgo, particularmente en las zonas UIF.
3. Intervención en márgenes de carreteras, pistas forestales y zonas de contacto entre áreas urbanas, agrícolas y forestales, con el objetivo de reducir focos de ignición, mejorar la accesibilidad para medios de extinción y frenar la propagación del fuego.
4. Desarrollo de legislación urbanística específica que obligue a considerar el riesgo de incendios antes de autorizar nuevas construcciones en zonas rurales o de interfaz.
5. Delimitación detallada de zonas donde, por riesgo de incendio, no se permita la construcción, siguiendo criterios similares a los aplicados en zonas inundables o sísmicas. Modificación de normativas urbanísticas para establecer franjas de seguridad y materiales ignífugos en nuevas edificaciones en zonas de interfaz UIF.
6. Protocolos de vecindario y autoprotección comunitaria, con formación, planes de evacuación y mantenimiento compartido de parcelas.
7. Creación de consorcios intermunicipales para la gestión coordinada de paisajes con riesgo de incendio, en especial aquéllos que incluyan zonas UIF.

Mecanismos de implementación:

Ámbito: Nacional, con aplicación prioritaria en zonas de interfaz urbano-forestal, áreas rurales vulnerables, zonas hábitat de especies más vulnerables según la lista roja de la IUCN y de especies clave para la funcionalidad ecosistémica, y territorios con alta recurrencia de incendios.



Sectores implicados: instrumentos autonómicos de ordenación del territorio, registros de la propiedad, urbanismo, medio ambiente, silvicultura, agricultura, protección civil.

Actores clave: MITECO, Ministerio de Vivienda y Agenda Urbana, Ministerio de Presidencia, Justicia y Relaciones con las Cortes, comunidades autónomas, ayuntamientos, universidades, centros de investigación, asociaciones vecinales y ecologistas.

Limitaciones y advertencias

- Fragmentación administrativa, diferencias normativas o competencias compartidas entre varios niveles territoriales.
- La zonificación debe evitar contradicciones entre usos del suelo (forestal, urbano, agrícola, turístico) y respetar la normativa de conservación.
- Requiere una planificación realista, transparente y participada, con especial atención a los conflictos entre pueblos o usos.
- La implementación técnica depende de la disponibilidad de datos actualizados y de capacidades institucionales para el monitoreo adaptativo.
- Es fundamental evitar propuestas de “no actuación” en zonas donde la gestión activa es necesaria para garantizar la conservación.

Evidencia científica y referencias

Beltrán-Marcos, D., Calvo, L., Fernández-Guisuraga, J. M., Fernández-García, V., & Suárez-Seoane, S. (2023). Wildland-urban interface typologies prone to high severity fires in Spain. *Science of The Total Environment*, 894, 165000. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165000>

British Columbia Wildfire Service. (2021). *Provincial Strategic Threat Analysis (PSTA)*.

Cassatella, C., & Gottero, E. (2025). Integrating urban and peri-urban agriculture in planning systems. Barriers, policy tools and recommendations. *Planning Practice & Research*, 40(4), 683–716. <https://doi.org/10.1080/02697459.2025.2472115>

Chuvienco, E., Aguado, I., Yebra, M., Nieto, H., Salas, J., Martín, M. P., Vilar, L., Martínez, J., Martín, S., Ibarra, P., de la Riva, J., Baeza, J., Rodríguez, F., Molina, J. R., Herrera, M. A., & Zamora, R. (2010). Development of a framework for fire risk assessment using remote sensing and geographic information system technologies. *Ecological Modelling*, 221(1), 46–58. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2008.11.017>

Ermitão, T., Gouveia, C. M., Bastos, A., & Russo, A. C. (2024). Recovery following recurrent fires across Mediterranean ecosystems. *Global Change Biology*, 30, e70013. <https://doi.org/10.1111/gcb.70013>

Esperon-Rodríguez, M., Gallagher, R., Souverijns, N., Lejeune, Q., Schleussner, C. F., & Tjoelker, M. G. (2025). Response to Guerin et al. Comment on 'Mapping the climate risk to urban forests at city scale'. *Landscape and Urban Planning*, 258, 105324. <https://doi.org/10.1016/J.LANDURBPLAN.2025.105324>



Fernandes, P. M. (2013). Fire-smart management of forest landscapes in the Mediterranean basin under global change. *Landscape and Urban Planning*, 110, 175–182. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.10.014>

Galiana-Martin, L., Herrero, G., & Solana, L. (2011). A Wildland–Urban Interface Typology for Forest Fire Risk Management in Mediterranean Areas. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01426397.2010.549218>

Goicolea, T., Adde, A., Broennimann, O., García-Viñas, J. I., Gastón, A., Aroca-Fernández, M. J., Guisan, A., & Mateo, R. G. (2025). Spatially-nested hierarchical species distribution models to overcome niche truncation in national-scale studies. *Ecography*, 2025, e07328. <https://doi.org/10.1111/ecog.07328>

Guo, Y., Wang, J., Ge, Y., & Zhou, C. (2024). Global expansion of wildland-urban interface intensifies human exposure to wildfire risk in the 21st century. *Science Advances*, 10(45), 9587. <https://doi.org/10.1126/sciadv.ado9587>

Jain, P., Sharma, A. R., Acuna, D. C., Abatzoglou, J. T., & Flannigan, M. (2024). Record-breaking fire weather in North America in 2021 was initiated by the Pacific Northwest heat dome. *Communications Earth & Environment*, 5, 202. <https://doi.org/10.1038/s43247-024-01346-2>

Mateo, R. G., Morales-Barbero, J., Zarzo-Arias, A., Lima, H., Gómez-Rubio, V., & Goicolea, T. (2024). sabinasDMM: An R package for spatially nested hierarchical species distribution modelling. *Methods in Ecology and Evolution*, 15, 1796–1803. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.14417>

Moreno-Mateos, D., Alberdi, A., Morriën, E., et al. (2020). The long-term restoration of ecosystem complexity. *Nature Ecology & Evolution*, 4, 676–685. <https://doi.org/10.1038/s41559-020-1154-1>

Pastor, E., Muñoz, J. A., Caballero, D., Àgueda, A., Dalmau, F., & Planas, E. (2020). Wildland–urban interface fires in Spain: Summary of the policy framework and recommendations for improvement. *Fire Technology*, 56(5), 1831–1851. <https://doi.org/10.1007/s10694-019-00883-z>

Quilcaille, Y., Batibeniz, F., Ribeiro, A. F. S., Padrón, R. S., & Seneviratne, S. I. (2023). Fire weather index data under historical and shared socioeconomic pathway projections in the 6th phase of the Coupled Model Intercomparison Project from 1850 to 2100. *Earth System Science Data*, 15, 2153–2177. <https://doi.org/10.5194/essd-15-2153-2023>

Reichstein, M., Benson, V., Blunk, J., Camps-Valls, G., Creutzig, F., Fearnley, C. J., Han, B., Kornhuber, K., Rahaman, N., Schölkopf, B., Tárraga, J. M., Vinuesa, R., Dall, K., Denzler, J., Frank, D., Martini, G., Nganga, N., Maddix, D. C., & Weldemariam, K. (2025). Early warning of complex climate risk with integrated artificial intelligence. *Nature Communications*, 16, 2564. <https://doi.org/10.1038/s41467-025-57640-w>

Saleh, A., Zulkifley, M. A., Harun, H. H., Gaudreault, F., Davison, I., & Spraggon, M. (2024). Forest fire surveillance systems: A review of deep learning methods. *Heliyon*, 10(1), e23127. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2023.E23127>

Schug, F., Bar-Massada, A., Carlson, A. R., Cox, H., Hawbaker, T. J., Helmers, D., Hostert, P., Kaim, D., Kasraee, N. K., Martinuzzi, S., Mockrin, M. H., Pfoch, K. A., & Radeloff, V. C. (2023a). The global wildland–urban interface. *Nature*, 621(7977), 94–99. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06320-0>

Torres-Vázquez, M. Á., Halifa-Marín, A., Montávez, J. P., & Turco, M. (2023). High resolution monitoring and probabilistic prediction of meteorological drought in a Mediterranean environment. *Weather and Climate Extremes*, 40, 100558. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2023.100558>

Torres-Vázquez, M. Á., Herrera, S., Gincheva, A., Halifa-Marín, A., Cavicchia, L., Di Giuseppe, F., Montávez, J. P., & Turco, M. (2025). Enhancing seasonal fire predictions with hybrid dynamical and random forest models. *NPJ Natural Hazards*, 2, 20. <https://doi.org/10.1038/s44304-025-00069-4>



Willem Menzemer, L., Marie Vad Karsten, M., Gwynne, S., Frederiksen, J., & Ronchi, E. (2024). Fire evacuation training: Perceptions and attitudes of the general public. *Safety Science*, 174, 106471. <https://doi.org/10.1016/J.SSCI.2024.106471>

Yang, S., Huang, Q., & Yu, M. (2024). Advancements in remote sensing for active fire detection: A review of datasets and methods. *Science of The Total Environment*, 943, 173273. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2024.173273>

1.a.4. Crear y mantener discontinuidades estratégicas

Descripción de la propuesta

En línea con la promoción de paisajes en mosaico, la medida anterior se puede complementar con el impulso de una planificación territorial orientada a la creación y mantenimiento de discontinuidades estratégicas del paisaje, que funcionen como cortafuegos naturales o artificiales frente a la propagación de incendios forestales. Estas discontinuidades pueden estar formadas por elementos agrícolas, forestales o infraestructurales, y deben ser diseñadas en función del régimen de fuego local y de la vulnerabilidad del territorio. Además, los cortafuegos tradicionales han perdido parte de su funcionalidad ante la intensidad de los incendios actuales.

Las discontinuidades naturales incluyen setos, lindes, cultivos, pastos, zonas de baja carga de combustible y paisajes en mosaico. Las artificiales pueden incluir franjas cortafuegos, caminos forestales, áreas desbrozadas o zonas de pastoreo dirigido. Su función es fragmentar la continuidad del combustible, facilitar el acceso a medios de extinción y proteger infraestructuras y núcleos habitados.

Acciones clave:

1. Identificación de zonas estratégicas para la creación de discontinuidades en función del riesgo de incendio y la exposición poblacional.
2. Fomento de paisajes agrícolas y agroforestales heterogéneos que actúen como barreras naturales.
3. Mantenimiento activo de cortafuegos mediante desbroce, pastoreo, quema prescrita y restauración ecológica.
4. Integración de estas medidas en los planes de defensa contra incendios forestales y en la ordenación territorial.
5. Revisión de cortafuegos clásicos para adaptarlos a las condiciones de los incendios naturales.

Mecanismos de implementación:



1. Coordinación entre administraciones forestales, agrícolas y de protección civil.
2. Financiación específica a través de fondos climáticos, PAC y programas de prevención.
3. Convenios con propietarios rurales, cooperativas y entidades locales para la gestión compartida.
4. Monitorización mediante SIG, teledetección y evaluación de eficacia en eventos reales.

Ámbito: Nacional, con prioridad en zonas de interfaz urbano-forestal, media montaña y áreas de alto riesgo de incendio.

Sectores implicados: Silvicultura, agricultura, ganadería, protección civil, ordenación del territorio, cambio climático.

Actores clave: MITECO, Ministerio de Agricultura, comunidades autónomas, servicios de extinción, propietarios rurales, cooperativas, centros de investigación.

Limitaciones y advertencias

La efectividad de las discontinuidades depende de su diseño, mantenimiento y ubicación estratégica. Requiere planificación a largo plazo, coordinación intersectorial y adaptación al régimen de fuego local. En ausencia de mantenimiento, pueden perder funcionalidad o incluso aumentar el riesgo si acumulan combustible. Además, es importante que acciones sean compatibles con la conservación de la biodiversidad y la multifuncionalidad de ecosistemas y paisajes.

Evidencia científica y referencias

Los cortafuegos han demostrado una enorme eficacia para combatir la propagación de los incendios. Modelizaciones específicas en Andalucía y sur de España indican que cortafuegos bien diseñados y mantenidos reducen la conectividad del combustible y limitan la extensión potencial de incendios, especialmente si se integran en una red estratégica y se complementan con tratamientos perimetrales (<https://doi.org/10.1186/s42408-024-00270-2>). La presencia de cortafuegos combinada con el *mulching* (uso de astillas de madera) se ha demostrado eficaz para controlar la erosión y reducir condiciones favorables para propagación del fuego, especialmente tras incendios o en zonas



con pendiente (<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.125286>). Además, la evidencia científica demuestra que:

- Las discontinuidades del paisaje reducen la propagación del fuego y facilitan la extinción.
- Los paisajes en mosaico y la heterogeneidad territorial actúan como barreras naturales frente a los incendios.
- La integración de elementos agrícolas y forestales en la planificación territorial mejora la resiliencia frente a eventos extremos.

Ortega, M., Silva, F.R.y. & Molina, J.R. Modeling fuel break effectiveness in southern Spain wildfires. *fire ecol* 20, 40 (2024). <https://doi.org/10.1186/s42408-024-00270-2>

Asmae Amiri Ghanat Saman, Manuel Esteban Lucas-Borja, Rocío Soria, Pedro Antonio Plaza-Álvarez, María Dolores Carmona-Yáñez, Demetrio Antonio Zema, Effectiveness of mulching after mechanised construction of firebreaks on the hydrological and erosive response of soil in a Mediterranean forest affected by a severe wildfire, *Journal of Environmental Management*, Volume 381, 2025.

Miguel E. Castillo Soto, Juan R. Molina Martínez, Santiago Bonilla B, Roberto A. Moreno García, Calculating minimum safety distance against wildfires at the wildland-urban interface in Chile and Spain, *Heliyon*, Volume 8, Issue 11, 2022, e11238, ISSN 2405-8440, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11238>

SOTO, Miguel E. Castillo, et al. Calculating minimum safety distance against wildfires at the wildland-urban interface in Chile and Spain. *Heliyon*, 2022, vol. 8, no 11.

Fusco, E. J., Finn, J. T., Balch, J. K., Nagy, R. C., & Bradley, B. A. (2019). Invasive grasses increase fire occurrence and frequency across US ecoregions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(47), 23594-23599.

Germino, M. J., Price, S. J., & Prichard, S. J. (2024). Vegetation, fuels, and fire-behavior responses to linear fuel-break treatments in and around burned sagebrush steppe: are we breaking the grass-fire cycle? *Fire Ecology*, 20(1), 34.

Galiana-Martin, L., Herrero, G., & Solana, J. (2011). A wildland–urban interface typology for forest fire risk management in Mediterranean areas. *Landscape Research*, 36(2), 151-171.

Kalapodis N and Sakkas G. Integrated Fire Management and Closer to Nature Forest Management at the Landscape Scale as a Holistic Approach to Foster Forest Resilience to Wildfires [version 1; peer review: 2 not approved]. *Open Res Europe* 2024, 4:131 (<https://doi.org/10.12688/openreseurope.17802.1>)

Ott, J.E., Kilkenny, F.F. & Jain, T.B. Fuel treatment effectiveness at the landscape scale: a systematic review of simulation studies comparing treatment scenarios in North America. *fire ecol* 19, 10 (2023). <https://doi.org/10.1186/s42408-022-00163-2>

Radeloff, V. C., Mockrin, M. H., Helmers, D., Carlson, A., Hawbaker, T. J., Martinuzzi, S., ... & Pidgeon, A. M. (2023). Rising wildfire risk to houses in the United States, especially in grasslands and shrublands. *Science*, 382(6671), 702-707.



Roche, M. D., Saher, D. J., Buchholtz, E. K., Crist, M. R., Shinneman, D. J., Aldridge, C. L., ... & Heinrichs, J. A. (2024). Ecological trade-offs associated with fuel breaks in sagebrush ecosystems. *Fire Ecology*, 20(1), 107.

Weise, C. L., Brussee, B. E., Coates, P. S., Shinneman, D. J., Crist, M. R., Aldridge, C. L., ... & Ricca, M. A. (2023). A retrospective assessment of fuel break effectiveness for containing rangeland wildfires in the sagebrush biome. *Journal of Environmental Management*, 341, 117903.

Menzemer, L. W., Karsten, M. V., Gwynne, S., Frederiksen, J., & Ronchi, E. (2024). Fire evacuation training: Perceptions and attitudes of the general public. *Safety science*, 174, 106471.

Zamaniale, M., San Martin, D., Theodori, M. et al. Fire risk to structures in California's Wildland-Urban Interface. *Nat Commun* 16, 8041 (2025). <https://doi.org/10.1038/s41467-025-63386-2>

1.a.5. Incrementar la biodiversidad en las masas forestales

Descripción de la propuesta

Aumentar la complejidad estructural y funcional, y asegurar la diversidad genética de masas forestales manejadas y de los proyectos de restauración para reducir el impacto de la sequía, así como aumentar su resiliencia a perturbaciones bióticas y abióticas.

La diversificación de masas monoespecíficas mejora la estabilidad de la producción maderera, el reciclado de nutrientes, el secuestro de carbono en el suelo y la biodiversidad microbiana y faunística. Además, aumenta la capacidad de recuperación tras perturbaciones y contribuye a la multifuncionalidad de los ecosistemas forestales.

Acciones clave:

1. Identificación de zonas prioritarias con alta carga de combustible y riesgo de incendio y zonas susceptibles de sufrir episodios de mortalidad y decaimiento forestal debido a sequías y o ataques bióticos.
2. Fomentar la diversificación de masas forestales favoreciendo la regeneración natural mediante la realización de claras.
1. Programas de reforestación con especies autóctonas tolerantes al estrés hídrico y térmico.
3. Incentivos económicos para propietarios forestales que opten por la diversificación.
4. Reformulación de las políticas de reforestación para incluir criterios de resiliencia climática.

Mecanismos de implementación:



1. Coordinación entre MITECO, MAPA y comunidades autónomas.
2. Integración de esta estrategia en los planes de ordenación forestal y en la PAC.
3. Apoyo técnico y financiero a proyectos piloto de transición forestal.

Ámbito: Nacional, con especial atención a zonas forestales de alta inflamabilidad y vulnerabilidad climática.

Sectores implicados: Medio ambiente, agricultura, desarrollo rural, cambio climático, gestión forestal.

Actores clave: MITECO, MAPA, comunidades autónomas, propietarios forestales, cooperativas agroforestales, centros de investigación en ecología forestal y servicios ecosistémicos.

Limitaciones y advertencias:

En hábitats con un mayor déficit hídrico será necesario sustituir progresivamente algunas de las especies dominantes por otras especies autóctonas mejor adaptadas a la sequía.

A pesar del elevado consenso científico en cuanto a los beneficios de los bosques mixtos frente a los monoespecíficos para resistir a incendios, el nivel de resistencia de los propios bosques mixtos depende de las mezclas que los compongan y del evento al que se enfrenten.

La mezcla de especies con distintas tolerancias a perturbaciones puede minimizar los impactos de las mismas y favorecer la recuperación de la masa, aunque los beneficios de la mezcla de especies dependen de las características funcionales de las propias especies y de la intensidad e identidad de la perturbación. En cualquier caso, los gestores forestales deben tener en cuenta que la mezcla de especies es una garantía para: favorecer la multifuncionalidad de las masas forestales y promover una mayor diversidad y estabilidad en la provisión de servicios ecosistémicos.

Evidencia científica y referencias

La evidencia científica muestra que los sistemas forestales diversos presentan mayor estabilidad, resiliencia y capacidad de recuperación ante perturbaciones climáticas y ecológicas.

Alicia Azpeleta Tarancon, Fulé, P.Z. and Abel García Arévalo (2023). Mexican mixed-species forest shows resilience to high-intensity fire. *Canadian journal of forest research*. doi:<https://doi.org/10.1139/cjfr-2023-0185>.



Bauhus, J., Forrester, D.I., Gardiner, B., Jactel, H., Vallejo, R. and Pretzsch, H. (2017). Ecological Stability of Mixed-Species Forests. *Mixed-Species Forests*, [online] pp.337–382. doi:https://doi.org/10.1007/978-3-662-54553-9_7.

Cruz, Ó., Riveiro, S.F., García-Duro, J., Casal, M. and Reyes, O. (2024). European Atlantic deciduous forests are more resilient to fires than Pinus and Eucalyptus plantations. *Forest Ecology and Management*, [online] 561, p.121849. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2024.121849>.

Eduardo Fernández-Pascual, Borja Jiménez-Alfaro, Juli Caujapé-Castells, Ruth Jaén-Molina, Tomás Emilio Díaz, A local dormancy cline is related to the seed maturation environment, population genetic composition and climate, *Annals of Botany*, Volume 112, Issue 5, September 2013, Pages 937–945, <https://doi.org/10.1093/aob/mct154>

EASAC. 2025. Changing Wildfires: Policy Options for a Fire-literate and Fire-adapted Europe. Elmqvist, T, Valkó, O, Stoof, C, Aakala, T, Arca, B, Arianoutsou, M, Arsava, K, Ascoli, D, Bengtsson, J, Castro, R, Engelbrecht, J, Fra Paleo, U, Granström, A, Ibisch, P, Kalabokidis, K, Kandárová, H, Marinšek, A, Knottnerus, A, Metallinou, M, Müller, M, Oliveira, T, Pereira, JMC, Plieninger, T, Palaiologou, P, Pulido Diaz, F, Saražin, J, Stoyanov, T, Newman Thacker, F, van der Werf, G, Zerefos, C. EASAC policy report 48.

Garibaldi, L.A., Oddi, F.J., Miguez, F.E., Bartomeus, I., Orr, M.C., Jobbágy, E.G., Kremen, C., Schulte, L.A., Hughes, A.C., Bagnato, C., Abramson, G., Bridgewater, P., Carella, D.G., Díaz, S., Dicks, L.V., Ellis, E.C., Goldenberg, M., Huaylla, C.A., Kuperman, M. and Locke, H. (2020). Working landscapes need at least 20% native habitat. *Conservation Letters*, 14(2). doi:<https://doi.org/10.1111/conl.12773>.

Hisano, M., Ghazoul, J., Chen, X. and Chen, H.Y.H. (2024). Functional diversity enhances dryland forest productivity under long-term climate change. *Science Advances*, 10(17). doi:<https://doi.org/10.1126/sciadv.adn4152>.

Jackson, M.M., Turner, M.G., Pearson, S.M. and Ives, A.R. (2012). Seeing the forest and the trees: multilevel models reveal both species and community patterns. *Ecosphere*, 3(9), p.art79. doi:<https://doi.org/10.1890/es12-00116.1>.

Jankowski, P.A., Calama, R., Madrigal, G. and Pardos, M. (2024). Enhanced interannual drought resilience in mixed stands: unveiling possible complementarity effects between tree species of the Spanish Northern Plateau. *European Journal of Forest Research*. doi:<https://doi.org/10.1007/s10342-024-01685-x>.

Jørgensen, K., Granath, G., Lindahl, B.D. and Strengbom, J. (2021). Forest management to increase carbon sequestration in boreal Pinus sylvestris forests. *Plant and Soil*, [online] 466(1/2), pp.165–178. doi:<https://doi.org/10.2307/48694305>.

Koontz, M.J., North, M.P., Werner, C.M., Fick, S.E. and Latimer, A.M. (2020). Local forest structure variability increases resilience to wildfire in dry western U.S. coniferous forests. *Ecology Letters*, 23(3), pp.483–494. doi:<https://doi.org/10.1111/ele.13447>.

Liu, D., Wang, T., Peñuelas, J. and Piao, S. (2022). Drought resistance enhanced by tree species diversity in global forests. *Nature Geoscience*, 15(10), pp.800–804. doi:<https://doi.org/10.1038/s41561-022-01026-w>.

Pardos, M., del Río, M., Pretzsch, H., Jactel, H., Bielak, K., Bravo, F., Brazaitis, G., Defosse, E., Engel, M., Godvod, K., Jacobs, K., Jansone, L., Jansons, A., Morin, X., Nothdurft, A., Oreti, L., Ponette, Q., Pach, M., Riofrío, J. and Ruíz-Peinado, R. (2021). The greater resilience of mixed forests to drought mainly depends on their composition: Analysis along a climate gradient across Europe. *Forest Ecology and Management*, [online] 481, p.118687. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118687>.

Pardos, M., Pach, M., Ponette, Q. and Pretzsch, H. (2024). Can mixing Quercus robur and Quercus petraea with Pinus sylvestris compensate for productivity losses due to climate change? *Science of The Total Environment*, [online] 942, p.173342. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.173342>.



Paneghel, M., Torné, G., Morin, X., Alday, J.G. and Coll, L. (2024). Increasing temperature threatens post-fire auto-successional dynamics of a Mediterranean obligate seeder. *Journal of Ecology*, 112(12), pp.2929–2943. doi:<https://doi.org/10.1111/1365-2745.14433>.

Peris-Llopis, M., Blas Mola-Yudego, Berninger, F., Jordi Garcia-Gonzalo and José Ramón González-Olabarria (2024). Impact of species composition on fire-induced stand damage in Spanish forests. *Scientific Reports*, [online] 14(1). doi:<https://doi.org/10.1038/s41598-024-59210-4>.

Rebollo, P., Cruz-Alonso, V., Triviño, M., Ruiz-Benito, P., Astigarraga, J., González-Díaz, P., Zavala, M., Andivia, E. (2025). Diversity modulates aboveground productivity in response to disturbances: the case of Iberian forests. *Journal of Ecology*, 113(12): 3605-3621.

Stern, A., Vaughn, A., Wauben, N., Eskridge-Aldama, P. and Stuart, D. (2024). Jon J. Berger. Solving the climate crisis: frontline reports from the race to save earth. *Journal of Environmental Studies and Sciences*, [online] 15(2), pp.458–460. doi:<https://doi.org/10.1007/s13412-024-00937-x>.

Estefania Tobajas, Ignasi Bartomeus and Ainhoa Magrach (2025). Landscape and crop diversity contributes to greater yield stability. *Journal of Applied Ecology*. doi:<https://doi.org/10.1111/1365-2664.70179>.

Vospernik, S., Vigren, C., Morin, X., Toïgo, M., Bielak, K., Brazaitis, G., Bravo, F., Heym, M., del Río, M., Jansons, A., Löf, M., Nothdurft, A., Pardos, M., Pach, M., Ponette, Q. and Pretzsch, H. (2024). Can mixing *Quercus robur* and *Quercus petraea* with *Pinus sylvestris* compensate for productivity losses due to climate change? *Science of The Total Environment*, [online] 942, p.173342. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.173342>.

1.a.6. Establecer un marco que promueva las quemas prescritas de forma segura

Descripción de la propuesta

El fuego ha sido históricamente una herramienta esencial de gestión del territorio en los paisajes rurales mediterráneos. Su uso controlado permite allí donde se realiza actualmente, mantener paisajes en mosaico, reducir la biomasa acumulada y renovar pastos. La realidad actual es que, aunque esta práctica está infrutilizada en algunas regiones, las aproximaciones actuales más globales promueven un manejo integrado del régimen del fuego que incluye las quemas prescritas como una herramienta más en la lucha contra los incendios. Así sucede por ejemplo a nivel de planificación en el Valle de Aran.

En este contexto, la propuesta plantea la creación de un marco legal y de gobernanza que incluso pueda dar lugar a un Programa Nacional de Quemias Prescritas (PNQP). El objetivo final consiste en impulsar el uso planificado del fuego como herramienta de gestión forestal y restauración ecológica. Las quemias prescritas, realizadas en condiciones meteorológicas óptimas, permiten reducir la carga de combustible fino y medio, generar discontinuidades estratégicas en el paisaje y restaurar regímenes de fuego compatibles con la biodiversidad y la resiliencia ecológica.

Acciones clave:



1. Crear una Red Nacional de Parcelas Experimentales para monitorear los efectos ecológicos y desarrollar modelos predictivos.
2. Priorizar zonas de alto riesgo de incendio estival para crear discontinuidades de combustible mediante quemas de baja intensidad.
3. Realizar quemas prescritas en ventanas meteorológicas seguras, identificadas por los servicios climáticos, minimizando emisiones y riesgos operativos.
4. Establecer un marco normativo específico, con protocolos técnicos estandarizados, certificación profesional y procedimientos administrativos simplificados.
5. Impulsar la formación técnica y cultural en el uso del fuego, incluyendo: adaptación curricular en formación profesional, cursos para sectores estratégicos (extinción, ganadería, agricultura) y formación de formadores y campañas de sensibilización pública.
6. Integrar a profesionales de extinción, ganaderos, agricultores y gestores del territorio en acciones coordinadas de uso del fuego.
7. Fomentar el uso del fuego como herramienta para generar heterogeneidad del paisaje.
8. Planificar programas de quemas prescritas que incluyan localización y temporalidad, tal y como se hace en países donde estas prácticas son habituales, como Estados Unidos y Australia.

Mecanismos de implementación:

1. Coordinación entre MITECO, Ministerio de Agricultura, comunidades autónomas y servicios de extinción.
2. Inclusión del PNQP en los Planes de Defensa contra Incendios Forestales y en las estrategias de adaptación al cambio climático.
3. Financiación mediante fondos europeos (LIFE, FEDER, Horizonte Europa) y presupuestos nacionales y autonómicos.
4. Participación activa de comunidades rurales, asociaciones de gestión forestal, universidades y centros de investigación.

Ámbito: Nacional, con prioridad en zonas de alta acumulación de biomasa y riesgo de incendios catastróficos.

Sectores implicados: Silvicultura, medio ambiente, protección civil, desarrollo rural, cambio climático.

Actores clave: Ministerio para la Transición Ecológica, comunidades autónomas, servicios de prevención y extinción de incendios, centros de investigación, asociaciones de pastores, propietarios forestales, organizaciones ecologistas.

Limitaciones y advertencias



La implementación enfrenta barreras como la complejidad normativa, la necesidad de formación específica al personal, las limitaciones financieras, las meteorológicas restringidas y baja comprensión social de esta práctica en algunos contextos. Es esencial establecer una gobernanza clara, formación adecuada para que las prescripciones resulten claras y protocolos de seguridad para garantizar su eficacia y aceptación. Esta limitación también podría reducirse incorporando a los propios vecinos en la toma de decisiones sobre las zonas en las que aplicar las quemas.

Además, aunque las quemas controladas deben ser compatibles con la conservación de la biodiversidad y la multifuncionalidad de ecosistemas, dado el impacto de esta práctica, es importante tener en cuenta que su aplicación debe limitarse, de forma que se eviten las recurrencias excesivas (se trata de una intervención de carácter ocasional) y las quemas en zonas de alto valor de conservación, salvo para casos muy puntuales.

Evidencia científica y referencias

La evidencia científica internacional y nacional respalda de forma consistente la eficacia de las quemas prescritas para reducir la carga de combustible, mitigar la severidad de incendios y restaurar regímenes de fuego sostenibles. Se destaca que:

- Las quemas prescritas reducen la severidad de incendios posteriores incluso en condiciones meteorológicas adversas (Fernandez-Guisuraga & Fernandes, 2024).
- Disminuyen la carga de combustible en pinares mediterráneos y aumentan la resistencia a sequías e incendios (Fernandes et al., 2013; Piqué & Domènech, 2018; Vilà-Vilardell et al., 2023).
- El fuego ha sido históricamente una herramienta de gestión territorial con beneficios ecológicos y culturales (Pausas, 2024; Carracedo, 2025).

Kimberley T. Davis, Jamie Peeler, Joseph Fargione, Ryan D. Haugo, Kerry L. Metlen, Marcos D. Robles, Travis Woolley, Tamm review: *A meta-analysis of thinning, prescribed fire, and wildfire effects on subsequent wildfire severity in conifer dominated forests of the Western US*, *Forest Ecology and Management*, Volume 561, 2024, 121885, ISSN 0378-1127, <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2024.121885>.

José Manuel Fernández-Guisuraga, Paulo M. Fernandes, Enhanced post-wildfire vegetation recovery in prescribed-burnt Mediterranean shrubland: A regional assessment, *Forest Ecology and Management*, Volume 561, 2024, 121921, ISSN 0378-1127, <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2024.121921>.

Fernandes, P.M., Davies, G.M., Ascoli, D., Fernández, C., Moreira, F., Rigolot, E., Stoof, C.R., Vega, J.A. and Molina, D. (2013), Prescribed burning in southern Europe: developing fire management in a dynamic landscape. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 11: e4-e14. <https://doi.org/10.1890/120298>

Piqué, Miriam & Domènech, Rut. (2017). Effectiveness of mechanical thinning and prescribed burning on fire behavior in *Pinus nigra* forests in NE Spain. *Science of The Total Environment*. 618. 10.1016/j.scitotenv.2017.09.316



Vilà Vilardell, Lena & De Cáceres, Miquel & Pique, Miriam & Casals, Pere. (2023). Prescribed fire after thinning increased resistance of sub-Mediterranean pine forests to drought events and wildfires. *Forest Ecology and Management*. 527. 120602. [10.1016/j.foreco.2022.120602](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120602).

Boer, Matthias & Sadler, Rohan & Wittkuhn, Roy & Mccaw, Lachie & Grierson, Pauline. (2009). Long-term impacts of prescribed burning on regional extent and incidence of wildfires—Evidence from 50 years of active fire management in SW Australian forests. *Forest Ecology and Management*. 259. 132-142. [10.1016/j.foreco.2009.10.005](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.10.005).

Davim, David & Rossa, Carlos & Pereira, José & Fernandes, Paulo. (2022). Evaluating the Effect of Prescribed Burning on the Reduction of Wildfire Extent in Portugal. *SSRN Electronic Journal*. [10.2139/ssrn.4046582](https://doi.org/10.2139/ssrn.4046582).

Pausas, J.G. (2024). *Incendios Forestales. Una introducción a la ecología del fuego*. Ed. CSIC- Los libros de la Catarata ISBN: 9788410670662.

Andrea Duane, Núria Aquilué, Quim Canelles, Alejandra Morán-Ordoñez, Miquel De Cáceres, Lluís Brotons, Adapting prescribed burns to future climate change in Mediterranean landscapes, *Science of The Total Environment*, Volume 677, 2019

Gillon, D. et al. (1987). *Ecological impact of prescribed winter burning on fuel-breaks in French Mediterranean forests: First results*. *Ecologia Mediterranea*, 13(4), 163–176. <https://doi.org/10.3406/ecmed.1987.1199>

Bountzouklis, C., Fox, D.M., & Di Bernardino, E. (2022). *Environmental factors affecting wildfire-burned areas in southeastern France, 1970–2019*. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 22, 1181–1200. <https://doi.org/10.5194/nhess-22-1181-2022>

Jahdi, R. et al. (2022). *Assessing the effects of alternative fuel treatments to reduce wildfire exposure*. *Journal of Forestry Research*, 33, 373–386. <https://doi.org/10.1007/s11676-022-01504-2>

Souza-Alonso, P., Prats, S.A., Merino, A., Guiomar, N., Guijarro M., Madrigal, J. (2024). *Fire enhances changes in phosphorus (P) dynamics determining potential post-fire soil recovery in Mediterranean woodlands*. *Scientific Reports* 14(1), 21718. DOI: [10.1038/s41598-024-72361-8](https://doi.org/10.1038/s41598-024-72361-8)

Oliveres, J., Castellnou, M., Castellarnau, X., Rosas-Casals, M., Brotons, L., & Duane, A. (2025). The path to strategic fire management planning in the Aran, Pyrenees. *Fire Ecology*, 21(1), 9. <https://doi.org/10.1186/s42408-024-00348-x>

Minas J, Hearne J, Martell D. A spatial optimisation model for multi-period landscape level fuel management to mitigate wildfire impacts. *Eur J Oper Res*. 2014;232(2):412–422.

1.a.7. Impulsar las quemadas naturales y controladas seguras en la gestión forestal

Descripción de la propuesta

Esta propuesta aboga por permitir que pequeños incendios forestales imprevistos, que se originan en condiciones meteorológicas no extremas, ardan de manera controlada. Este enfoque se complementaría con el uso de fuegos forestales de baja intensidad controlados para eliminar los materiales combustibles del suelo, permitir que los bosques primarios generen nuevos bosques y así restaurar la ecología saludable de los bosques.



A diferencia de los incendios de alto impacto, los de bajo impacto pueden estimular el crecimiento de flora herbácea beneficiosa e incrementar los nutrientes del suelo. Además, puede reducir la biomasa combustible y prevenir grandes incendios.

Limitaciones y advertencias

1. Aunque el consenso científico respalda esta medida por su capacidad de mitigación de los incendios de alto impacto, su aplicación puede enfrentar desafíos técnicos y sociales, ya que supone una adaptación cultural y operativa profunda en la gestión del territorio y el riesgo.
2. Requiere mapeo autonómico y evaluación del uso de quemas naturales y controladas en las diferentes Comunidades Autónomas, para identificar sus beneficios y riesgos potenciales.
3. Puede requerir cambios en la normativa de protección civil.
4. Requiere integrar el principio de conservación y preservación de especies.
5. Aceptación por parte de poblaciones periurbanas y rurales que han perdido la cultura del fuego
6. Debería acompañarse de la creación de un marco legal que proporcione seguridad jurídica en caso de impactos no deseados o inesperados

Evidencias científicas y referencias

Datta, R. (2021). To extinguish or not to extinguish: The role of forest fire in nature and soil resilience. *Journal of King Saud University - Science*, [online] 33(6), p.101539. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101539>.

Himanshu Bargali, Pandey, A., Bhatt, D., R.C. Sundriyal and V.P. Uniyal (2024). Forest fire management, funding dynamics, and research in the burning frontier: a comprehensive review. *Trees, forests and people*, pp.100526–100526. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tfp.2024.100526>.

Kreider, M.R., Higuera, P.E., Parks, S.A., Rice, W.L., White, N. and Larson, A.J. (2024). Fire suppression makes wildfires more severe and accentuates impacts of climate change and fuel accumulation. *Nature Communications*, [online] 15(1), p.2412. doi:<https://doi.org/10.1038/s41467-024-46702-0>.

Pais, S., Aquilué, N., Honrado, J.P., Fernandes, P.M. and Regos, A. (2023). Optimizing Wildfire Prevention through the Integration of Prescribed Burning into 'Fire-Smart' Land-Use Policies. *Fire*, [online] 6(12), p.457. doi:<https://doi.org/10.3390/fire6120457>.

Prichard, S.J., Hessburg, P.F., Hagemann, R.K., Povak, N.A., Dobrowski, S.Z., Hurteau, M.D., Kane, V.R., Keane, R.E., Kobziar, L.N., Kolden, C.A., North, M., Parks, S.A., Safford, H.D., Stevens, J.T., Yocom, L.L., Churchill, D.J., Gray, R.W., Huffman, D.W., Lake, F.K. and Khatri-Chhetri, P. (2021). Adapting western North American forests to climate change and wildfires: 10 common questions. *Ecological Applications*, [online] 31(8). doi: <https://doi.org/10.1002/eap.2433>.

1.a.8. Promover una gestión integrada de montes y paisajes agroforestales hacia un paisaje cortafuegos mediante los cuatro pilares de la estrategia agrosilvopastoral

Descripción de la propuesta



Esta propuesta sintetiza y combina las 4 herramientas clave en la prevención de incendios: desbroce, pastoreo, quemas y zonas cortafuegos. Su objetivo consiste en establecer un plan que combine, de forma coordinada, pastoreo dirigido, desbroces selectivos, quemas prescritas bajo protocolos estrictos de seguridad y zonas cortafuegos alrededor de explotaciones, caminos y otras infraestructuras rurales. El eje es un modelo agrosilvopastoral integrado: agricultura, arbolado y ganadería trabajan juntos para reducir la biomasa acumulada, fragmentar el combustible y crear mosaicos que dificulten la propagación del fuego. Allí donde sea viable, se impulsarán cortafuegos productivos (por ejemplo, franjas de forrajeras o aromáticas) que aportan ingresos y mantenimiento periódico, y se promoverán acuerdos territoriales con ganadería extensiva y pagos por servicios ambientales por reducción de riesgo.

El resultado es un paisaje resiliente y cortafuegos: menos continuidad de combustible, menos incendios de gran magnitud, mayor protección de suelos y cultivos y cobeneficios en biodiversidad y empleo rural. La clave es la planificación por cuencas y comarcas, priorizando áreas críticas (interfaz agroforestal, pendientes, corredores de viento) y acompañando a los titulares de las fincas con asesoramiento práctico, calendarios de manejo y formación específica para cuadrillas y pastores.

Estas cuatro herramientas podrían complementarse con una quinta, sobre la contribución de los animales herbívoros silvestres a la reducción del material combustible; y con una sexta, centrada en promover la reducción de la densidad de las masas forestales monoespecíficas y repoblaciones forestales para mejorar su resiliencia frente a eventos climáticos extremos como la sequía y otras perturbaciones bióticas y abióticas.

Acciones clave:

1. Integrar sistemas silvopastorales en la planificación forestal: fomentar la ganadería extensiva como herramienta de gestión mediante pastoreo dirigido, creación de mosaicos paisajísticos y reducción de combustible vegetal. La ganadería extensiva ha sido científicamente reconocida por sus beneficios en conservación del paisaje, biodiversidad y prevención de incendios. El pastoreo dirigido rompe la continuidad de la vegetación y reduce cargas de combustible de forma sostenible y económicamente viable. Y puede mantener controlada la vegetación en los desbroces, quemas prescritas-controladas y cortafuegos que se ejecuten, una vez eliminada la vegetación inicial.



2. Establecer o reforzar los mecanismos de gobernanza participativa de montes comunales que involucren a comunidades locales en toma de decisiones sobre gestión forestal y usos del territorio, con apoyo técnico, de recursos económicos y de legislación adecuados. La gobernanza participativa de bienes comunes como los montes es fundamental para una gestión sostenible y socialmente legítima. Se ha documentado cómo la participación efectiva de comunidades locales mejora los resultados de conservación y prevención.
3. Crear programas de apoyo a la movilización y dinamización de la propiedad forestal privada y comunal mediante agrupaciones de propietarios, cooperativas y gestión mancomunada. La estructura de la propiedad forestal dificulta una gestión efectiva. La movilización de la propiedad mediante fórmulas asociativas, mejoras en la fiscalidad, asesoramiento técnico, mejora en la transformación y comercialización de productos, etc, permite abordar la gestión a escala adecuada y desarrollar proyectos viables.

Limitaciones y advertencias

El consenso es alto sobre el manejo de biomasa y los paisajes en mosaico para reducir la severidad de incendios. Las quemadas prescritas cuentan con consenso técnico condicionado a diseño, condiciones meteorológicas seguras y equipos cualificados. Además, estas acciones deben ser compatibles con la conservación de la biodiversidad y la multifuncionalidad de ecosistemas y paisajes.

Evidencia científica y referencias

Dupuy, J.-L., Fargeon, H., Martin-StPaul, N., Pimont, F., Ruffault, J., Guijarro, M., Hernando, C., Madrigal, J., Fernandes, P. M., Roman-Cuesta, R. M., Linn, R., Clements, C., Simeoni, A., & Rigolot, E. (2020). Climate change impact on future wildfire danger and activity in southern Europe: A review. *Annals of Forest Science*, 77(2), 35. <https://doi.org/10.1007/s13595-020-00933-5>

European Commission. (2024). *European Climate Risk Assessment (EUCRA): Wildfire risk and Mediterranean Europe*. Publications Office of the European Union.

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Working Group II contribution (Europe; Terrestrial systems)*. IPCC.

Keeley, J. E., Bond, W. J., Bradstock, R. A., Pausas, J. G., & Rundel, P. W. (2012). *Fire in Mediterranean ecosystems: Ecology, evolution and management*. Cambridge University Press.

Moreira, F., Ascoli, D., Safford, H., Adams, M. A., Moreno, J. M., Pereira, J. M. C., Catry, F. X., Armesto, J., Bond, W., González, M. E., Koutsias, N., Rigolot, E., Stephens, S., Tavsanoğlu, Ç., Vallejo, V. R., Van Wilgen, B. W., Xanthopoulos, G., & Pausas, J. G. (2020). Wildfire management in Mediterranean-type



regions: Paradigm change needed. *Environmental Research Letters*, 15(1), 011001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab541e>

Pausas, J. G., & Fernández-Muñoz, S. (2012). Fire regime changes in the Western Mediterranean Basin: From fuel-limited to drought-driven fire regime. *Climatic Change*, 110(1–2), 215–226. <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0060-6>

Rivera-Ferre, M. G., López-i-Gelats, F., Howden, M., Smith, P., Morton, J. F., & Herrero, M. (2016). Re-framing the climate change debate in the livestock sector: Mitigation and adaptation options. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 7(6), 869–892. <https://doi.org/10.1002/wcc.421>

Ruiz-Mirazo, J., Robles, A. B., & González-Rebollar, J. L. (2011). Two-year evaluation of fuelbreaks grazed by livestock in the wildfire prevention program in Andalusia (Spain). *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 141(1–2), 13–22. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.02.002>

San-Miguel-Ayanz, J., Durrant, T., Boca, R., Maianti, P., Libertá, G., Artes Vivancos, T., D'Andria, E., Loffler, P., Nuijten, D., Leray, T., & others. (2019). *Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2018 (EUR 29856 EN)*. Publications Office of the European Union. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC117883>

Rosa M. Canals, Leire Múgica, María Durán, Leticia San Emeterio, *Restorative pyric herbivory practices in shrub-encroached grasslands enhance nutrient resource availability and spatial heterogeneity*, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Volume 372, 2024, 109072, ISSN 0167-8809, <https://doi.org/10.1016/j.agee.2024.109072>

Leire Múgica, Xavier Le Roux, Leticia San Emeterio, Amélie Cantarel, María Durán, Jonathan Gervais, Charline Creuzé des Châtelliers, Rosa M. Canals, *Pyric herbivory decreases soil denitrification despite increased nitrate availability in a temperate grassland*, *Journal of Environmental Management*, Volume 365, 2024, 121695, ISSN 0301-4797, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121695>

Chagnon, Catherine & Dumont, Sébastien & Morin-Bernard, Alexandre & Jactel, Hervé & Achim, Alexis & Moreau, Guillaume. (2025). Potential of thinning to increase forest resilience and resistance to drought, pest, windstorm and fire: A meta-analysis. *Forest Ecology and Management*. 590. 10.1016/j.foreco.2025.122788.

Herrera et al. (2020): Pastorear en tiempos de cambio. Plan de adaptación de la ganadería extensiva al cambio climático. *Livestock Farming and Climate Change: An In-Depth Approach*.

Serrano-Zulueta et al. (2024): A classification of pastoralism in Spain: understanding the past to address present challenges. *Nomadic Peoples* 28:242-274.

Ruiz Mirazo, Herrera et al. (2017): Definición y caracterización de la ganadería extensiva en España. Ministerio de Agricultura.

Mireia Llorente, Leticia C. Marín, Pedro M. Herrera, Julio Majadas y Hugo Majadas 2024. Pastorear en tiempos de cambio. Plan de Acción Estratégica para la adaptación de la ganadería extensiva al cambio climático. Documento de síntesis. Fundación Entretantos. Valladolid.

Proyecto Life Naturaleza Pastoreada, informes técnicos y Publicaciones.

Cuaderno 3 Entretantos: Gobernanza y participación en los comunes. Fundación Entretantos

Arroyo, L. & Sampedro, Y. (2020) Género, gobernanza y comunales a través de la mirada de las mujeres. Cuadernos Entretantos 9. Fundación Entretantos.



Rada Sereno, O, Sampedro Ortega, Y, Cadenas Fernandez, R, De la Fuente Valdivieso, A, Dominguez Riba, C, Turiño García, M.M., Velez Fraile, L, Espinosa Rincón, J.R., García Fernandez, J. Plan 42: Un programa integral para la prevención de incendios forestales. 2009, V Congreso Forestal Español.

1.a.9. Identificar y gestionar hábitats refugio contra incendios

Descripción de la propuesta

Los hábitats refugio contra incendios (o refugios de fuego) son zonas que, dentro de las afectadas por grandes incendios, permanecen no quemadas o menos afectadas de forma recurrente. Su existencia se debe a una mayor resistencia al fuego debido a factores como la composición y estructura vegetal, la humedad del suelo y/o la topografía. Estos espacios actúan como reservorios ecológicos, permitiendo la supervivencia, persistencia y recolonización de la fauna y la flora silvestre tras los incendios, y son fundamentales para mantener la conectividad ecológica y la funcionalidad de los ecosistemas.

En el contexto del cambio climático, donde se prevé un aumento de la frecuencia, intensidad y extensión de los incendios forestales, los refugios de fuego adquieren una importancia estratégica para la adaptación ecológica y la conservación de la biodiversidad. Es conveniente que su identificación y protección formen parte de la planificación forestal y paisajística, integrándose en los planes de gestión, mitigación y restauración posincendio.

La propuesta plantea el desarrollo de una base científica sólida para identificar, comprender y gestionar estos refugios, mediante estudios de campo sobre ecología del fuego, análisis de datos empíricos y técnicas avanzadas de modelización y cartografía. También se propone la creación de corredores ecológicos que conecten refugios persistentes, favoreciendo la movilidad de especies y la recuperación de ecosistemas.

Acciones clave:

1. Definición normativa de refugios de fuego y su función ecológica.
2. Cartografía y monitoreo de refugios mediante teledetección y estudios de campo.
3. Protección legal y gestión adaptativa de refugios de fuego.
4. Integración de refugios en planes de ordenación del territorio y restauración posincendio.
5. Creación de corredores ecológicos entre refugios.
6. Formación técnica y divulgación sobre su papel en la resiliencia ecológica.

Mecanismos de implementación:

1. Coordinación entre MITECO, comunidades autónomas y entidades de conservación.



2. Participación de la comunidad científica y ONG ambientales.
3. Financiación específica para estudio y gestión de refugios.
4. Articulación con políticas de adaptación al cambio climático y conservación de la biodiversidad.

Ámbito: Nacional, con especial atención a zonas forestales mediterráneas de alta exposición al fuego.

Sectores implicados: Medio ambiente, conservación de la biodiversidad, ordenación del territorio, cambio climático.

Actores clave: MITECO, comunidades autónomas, investigadores en ecología del fuego, ONG ambientales, técnicos forestales.

Limitaciones y advertencias

La evidencia científica en otras regiones mediterráneas es amplia mientras que en España es más limitada, lo que indica la necesidad de reforzar el conocimiento en torno a estas zonas singulares a nivel nacional. Por otro lado, cabe destacar que los refugios contra incendios no están exentos de riesgo de incendio, lo que debe ser tenido en cuenta de cara a su gestión y su conectividad en el paisaje.

Evidencia científica y referencias

La literatura científica subraya el papel fundamental de los refugios persistentes en la conservación de la fauna y la flora y la recuperación de ecosistemas tras grandes incendios, especialmente en contextos mediterráneos.

Arjan J H Meddens, Crystal A Kolden, James A Lutz, Alistair M S Smith, C Alina Cansler, John T Abatzoglou, Garrett W Meigs, William M Downing, Meg A Krawchuk, Fire Refugia: What Are They, and Why Do They Matter for Global Change?, *BioScience*, Volume 68, Issue 12, December 2018, Pages 944–954, <https://doi.org/10.1093/biosci/biy103>

Rojas, I. M., Jennings, M., Conlisk, E., Syphard, A. D., Mikesell, J., Kinoshita, A. M., West, K., Stow, D., Storey, E., De Guzman, M. E., Foote, D., Warneke, A., Pairs, A., Ryan, S., Flint, L. E., Flint, A. L. & Lewison, R. (2022). A landscape-scale framework to identify refugia from multiple stressors. *Conservation Biology*, 36, e13834. <https://doi.org/10.1111/cobi.13834>

Newman Thacker, F.E., Bartholomeus, H., Rosell Ibarz, M. et al. Characterising land cover—wildfire interactions in Catalonia and their implications for resilience. *fire ecol* 21, 31 (2025) <https://doi.org/10.1186/s42408-025-00372->

1.a.10. Establecer redes territoriales de semillas como infraestructuras estratégicas de resiliencia climática

Descripción de la propuesta



La capacidad de adaptación del medio rural frente al cambio climático depende en gran medida de la diversidad genética de cultivos y especies silvestres. Sin embargo, la homogeneización agrícola, la pérdida de variedades locales y el abandono del territorio han reducido esta base biológica, debilitando la resiliencia de los sistemas agroalimentarios y de los procesos de restauración ecológica. Esta propuesta plantea reconocer, reforzar y articular redes de semillas comunitarias y bancos de semillas locales como una infraestructura estratégica de adaptación climática, vinculada a biodistritos o ecorregiones, alineándose con la Estrategia de Biodiversidad UE 2030. Esta propuesta, complementa la propuesta 2.a.34 que contempla el uso de bancos de germoplasma locales y de variedades tradicionales, pero no desarrolla una infraestructura social y logística que ponga esa diversidad en circulación (de forma descentralizada, trazable y segura) asegurando que la diversidad genética no permanezca únicamente en bancos *ex situ*, sino que esté disponible en el territorio ante emergencias climáticas. Esta medida no sustituye la conservación genética ni mejora vegetal; las complementa con infraestructura social-territorial para movilización rápida y conservación en uso.

Estas redes permiten conservar, reproducir y movilizar semillas de variedades locales (*landraces*, entendidas como poblaciones cultivadas genéticamente diversas, adaptadas históricamente a condiciones ambientales y culturales específicas del territorio) y especies silvestres adaptadas a condiciones climáticas específicas, facilitando la recuperación de suelos, cultivos y paisajes tras eventos extremos como sequías, incendios o inundaciones.

Además de su función ecológica y productiva, las semillas constituyen un recurso clave para la educación ambiental, la transmisión de conocimiento ecológico tradicional y la cohesión social, contribuyendo a la recuperación y resiliencia comunitaria tras eventos climáticos extremos.

Acciones clave

1. Reconocimiento, creación y fortalecimiento de redes territoriales de semillas, integradas en biodistritos o ecorregiones, que incluyan bancos comunitarios, parcelas de conservación en campo y figuras de custodia de semillas.
2. Apoyo técnico y financiero a asociaciones de semillas y redes agroecológicas existentes, evitando duplicidades y priorizando capacidades locales.
3. Impulso de programas de mejora participativa de variedades, combinando conocimiento científico y selección campesina para aumentar la tolerancia a estrés hídrico, térmico y edáfico.
4. Crear parcelas de conservación en campo y figuras de custodia de semillas para mantener diversidad en uso.



5. Integración de semillas de especies silvestres y herbáceas autóctonas en estrategias de restauración ecológica y renaturalización posevento extremo.
6. Desarrollo de protocolos de emergencia climática que permitan activar rápidamente bancos de semillas locales para la recuperación productiva y ecológica tras eventos extremos.
7. Desarrollar e incorporación de programas educativos y de divulgación sobre biodiversidad cultivada y semillas en escuelas rurales, centros de formación agraria y procesos comunitarios.

Mecanismos de implementación

1. Coordinación entre MITECO, MAPA, Ministerio de Educación y comunidades autónomas.
2. Creación de un Nodo Nacional de Redes de Semillas coordinado por MITECO/MAPA.
3. Integración en planes de adaptación al cambio climático, estrategias de biodiversidad, agroecología y programas de desarrollo rural.
4. Financiación mediante PAC, fondos LIFE, Horizonte Europa y FEDER y programas de innovación social y educativa.
5. Gobernanza participativa con liderazgo local y criterios de equidad territorial.

Ámbito: Nacional, con prioridad en zonas rurales vulnerables al cambio climático y territorios con alto valor de biodiversidad agrícola y áreas afectadas por eventos extremos.

Sectores implicados: Agricultura, biodiversidad, educación, desarrollo rural, restauración ecológica, cambio climático.

Actores clave: Administraciones públicas, comunidades autonómicas y provinciales, redes de semillas, cooperativas agrarias, centros de investigación, universidades, escuelas agrarias, colegios, asociaciones rurales y comunidades locales.

Limitaciones y advertencias

La eficacia de estas redes requiere financiación estable, reconocimiento institucional y complementariedad con los sistemas formales de conservación genética. Es necesario evitar la apropiación privada de recursos genéticos y garantizar que la conservación ex situ se complemente con conservación viva y en uso. Es esencial garantizar protocolos de bioseguridad (plagas/patógenos en intercambios locales), trazabilidad y procedencia (todo lote debe llevar origen, viabilidad, sanidad y adecuación edafoclimática) para evitar riesgos fitosanitarios y biopiratería.



Evidencia científica y referencias

La literatura científica muestra que los bancos comunitarios de semillas y la mejora participativa incrementan la diversidad genética, mejoran la estabilidad productiva bajo condiciones climáticas variables y refuerzan la resiliencia territorial y social.

Ronnie Vernooy, Bhuwon Sthapit, Gloria Otieno, Pitambar Shrestha, Arnab Gupta (2017) The roles of community seed banks in climate change adaptation, *Development in Practice*, 27:3, 316-327, <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09614524.2017.1294653>

Nature-based Solutions Initiative. (s. f.). Participatory plant breeding, community-based seed banks and agroecology practices. University of Oxford. <https://casestudies.naturebasedsolutionsinitiative.org/casestudy/participatory-plant-breeding-community-based-seed-banks-and-agroecology-practices/>

Puneeth, G. M., Gowthami, R., Katral, A., Laxmisha, K. M., Vasudeva, R., Singh, G. P., Archak, S. (2024). On-farm crop diversity, conservation, importance and value: A case study of landraces from Western Ghats of Karnataka, India. *Nature Scientific Reports*, 14, 10712. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-61428-1>

Porcuna-Ferrer, A., Fiala, V., Freyer, B., van Etten, J., Vernooy, R., & Probst, L. (2020). Do community seed banks contribute to the social-ecological resilience of communities? A case-study from western Guatemala. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 18(3), 232–249. <https://doi.org/10.1080/14735903.2020.1747199>

Sthapit, B.; Padulosi, S.; Mal, M. (2010) Role of on-farm/In situ conservation and underutilized crops in the wake of climate change. *CGIAR*, n. p. 145-156 <https://cgspace.cgiar.org/items/7d10acbc-bd6d-4d68-b779-1b594c0b706d>

Vernooy, R.; Shrestha, P.; Sthapit, B. (eds) (2015) Community seed banks: origins, evolution and prospects. *Issues in Agricultural Biodiversity*. London (UK): Routledge 270 p. ISBN: 978-0-415-70806-0 <https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/9357aa73-02eb-405f-971c-f894a412c18f/content>.

Poudel, D.; Sthapit, B.; Shrestha, P. (2015) An Analysis of Social Seed Network and Its Contribution to On-Farm Conservation of Crop Genetic Diversity in Nepal, *Journal of Biodiversity*, Article 312621. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2015/312621>

Raggi, L., Pacicco, L. C., Caproni, L., Álvarez-Muñiz, C., Annamaa, K., Barata, A. M., Batir-Rusu, D., Díez, M. J., Heinonen, M., Holubec, V., Kell, S., Kutnjak, H., Maierhofer, H., Poulsen, G., Prohens, J., Ralli, P., Rocha, F., Rubio Teso, M. L., Sandru, D., Santamaria, P., Sensen, S., Shoemark, O., Soler, S., Străjeru, S., Thormann, I., Weibull, J., Maxted, N., & Negri, V. (2022). Analysis of landrace cultivation in Europe: A means to support in situ conservation of crop diversity. *Biological Conservation*, 267, 109460. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2022.109460>

Pacicco, L., Bodesmo, M., Torricelli, R., & Negri, V. (2018). A methodological approach to identify agrobiodiversity hotspots for priority in situ conservation of plant genetic resources. *PLoS ONE*, 13(6), e0197709. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0197709>

<https://prism.sustainability-directory.com/scenario/community-seed-banks-as-climate-adaptation-catalysts/>

Padulosi, S., Hodgkin, T., Williams, J. T., & Haq, N. (2002). Underutilized crops: Trends, challenges and opportunities in the 21st century. *International Journal of Biodiversity*, 2015, Article 312621. https://www.researchgate.net/publication/252795051_Underutilized_crops_trends_challenges_and_opportunities_in_the_21st_Century



Vernooy, R., & Sthapit, B., con Bessette, G. (2018). *Bancos comunitarios de semillas: concepto y práctica. Manual para el facilitador.* Bioversity International
<https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/64f93e68-d163-4946-8f46-55f64ef4a70a/content?utm>

1.a.11. Mejorar la monitorización de los impactos de los incendios forestales

Descripción de la propuesta

La propuesta busca mejorar la monitorización de los daños que ocasionan los incendios forestales, permitiendo orientar mejor las estrategias de prevención y extinción a partir de información cuantificada y más específica sobre sus impactos. Hasta ahora, la estrategia frente a los incendios forestales se ha basado en considerar cualquier incendio como negativo y, por tanto, en la necesidad de extinguirlo lo antes posible con todos los medios disponibles. Esta estrategia ha sido exitosa, pero los episodios recientes muestran que podría no ser suficiente en la situación actual.

La propuesta consiste en mejorar el modelo analítico con el que se cuantifican los daños totales ocasionados por los incendios forestales. Este marco debe basarse en la identificación de los tres componentes del riesgo (servicios expuestos, magnitud del peligro y susceptibilidad, y pérdida de capacidad de respuesta), que incidirán en la vulnerabilidad de los sistemas forestales ante el fuego. La evaluación de la severidad de los incendios ha de ser un factor clave en el protocolo de monitoreo después de grandes incendios forestales. Es conveniente, por tanto, un protocolo de análisis de severidad que sea rápido, eficaz y lo más sencillo posible. Igualmente, sería conveniente disponer de un protocolo de seguimiento de quemas controladas que permita evaluar su eficacia. Es recomendable que las estadísticas de incendios amplíen el foco e incluya, además del número de incendios y la superficie afectada, la severidad y los costes y oportunidades totales originados por los incendios forestales. La cuantificación debe incluir todos los servicios ecosistémicos que prestan los bosques y todas las afectaciones a la vida civil y a las personas, como evacuaciones o daños en infraestructuras. Solo con esta información será posible valorar adecuadamente los daños que se están evitando con los gastos en extinción y prevención, y conocer los beneficios reales obtenidos por cada euro invertido en la lucha contra el fuego.

La planificación territorial se apoya en el uso de tecnologías innovadoras desde hace décadas. La mejora de estas herramientas y el surgimiento de otras nuevas con funciones nuevas o mejores deben convertirse en una oportunidad para desarrollar instrumentos estratégicos de planificación territorial orientados a regular con mayor precisión la mitigación de los efectos de eventos extremos



asociados al cambio climático y promover la resiliencia del territorio. Distintas herramientas de análisis espacial geoestadístico permiten correlacionar transformaciones antrópicas del territorio con el incremento de la vulnerabilidad frente a inundaciones tipo DANA o incendios de 6ª generación, identificando en qué medida la acción humana incrementa dicha vulnerabilidad.

Se propone implementar instrumentos de planificación estratégica basados en datos estadísticos objetivos a nivel espacial, regulando normativamente los usos del suelo de manera corresponsable con los efectos incrementales del cambio climático.

Acciones clave:

1. Desarrollo de modelos geoestadísticos para correlacionar usos del suelo, antropización y vulnerabilidad frente a eventos extremos.
2. Integración de estos modelos en instrumentos normativos (Planes de Ordenación Territorial sectoriales, planes urbanísticos y forestales).
3. Aplicación de análisis espacial predictivo para anticipar riesgos de incendios de alta intensidad e inundaciones.
4. Incorporación de herramientas tecnológicas en gestión forestal, como:
 - Modelos jerárquicos de distribución de especies (sabinaNSDM) y plataformas interactivas (geoSABINA) para identificar especies vulnerables y planificar corredores ecológicos.
 - Teledetección y drones para seguimiento del estado forestal, detección temprana de riesgos y planificación dinámica.
 - Uso del vallado virtual para la gestión ganadera en entornos forestales o UIF.
5. Uso de imágenes satelitales para:
 - Monitorizar el carbono secuestrado en masas forestales y ambientes hidroturbosos.
 - Mejorar la fiabilidad de créditos de carbono mediante herramientas colaborativas (p. ej., proyecto FOREWAY y startup MOAI).

Mecanismos de implementación:

Ámbito: Nacional y regional (instrumentos de ordenación, POT sectoriales), con despliegue local en planes municipales y forestales.



Sectores: Ordenación del territorio/urbanismo, medio ambiente y biodiversidad, gestión forestal e incendios, agua e inundabilidad, ganadería extensiva, clima/MRV.

Actores clave: Administraciones: MITECO; comunidades autónomas (ordenación, emergencias, montes); confederaciones hidrográficas; entes locales. Ciencia/tecnología: universidades y OPI; centros Copernicus/EEA; startups (p. ej., MOAI) para analítica y plataformas.

Limitaciones y advertencias

Sería recomendable disponer de una hoja de ruta teniendo en cuenta una fase de evaluación y planificación; desarrollo de un marco político y legal; abordar los riesgos de efectos no deseados e implementar acciones para lograr los objetivos interconectados; monitoreo, evaluación y gestión adaptativa; intercambio de conocimientos y aprendizaje; y revisión y reevaluación.

Además, se identifican las siguientes cuestiones asociadas a la tecnología:

1. Riesgos metodológicos (correlaciones espurias, incertidumbre de modelos) y necesidad de estándares de evaluación/validación en evaluaciones de riesgo y planificación (marcos EUCRA/UNDRR).
2. Dependencia de datos y capacidades: calidad/actualización de coberturas, interoperabilidad y gobernanza de datos (Copernicus/CLMS, CEMS-RRM), y alineamiento con usos y custodios del suelo. Problemas éticos en la gestión de datos para algunas aplicaciones (ej., imágenes satelitales)
3. El empleo de vallados virtuales presenta ciertos beneficios respecto al vallado tradicional físico, pero es una práctica poco conocida actualmente y tiene un costo económico adicional.
4. Teledetección de combustibles y uso de drones: limitaciones por sensor/resolución, algoritmos y validación *in situ*; evitar “automatización” sin contraste de campo.
5. Créditos de carbono y teledetección: la integración satelital mejora el MRV pero exige cautelas en trazabilidad y verificación independiente.

Evidencia científica y referencias

La UE dispone de servicios operativos (Copernicus/EEA, CEMS-RRM, EFFIS/GWIS) para mapear peligros, exposición y vulnerabilidad y apoyar la planificación basada en riesgo. La geoestadística y la teledetección permiten



integrar datos multifuente en evaluaciones sistemáticas de riesgo (EUCRA/UNDRR). En gestión forestal, los modelos jerárquicos (H-SDM) y el paquete sabinaNSDM mejoran la transferibilidad y reducen truncamiento de nicho; geoSABINA integra capas para priorización y conectividad. La tecnología en extensivo (GPS/vallado virtual) y la teledetección/drones aportan indicadores para manejo adaptativo de combustibles, con evidencia creciente y consideraciones de bienestar y validación. La monitorización satelital del carbono está madura para uso regulatorio y verificación (L-VOD/observaciones CO/CO₂, apps europeas), reforzando la integridad de créditos.

Goicolea, T., Adde, A., Broennimann, O., García-Viñas, J. I., Gastón, A., José Aroca-Fernández, M., Guisan, A. and Mateo, R. G. 2024. Spatially-nested hierarchical species distribution models to overcome niche truncation in national-scale studies. – *Ecography* 2024: e07328. Q1 (D1).

Mateo, R. G., Morales-Barbero, J., Zarzo-Arias, A., Lima, H., Gómez-Rubio, V., & Goicolea, T. (2024). sabinaNSDM: An R package for spatially nested hierarchical species distribution modelling. *Methods in Ecology & Evolution*, 15(10). Q1 (D1).

Goicolea T, Morales-Barbero J, García-Viñas JI et al. geoSABINA: a unified plant ecology database for Spain, 31 January 2025, PREPRINT (Version 1) available at Research Square. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-5928444/v1>.

Lecina-Díaz, J., Martínez-Vilalta, J., Álvarez, A., Vayreda, J., & Retana, J. (2021). Assessing the Risk of Losing Forest Ecosystem Services Due to Wildfires. *Ecosystems*, 24(7), 1687-1701. <https://doi.org/10.1007/s10021-021-00611-1>

OECD (2025), *Governing with Artificial Intelligence: The State of Play and Way Forward in Core Government Functions*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/795de142-en>.

Marchegiani, S., Gislon, G., Marino, R., Caroprese, M., Albenzio, M., Pinchak, W. E.,... & Ceccobelli, S. (2025). Smart technologies for sustainable pasture-based ruminant systems: A review. *Smart Agricultural Technology*, 100789. Q1 (D1).

Visave, J., 2025. Transparency in AI for emergency management: building trust and accountability. *AI and Ethics* 2025 5, 3967–3980. <https://doi.org/10.1007/S43681-025-00692-X>. Q2.

Castellet-Viciano, L., Hernández-Chover, V., & Hernández-Sancho, F. (2024). The economic and environmental impact of fire preventive strategies in the Mediterranean region. *Journal of Environmental Management*, 371, 123095. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.123095>

Meier, S., Elliott, R., & Strobl, E. (2023). The regional economic impact of wildfires: Evidence from Southern Europe. *Journal of Environmental Economics and Management*, 118, 102787. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2023.102787>

Oliveras Menor, I., Prat-Guitart, N., Spadoni, G.L. et al. Integrated fire management as an adaptation and mitigation strategy to altered fire regimes. *Commun Earth Environ* 6, 202 (2025). <https://doi.org/10.1038/s43247-025-02165-9>

Vigna, I., Battisti, L., Ascoli, D., Besana, A., Pezzoli, A., & Comino, E. (2024). Integrating cultural ecosystem services in wildfire risk assessment. *Landscape and Urban Planning*, 243, 104977. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2023.104977>



Chuvieco, E., Yebra, M., Martino, S., Thonicke, K., Gómez-Giménez, M., San-Miguel, J. et al., 2023. Towards an Integrated Approach to Wildfire Risk Assessment: When, Where, What and How May the Landscapes Burn. *Fire*, 6(5): 215. <https://doi.org/10.3390/fire6050215>

Chuvieco, E., Aguado, I., Yebra, M., Nieto, H., Salas, J., Martín, M. P., ... & Zamora, R. (2010). Development of a framework for fire risk assessment using remote sensing and geographic information system technologies. *Ecological modelling*, 221(1), 46-58. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2008.11.017>

Proyecto AMUVAM (Analytic. Multicriteria Valuation Method). Nuevo método de valoración económica de activos ambientales. Aznar Bellver, J. (2011). AMUVAM. <https://riunet.upv.es/handle/10251/9754>

Proyecto GUARDIAN (UIA03-338). Urban Innovative Actions, European Union.

Ruiz, E., 1997. Pérdidas en beneficios ambientales por los incendios forestales en España, II Congreso Forestal Español.

Barrio, M., Loureiro, M. y Chas, M.L., 2007. Aproximación a las pérdidas económicas ocasionadas a corto plazo por los incendios forestales en Galicia en 2006. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 7(14): 45-64.

Castilla-La Mancha INFOCAM, 2017. Plan de emergencia por riesgo de incendios forestales de Castilla-La Mancha, Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.

1.a.12. Crear un servicio nacional de información climática para incendios forestales

Descripción de la propuesta

Actualmente la prevención del riesgo de incendios forestales en España se basa en el modelo “*Canadian Forest Fire Weather (FWI) System*”. Este modelo, requiere del conocimiento de diversas variables ambientales, relacionadas con la masa y la humedad de la materia combustible vegetal. Conocer los valores de las variables en tiempo casi real y con gran resolución espacial es un problema complejo que aún no ha sido resuelto y que, en muchos, casos necesita ser adaptado a las condiciones locales de la zona de aplicación.

La evolución de los sensores y las técnicas de teledetección, así como de aprendizaje profundo, demuestra que es posible utilizar imágenes multiespectrales para la obtención de índices relacionados con las variables de composición vegetal del suelo y su contenido de humedad. Esta capacidad fundamental permite no solo segmentar zonas de interés y clasificarlas en función de su contribución a parámetros cruciales como el FWI, sino que también sienta las bases para una toma de decisiones preventiva.

Se propone desplegar a escala nacional un servicio operativo de riesgo y anticipación climática para incendios forestales, basado en la integración de datos geoespaciales, modelos predictivos y sistemas de alerta temprana. Este



servicio permitirá emitir boletines semanales y mensuales con mapas de peligro, ventanas de oportunidad para tratamientos preventivos (como quemas prescritas o tratamientos mecánicos) y alertas de sincronización de condiciones extremas.

El sistema combinará:

1. Aplicación de las herramientas predictivas que combinan datos climáticos, inventarios forestales y modelado basado en procesos de la vegetación para monitorizar y predecir las sequías con alta resolución.
2. Predicciones estacionales híbridas de anomalías de área quemada, integrando pronósticos dinámicos con modelos clima-fuego.
3. Modelos ecológicos y climáticos validados en entornos mediterráneos.
4. Herramientas predictivas como geoSABINA y sabinansdm, que permiten identificar zonas prioritarias de gestión y evaluar el riesgo espacial de incendios.
5. Sistemas de Información Geográfica (SIG) para integrar variables territoriales (tipo y carga de combustible, pendiente, orientación, viento, uso del suelo, infraestructuras críticas) y generar mapas de comportamiento potencial del fuego mediante simulaciones basadas en el modelo de Rothermel (1972), como BehavePlus o FlamMap.

Este servicio facilitará la coordinación entre comunidades autónomas, AEMET y Protección Civil, promoviendo una planificación operativa adaptativa y proactiva. Además, permitirá integrar indicadores climáticos en los planes de prevención y aprovechamiento forestal, programando actuaciones en las ventanas óptimas de seguridad y eficiencia.

Mecanismos de implementación:

1. Creación de una unidad técnica interinstitucional para el desarrollo y mantenimiento del sistema.
2. Definición de líneas base y umbrales operativos consensuados entre administraciones.
3. Formación técnica para el uso de herramientas SIG y modelos predictivos en la planificación local.
4. Publicación periódica de boletines y mapas accesibles para gestores públicos y ciudadanía.

Ámbito: Nacional, con aplicación prioritaria en zonas de interfaz urbano-forestal, áreas rurales vulnerables y territorios con alta recurrencia de incendios.



Sectores implicados: Meteorología, protección civil, medio ambiente, silvicultura, ordenación territorial, agricultura.

Actores clave: AEMET, MITECO, Protección Civil, comunidades autónomas, ayuntamientos, universidades, centros de investigación, servicios de emergencias forestales.

Limitaciones y advertencias

La eficacia del sistema depende de la calidad, resolución, actualización y gestión de los datos geoespaciales, así como de la capacidad institucional para interpretar y aplicar la información en la toma de decisiones. Es necesario garantizar la interoperabilidad entre plataformas, la integración de distintos tipos de datos, la formación técnica de los equipos gestores y la adopción homogénea de protocolos entre territorios. Se recomienda que la planificación sea flexible y adaptativa, evitando rigideces que limiten la respuesta ante condiciones cambiantes. Persisten limitaciones técnicas por nubosidad, topografía y cobertura forestal densa, que reducen la precisión de la teledetección. Los sistemas de IA y aprendizaje profundo requieren grandes volúmenes de datos validados, y su interpretación puede verse afectada por sesgos algorítmicos o falta de calibración regional. Además, el mantenimiento de sensores, la interoperabilidad entre plataformas y la formación del personal técnico son factores críticos para garantizar su eficacia y sostenibilidad operativa.

Evidencia científica y referencias

La propuesta se basa en herramientas validadas y modelos predictivos con alta capacidad operativa en entornos mediterráneos.

Miguel Ángel Torres-Vázquez, Amar Halifa-Marín, Juan Pedro Montávez, Marco Turco, High resolution monitoring and probabilistic prediction of meteorological drought in a Mediterranean environment, *Weather and Climate Extremes*, Volume 40, 2023, 100558, ISSN 2212-0947, <https://doi.org/10.1016/j.wace.2023.100558>

Torres-Vázquez, M.Á., Herrera, S., Gincheva, A. et al. Enhancing seasonal fire predictions with hybrid dynamical and random forest models. *npj Nat. Hazards* 2, 20 (2025). <https://doi.org/10.1038/s44304-025-00069-4>

Bastias, Cristina C., Vega-Rosete, Sonia., Villar, Rafael., Hernández-Clemente, Rocío. 2025. Capacidad de sumidero de carbono de las Reservas de la Biosfera Españolas. OAPN. Madrid, pp 195. ISBN 978-84-8014-687-6

Rothermel, R.C. (1972). *A Mathematical Model for Predicting Fire Spread in Wildland Fuels*. USDA Forest Service.



Finney, M.A. (2006). *An overview of FlamMap fire modeling capabilities*. USDA Forest Service.

Chuvieco et al. (2010). *Environmental Monitoring and Assessment*. Cartografía de riesgo de incendios en España.

geoSABINA y sabinaNSDM: Herramientas desarrolladas en el marco de proyectos nacionales

Ben-Dor, E., Inbar, Y., & Chen, Y. (1997). The reflectance spectra of organic matter in the visible near-infrared and short wave infrared region (400–2500 nm) during a controlled decomposition process. *Remote sensing of Environment*, 61(1), 1-15.

Franklin, J., Duncan, J., Huete, A. R., Van Leeuwen, W. J. D., Li, X., & Bégué, A. (1994). Radiative transfer in shrub savanna sites in Niger: preliminary results from HAPEX-Sahel. 1. Modelling surface reflectance using a geometric-optical approach. *Agricultural and forest meteorology*, 69(3-4), 223-245.

Ghali, R., & Akhloufi, M. A. (2023). Deep Learning Approaches for Wildland Fires Using Satellite Remote Sensing Data: Detection, Mapping, and Prediction. *Fire*, 6(5), 192. Hu, X., Ban, Y., & Nascetti, A. (2021). Uni-Temporal Multispectral Imagery for Burned Area Mapping with Deep Learning. *Remote Sensing*, 13(8), 1509.

Nagler, P. L., Daughtry, C. S. T., & Goward, S. N. (2000). Plant litter and soil reflectance. *Remote Sensing of Environment*, 71(2), 207-215. Nuzzo, A., Buurman, P., Cozzolino, V., Spaccini, R., & Piccolo, A. (2020). Infrared spectra of soil organic matter under a primary vegetation sequence. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 7, 1-12.

Shenk, J. S., Westerhaus, M. O., & Hoover, M. R. (1979). Analysis of forages by infrared reflectance. *Journal of Dairy Science*, 62(5), 807-812

1.a.13. Mejorar los indicadores de incendios forestales en todas sus dimensiones (peligro, exposición y vulnerabilidad).

Descripción de la propuesta

La medida del éxito en prevención y gestión de incendios no puede seguir basándose únicamente en la reducción del área quemada anual, un indicador que resulta engañoso en sistemas donde el fuego cumple funciones ecológicas esenciales y donde los incendios extremos son inevitables bajo condiciones climáticas severas. Es conveniente evolucionar hacia un marco de evaluación que priorice los daños evitados y los beneficios alcanzados mediante la gestión, considerando la reducción del riesgo para las personas y los bienes, la mejora de la resiliencia de los ecosistemas, la conservación de la biodiversidad y la mitigación de emisiones. Este nuevo enfoque implica incorporar indicadores multidimensionales que integren componentes ecológicos, sociales y económicos: vidas humanas salvadas, infraestructuras protegidas, carbono retenido, suelos conservados, o restauración funcional de hábitats tras incendios controlados. El objetivo de los indicadores es reflejar también los efectos positivos de las políticas activas, por ejemplo, la creación de paisajes más heterogéneos y menos vulnerables, o el uso planificado del fuego como



herramienta de prevención y restauración. Adoptar esta perspectiva significa pasar de una gestión reactiva y basada en la supresión a una gobernanza del fuego basada en resultados sociales y ecológicos tangibles, alineada con los objetivos de adaptación y mitigación frente al cambio climático.

El Tribunal de Cuentas de la UE publicó un informe (16/2025) señalando algunas carencias en el criterio de asignación y posterior seguimiento de los trabajos preventivos cofinanciados por la UE en el periodo 2014-2022, siendo España uno de los 4 países estudiados. España ya cuenta con una importante base de datos estatal de incendios forestales. Sin embargo, ni la AGE ni las CCAA hacen evaluación de sus políticas públicas en materia de incendios. El Plan Forestal Español, por ejemplo, para el seguimiento de las inversiones en materia de incendios forestales señala sólo 2 indicadores, el número de incendios y la superficie quemada. La EGIF junto con bases de datos forestales (IFN, MFE) y nuevas fuentes de datos (imágenes satelitales, EFFIS-Copernicus, informes técnicos de extinción de incendios) podrían conjugarse para atender nuevas demandas de información (Ley 7/2022). Se podrían consensuar indicadores comunes entre las CCAA y el Estado que permitieran seguir con más detalle la evolución de los incendios, así como el desempeño y la efectividad de las políticas públicas en materia de prevención, extinción y restauración. Para una mejora en la gestión del fuego, los incendios deben usar el marco conceptual de riesgo. El riesgo emerge como consecuencia de la interacción entre tres componentes: el peligro, la exposición y la vulnerabilidad. En el caso del fuego, el peligro viene dado por la meteorología y climatología favorable para la ignición y propagación del fuego, la vegetación (esto es, el combustible) y las igniciones. Para una zona dada, esto resulta en incendios que varían en su probabilidad de ocurrencia e intensidad. La exposición se refiere a todos los elementos que pueden ser afectados por el fuego, lo que incluye a la vegetación, bienes, infraestructuras, personas, incluyendo a las que pueden ser afectadas por el humo. Por vulnerabilidad nos referimos a la condición intrínseca de ser más o menos susceptible de ser negativamente afectado por el fuego. Este marco permite calcular las consecuencias del fuego, estableciendo las bases para cuantificarlas.

Acciones clave:

1. Creación de un grupo de expertos interdisciplinar para, entre otras funciones, la identificación de los nuevos indicadores.
2. Definición clara de los nuevos indicadores y del sistema de medición y monitorización.



Monitorización y evaluación continua de los nuevos indicadores en busca de mejoras

Limitaciones y advertencias

1. No existe una autoridad técnica o comisión interadministrativa estable encargada de armonizar los indicadores y mantenerlos actualizados.
2. Los procesos de definición, validación y adopción de indicadores comunes pueden tardar años, lo que dificulta su aplicación a corto plazo.
3. La falta de coordinación entre la AGE y las CCAA puede dificultar la adopción de indicadores comunes y la evaluación integrada de políticas públicas.
4. Aunque existen múltiples fuentes de datos (EGIF, IFN, MFE, Copernicus), su integración requiere estándares técnicos y metodológicos que aún no están definidos.
5. La implementación de nuevos indicadores requeriría personal técnico capacitado en análisis multivariable, teledetección y modelización, lo que puede no estar disponible en todas las administraciones.
6. Limitación de uso de datos de satelitales y de sensores remotos requiere políticas claras de acceso, tratamiento y propiedad de los datos (especialmente cuando intervienen organismos europeos o privados).

Evidencia científica y referencias

Mario Colonico, Antonio Tomao, Davide Ascoli, Piermaria Corona, Francesco Giannino, Jose V. Moris, Raoul Romano, Luca Salvati, Anna Barbati, Rural development funding and wildfire prevention: Evidences of spatial mismatches with fire activity, *Land Use Policy*, Volume 117, 2022, 106079, ISSN 0264-8377, <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106079>

Thompson, M., Lauer, C., Calkin, D., Rieck, J., Stonesifer, C., & Hand, M. (2018). Wildfire Response Performance Measurement: Current and Future Directions. *Fire*. <https://doi.org/10.3390/FIRE1020021>.

Thompson, M., O'Connor, C., Gannon, B., Caggiano, M., Dunn, C., Schultz, C., Calkin, D., Pietruszka, B., Greiner, S., Stratton, R., & Morissette, J. (2022). Potential operational delineations: new horizons for proactive, risk-informed strategic land and fire management. *Fire Ecology*, 18, 1-20. <https://doi.org/10.1186/s42408-022-00139-2>. Casartelli V, Mysiak J (2023). Union Civil Protection Mechanism - Peer Review Programme for disaster risk management: Wildfire Peer Review Assessment Framework (Wildfire PRAF). <https://doi.org/10.25424/CMCC-6A3V-5G64>

Haslem, A., Radford, J. Q., Bennett, A. F., Watson, S. J., Chick, M. P., Huang, J., & Clarke, M. F. (2024). Measuring the ecological outcomes of fire: metrics to guide fire management. *Fire Ecology*, 20(1), 99. <https://doi.org/10.1186/s42408-024-00333-4>

Oom, D., de Rigo, D., Pfeiffer, H., Branco, A., Ferrari, D., Grecchi, R., Artés-Vivancos, T., Houston Durrant, T., Boca, R., Maianti, P., Libertá, G., San-Miguel-Ayanz, J., et al. (2022). Pan-European wildfire risk assessment, EUR 31160 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg. <https://dx.doi.org/10.2760/9429>



1.a.14. Incorporar la tecnología LiDAR como herramienta estratégica para la monitorización y gestión agroforestal

Descripción de la propuesta

A diferencia de los sensores ópticos, el LiDAR genera información planimétrica y altimétrica, tanto de copas de los árboles, del terreno, como de la de vegetación intermedia. Esta capacidad para penetrar a través de la vegetación del LiDAR, permitiendo modelizar y caracterizar la estructura de bosques y otros ecosistemas, contribuye a la mejora en la lucha contra el cambio climático, los incendios forestales, la explotación forestal, los balances de CO₂ o la deforestación. El grado de modelización con una densidad adecuada posibilita asimilar la forma individual de los árboles a una figura geométrica concreta (cono, cilindro, elipsoide...), facilitando la cuantificación de la biomasa existente, aunque en casos de vegetación densa este aspecto queda limitado.

Un vuelo LiDAR de alta densidad permite generar modelos de altura de copa (CHM), densidad de combustible y continuidad horizontal/vertical del dosel, además de pendientes, orientaciones y red de accesos a partir de los modelos digitales del terreno y modelos digitales de superficie (MDT/MDS); con ello se podría disponer de un instrumento para la determinación de clases de combustible, franjas y discontinuidades. Se puedan priorizar clareos, aclareos y fajas auxiliares, verificar la accesibilidad de medios y evaluar el riesgo estructural por tipología de masa y carga, integrando todo en capas interoperables para planificación y silvicultura preventiva.

Contribuyen a la determinación de biomasa, estructura de copa, se identifican miden cambios multitemporales (antes/después de eventos climáticos extremos) y se facilita la delimitación de intervenciones (pastoreo dirigido, agrosilvicultura, restauración) para disponer de sistemas de monitorización, reporte y verificación.

Los datos LiDAR de alta densidad contribuyen al estudio y detección temprana de los peligros naturales ligados a la dinámica terrestre superficial que provoca los deslizamientos de laderas. Las aplicaciones principales en este campo del LiDAR son la generación de mapas de susceptibilidad de movimientos de laderas, donde la pendiente del terreno, entre otros, es un importante factor a cuantificar, mapas de peligrosidad de laderas y estudios de almacenamiento geológico de CO₂.

Actualmente, se emplea en España y en otros países como EE.UU., Francia, Suiza, Canadá, Finlandia y Noruega (Fassnacht et al., 2024).

Algunos de los principales estudios que se realizan en este ámbito son:



- Modelados de incendios: junto a otros parámetros, permite simulación de incendios forestales y tomar medidas preventivas
- Obtención de variables de interés forestal y cuantificación de biomasa
- Inventario Forestal Nacional
- Cartografía de Fracción de Cobertura
- Seguimiento de la evolución de los ecosistemas forestales
- Cálculo y seguimiento del balance, fijación y huella de carbono (estudios de almacenamiento geológico de CO₂)
- Estimación del Coeficiente de Subvencionabilidad de Pastos
- Generación de mapas de susceptibilidad de movimientos de laderas

Limitaciones y advertencias

- En combinación con otras tecnologías aumenta considerablemente su efectividad en cuanto a precisión y predicción.
- Las condiciones atmosféricas adversas pueden afectar a la calidad de los datos. Puede resultar menos precisa y eficiente en áreas de alta densidad de vegetación (por ejemplo, dificultando la visualización individual de árboles), para movimientos de subpíxeles, monitoreo en tiempo real o trabajos a gran escala.
- En algunos casos se han observado imprecisiones por diferencias en el escalado de distintas metodologías.
- Presentan un elevado costo económico y de tiempo, así como gran complejidad de los datos.
- Se necesitan datos abiertos sobre el cambio y la dinámica de los bosques, enfoques estandarizados y mejores prácticas que faciliten el modelado.

Entre los principales usuarios en este ámbito podemos destacar la Dirección General de Biodiversidad, Bosques y Desertificación; Oficina Española de Cambio Climático; Organismo Autónomo de Parques Nacionales.

Evidencia científica y referencias

Andersen, H. E., McGaughey, R. J., & Reutebuch, S. E. (2005). Estimating forest canopy fuel parameters using LIDAR data. *Remote sensing of Environment*, 94(4), 441-449.

Dassot, M., Constant, T., & Fournier, M. (2011). The use of terrestrial LiDAR technology in forest science: application fields, benefits and challenges. *Annals of Forest Science*, 68, 959-974. <https://doi.org/10.1007/s13595-011-0102-2>.

Coops, N. C., Tompalski, P., Goodbody, T. R., Queinnec, M., Luther, J. E., Bolton, D. K., ... & Hermosilla, T. (2021). Modelling LiDAR-derived estimates of forest attributes over space and time: A review of approaches and future trends. *Remote Sensing of Environment*, 260, 112477.

Dubayah, R., & Drake, J. (2000). LiDAR Remote Sensing for Forestry. *Journal of Forestry*. <https://doi.org/10.1093/jof/98.6.44>.



Fassnacht, F. E., White, J. C., Wulder, M. A., & Næsset, E. (2024). Remote sensing in forestry: current challenges, considerations and directions. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 97(1), 11-37.

Lydic, C., 2025, The 3D Elevation Program—Supporting New Mexico’s economy: U.S. Geological Survey Fact Sheet 2025–3014, 2 p., <https://doi.org/10.3133/fs20253014>.

Maeda, E. E., Brede, B., Calders, K., Disney, M., Herold, M., Lines, E. R., ... & Terry, L. (2025). Expanding forest research with terrestrial LiDAR technology. *Nature Communications*, 16(1), 8853.

National Enhanced Elevation Assessment; U.S. Geological Survey, U.S. Department of the Interior. <https://www.usgs.gov/3d-elevation-program/national-enhanced-elevation-assessment>. Accessed: 04 Dec 2025.

Papadopoulou, E. E., & Papakonstantinou, A. (2024). Combining Drone LiDAR and Virtual Reality Geovisualizations towards a Cartographic Approach to Visualize Flooding Scenarios. *Drones*, 8(8), 398. <https://doi.org/10.3390/drones8080398>

Ritmiller, C., (2025). The 3D Elevation Program—Supporting Utah’s economy: U.S. Geological Survey Fact Sheet 2025–3004, 2 p., <https://doi.org/10.3133/fs20253004>.

Xu, D., Wang, H., Xu, W., Luan, Z., & Xu, X. (2021). LiDAR Applications to Estimate Forest Biomass at Individual Tree Scale: Opportunities, Challenges and Future Perspectives. *Forests*, 12, 550. <https://doi.org/10.3390/f12050550>.

Zolkos, S. G., Goetz, S. J., & Dubayah, R. (2013). A meta-analysis of terrestrial aboveground biomass estimation using LiDAR remote sensing. *Remote sensing of environment*, 128, 289-298.

b. RESPUESTA

1.b.1. Actualización de la norma UNE 23530:2021 sobre retardantes de largo plazo para incendios forestales

Descripción de la propuesta

El uso de retardantes de llama de largo plazo constituye una herramienta esencial en las estrategias de extinción de incendios forestales a nivel mundial. Sustancias como polifosfato de amonio han demostrado mejorar significativamente la capacidad extintora del agua sin generar riesgos relevantes para la salud humana ni para el medio ambiente.

No obstante, el rápido avance tecnológico y el elevado número de innovaciones y patentes registradas en los últimos años en este ámbito han provocado que la norma UNE 23530:2021, relativa a los procedimientos de clasificación y control de calidad de estos materiales, quedara obsoleta en un corto periodo, siendo reemplazada por la UNE 23530:2023.

Ante esta dinámica de innovación constante, se considera fundamental promover una nueva actualización de la norma, que permita incorporar los



últimos desarrollos científicos y técnicos relativos a los retardantes de corto y largo plazo empleados en incendios forestales.

Esta revisión debería abordar, entre otros aspectos la redefinición de los productos retardantes y sus categorías, los requisitos mínimos de eficacia en ensayos de campo, las concentraciones recomendadas, así como su desempeño frente a distintos tipos de combustibles forestales.

Limitaciones y advertencias

La UNE es el Organismo de Normalización en España, designado por el Ministerio de Economía, Industria y Competitividad. Es un organismo independiente, pero el Ministerio de Industria y Turismo podría usar los canales habilitados a tal efecto para promover la revisión periódica y participativa de esta norma.

Evidencia científica y referencias

Patentes y control de incendios forestales. Oficina Estatal de Patentes y Marcas e Instituto Nacional de la Propiedad Intelectual (2022). https://www.oepm.es/export/sites/portal/comun/documentos_relacionados/PDF/Patentes_y_control_de_incendios_forestales.pdf

UNE2350:2021. Retardantes de largo plazo para incendios forestales: procedimientos para la clasificación y control de calidad de los materiales. <https://en.tienda.aenor.com/norma-une-23530-2021-n0067487>

UNE 23530:2023. Retardantes de largo plazo para incendios forestales: procedimientos para la calificación y control de calidad de los materiales. <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0071881>

1.b.2. Mejorar la formación y la respuesta del dispositivo a eventos extremos de simultaneidad que generen un colapso del sistema de protección civil

Descripción de la propuesta

Para fortalecer la capacidad de respuesta ante incendios simultáneos y extremos, es esencial una estrategia dual que combine el fortalecimiento del operativo profesional con la integración del capital humano y el conocimiento local. En primer lugar, es crucial articular mecanismos de colaboración entre administraciones para que los municipios, especialmente aquellos con menos recursos, puedan desarrollar e implementar efectivamente sus Planes de Autoprotección. Estos planes, que incluyen la gestión perimetral de combustibles, protocolos de evacuación y la realización de simulacros, se ven reforzados mediante la capacitación de agrupaciones vecinales. La formación de voluntarios locales para labores de prevención y apoyo en extinción permite aprovechar un conocimiento del territorio—como rutas de acceso o puntos de



agua—que es invaluable durante una emergencia, siguiendo el ejemplo de modelos de éxito como los bomberos voluntarios en España y Portugal. Paralelamente, es imperativo modernizar la respuesta operativa mediante una mayor coordinación, tecnología y formación especializada. Esto implica la creación de un sistema de formación y certificación a nivel nacional para las emergencias por incendio forestales, lo que mejoraría la interoperabilidad de las distintas organizaciones nacionales, de comunidades autónomas y locales que responden y operan en una emergencia por incendios forestal. Además, es conveniente realizar simulacros interadministrativos con comunidades autónomas limítrofes y cooperación transfronteriza, así como el despliegue de sistemas avanzados de prealerta y predicción del comportamiento del fuego.

La integración de tecnologías como drones y microsátélites permitirá un seguimiento en tiempo real de los frentes de llama, mientras que las redes de sensores de bajo coste facilitarán el monitoreo de variables meteorológicas y de calidad del aire, además de proteger la salud de los equipos de extinción mediante sensores integrados en sus equipos de protección individual. Cabe destacar que todas estas mejoras tecnológicas deben ir acompañadas de la capacidad de interpretar los datos que ofrecen. Es por ello que se recomienda crear unidades especializadas de técnicos (Analistas de incendios forestales) que sepan interpretar y emplear los resultados aportados por la tecnología en el proceso de toma de decisiones. Un simulador de incendios vale tanto como la persona que lo interpreta y conoce las limitaciones tecnológicas detrás del modelo. El avance en tecnología debe ir siempre acompañado de conocimiento experto que sepa usarla e interpretarla.

Esto implica la realización de simulacros interadministrativos con comunidades autónomas limítrofes y cooperación transfronteriza, así como el despliegue de sistemas avanzados de prealerta y predicción del comportamiento del fuego.

Acciones clave:

- 1) Mejorar la formación y coordinación, a través de la creación de un marco de formación y certificación común a nivel nacional, liderado por la Escuela Nacional de Protección Civil. Sobre todo, para la escala de mando intermedios y superiores, que es donde se necesita mayor capacidad interoperativa. Se realizarán simulacros interadministrativos con la participación de CCAA limítrofes y con Portugal y Francia en el caso de comunidades fronterizas.
- 2) Crear equipos especializados de analistas de incendios que anticipen el peligro de incendios a nivel nacional, capaces de interpretar y emplear los resultados aportados por la tecnología en el proceso de toma de decisiones.



- 3) Establecer sistemas de prealerta del riesgo de incendios, de predicción de comportamiento del fuego y manejo de humos que implique sistemas complejos de interacción vegetación-suelo-atmosfera. Se recomienda que estos sistemas sean comunes a nivel nacional, actualmente existen distintos métodos para identificar el peligro, pero al depender de las Comunidades Autónomas son muy diversos y no miden el peligro de la misma manera, por lo tanto, hay mucha variabilidad.
- 4) Incorporar sistemas no tripulados (microsatélites, drones) que permitan el posicionamiento horario de los frentes de llama durante eventos extremos.
- 5) Desarrollar redes de sensores de bajo coste que permitan desplegar en poco tiempo una red de monitoreo in situ del incendio de variables meteorológicas y de calidad del aire, así como alojados en los EPI para la monitorización de los dispositivos de extinción (exposición a humos y gases nocivos).
- 6) Establecer puntos de agua para la extinción de incendios en zonas cartografiadas como de vulnerabilidad alta, construcción de puntos de agua para extinción de incendios mediante la coordinación con las Confederaciones Hidrográficas y equivalentes autonómicos.

Limitaciones y advertencias

Aunque existe consenso sobre la necesidad de incrementar la gestión del paisaje, persiste la incertidumbre sobre el nivel óptimo requerido (Valente et al., 2015). La efectividad está sujeta a la disponibilidad de financiación continua y a la compleja coordinación interadministrativa. También depende de la calidad de los sensores que, en algunos casos, como los de bajo coste, pueden limitarse a ofrecer mediciones orientativas. Además, la capacitación de voluntarios y la implementación tecnológica requieren tiempo y recursos para ser operativas. Finalmente, ninguna medida elimina por completo el riesgo en condiciones meteorológicas extremas, que pueden superar la capacidad de respuesta.

Evidencia científica y referencias

Valente, S., Coelho, C., Ribeiro, C., Liniger, H-P., Schwilch G., Figueiredo, E., Bachmann, F. 2015. How much management is enough? Stakeholder views on forest management in fire-prone areas in central Portugal. *Forest Policy and Economics* 53, 1–11. DOI: 10.1016/j.forpol.2015.01.003

Navarro, F., Calderón, C., Sapiña, G. 2015. Infraestructuras de prevención de incendios forestales. manual de ingeniería. Norma técnica. Puntos de agua. REE-Generalitat valenciana.

Castellnou, M.; Miralles, M.; Nebot, E., Estivill, L. (2021). Guidelines of fire analyst competencies and skills. AFAN Project. <https://dsp.interior.gencat.cat/handle/20.500.14007/2957#page=1>



c. RECUPERACIÓN

1.c.1. Incorporar la regeneración natural como estrategia para la restauración forestal

Descripción de la propuesta

La regeneración natural, entendida como el proceso espontáneo de recolonización vegetal tras una perturbación, ofrece una alternativa eficaz y coste-efectiva frente a la reforestación convencional. En los montes mediterráneos, donde el abandono forestal y la baja rentabilidad de los productos madereros y no madereros incrementan el riesgo de incendios y la pérdida de servicios ecosistémicos, esta propuesta plantea incorporar la regeneración natural como eje estratégico en la política forestal nacional.

Cualquier restauración debe basarse en un sistema de priorización que se adapte a cada contexto y situación, y que combine parámetros críticos como el potencial de regeneración, de erosión del suelo, de regeneración vegetal, el historial de incendios (severidad y recurrencia) y las condiciones topográficas, permitiendo asignar recursos según la resiliencia ecológica de cada sitio. Este enfoque permite optimizar los recursos financieros y aplicar medidas diferenciadas según la intensidad de los daños.

Se propone complementar la regeneración natural con técnicas como la nucleación asistida, que establece núcleos de especies nativas en patrones agrupados, fomentando la recolonización progresiva y reduciendo la necesidad de plantaciones extensivas. Además, se subraya la necesidad de evitar el abandono forestal, que conlleva acumulación de biomasa y pérdida de servicios ecosistémicos esenciales, de promover la perspectiva de paisajes en mosaico y de favorecer las variedades tradicionales. Otra vía para apoyar la regeneración natural consiste en la gestión de los dispersores. Cuando la fuente de semillas no está cerca, existen técnicas para dirigir a los dispersores a la zona deseada. Y esto es especialmente interesante no solo después del fuego, sino también antes, para aumentar las especies rebrotadoras, y por tanto la resiliencia.

Desde una perspectiva de coste-efectividad, la regeneración natural facilitada implica menores costes y mayores beneficios sociales que la reforestación convencional, reforzando la resiliencia climática y la provisión de múltiples servicios ecosistémicos.

El metanálisis de Ye et al. (2025) destaca que la regeneración natural a nivel global en ecosistemas naturales o seminaturales es una estrategia más sostenible y rentable para mejorar el carbono del suelo, al aprovechar los mecanismos de autorreparación de los ecosistemas y reducir las intervenciones humanas. En contraste, la restauración activa requiere gestión constante y un



mayor volumen de recursos externos, lo que la hace menos viable a largo plazo debido a sus altos costos y demandas de mantenimiento. La regeneración natural brinda grandes beneficios para la biodiversidad y otros servicios ambientales, como la regulación del ciclo hidrológico local, la mitigación de las olas de calor y la prevención de deslizamientos de tierra (Ling et al., 2023).

Acciones clave:

1. Reconocimiento normativo de la regeneración natural entre las técnicas de restauración.
2. Desarrollo de un sistema de priorización adaptativa para áreas quemadas.
3. Aplicación de técnicas complementarias como nucleación asistida y plantaciones puntuales. En este punto, la elección del material genético es crucial. Si se va a introducir nuevo material genético en el lugar, es importante seleccionar material que se adapte bien a las condiciones locales y contribuya a la diversidad genética de la población. Este enfoque ayuda a mantener poblaciones saludables y reduce el riesgo de endogamia.
4. Integración de la restauración en los planes de gestión forestal, incorporando prácticas de ganadería extensiva.
5. Prevención del abandono forestal mediante incentivos a la gestión activa.

Mecanismos de implementación:

1. Coordinación entre MITECO, comunidades autónomas y entidades locales.
2. Participación de universidades, centros de investigación y técnicos forestales.
3. Evaluación ecológica y económica de las intervenciones.
4. Articulación con políticas de adaptación al cambio climático y ordenación del territorio.

Ámbito: Nacional, con especial atención a zonas mediterráneas afectadas por incendios.

Sectores implicados: Medio ambiente, ordenación del territorio, cambio climático, desarrollo rural.

Actores clave: MITECO, comunidades autónomas, ayuntamientos, universidades, centros de investigación forestal.

Limitaciones y advertencias

Actualmente, no se dispone de una herramienta eficaz para predecir dónde es más probable que ocurra la regeneración natural (Williams et al., 2024). En



cualquier caso, su selección frente a técnicas de restauración activas dependerá siempre de la situación de contexto del área en cuestión.

Al mismo tiempo, si se va a introducir nuevo material genético, es importante seleccionar aquel que se adapte bien a las condiciones locales y contribuya a la diversidad genética de la población. Además, Aún existe una gran incertidumbre en cuanto a la cantidad de carbón almacenada en todo el perfil del suelo (no solo en los horizontes más superficiales) y su estabilidad en ecosistemas forestales.

Evidencia científica y referencias

La literatura científica respalda la regeneración natural como técnica eficaz, económica y ecológicamente adecuada para la restauración posincendio y la gestión forestal resiliente.

Williams, B.A., Beyer, H.L., Fagan, M.E. et al. Global potential for natural regeneration in deforested tropical regions. *Nature* 636, 131–137 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41586-024-08106-4>. Q1(D1)

Dupuy, JI., Fargeon, H., Martin-StPaul, N. et al. Climate change impact on future wildfire danger and activity in southern Europe: a review. *Annals of Forest Science* 77, 35 (2020). <https://doi.org/10.1007/s13595-020-00933-5>. Q1

Ling, P. Y., Aguilar-Amuchastegui, N., Baldwin-Cantello, W., Rayden, T., Gordon, J., Dainton, S., ... & Pacheco, P. (2023). Mapping global forest regeneration—an untapped potential to mitigate climate change and biodiversity loss. *Environmental Research Letters*, 18(5), 054025. Q1

Patrício, M.S., Nunes, L. Natural regeneration dynamics and diversity in *Pinus sylvestris* stands: recommendations for mediterranean forest management. *New Forests* 56, 57 (2025). <https://doi.org/10.1007/s11056-025-10123-8>. Q2.

Prats SA., MacDonald LH., Monteiro M., Ferreira AJD., Coelho COA., Keizer JJ. (2012). The effectiveness of forest residue mulching in reducing overland flow generation and associated soil losses following wildfire in north-central Portugal. *Geoderma* 191, 115-124. DOI: 10.1016/j.geoderma.2012.02.009

Ye, Y., Zhang, R., Tian, D., Wang, J., Yu, G., & Niu, S. (2025). Natural Regeneration Enhances Long-Term Soil Carbon Storage in Various Fractions More Effectively Than Active Restoration: Meta-Analysis. *Global Change Biology*, 31(5), e70255. Q1

García de León, D., Rey Benayas, J. M., & Villar-Salvador, P. (2023). Assessing the limiting factors of natural regeneration in Mediterranean planted hedgerows. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 11, 1206000.

Alloza JA, Vallejo VR (2006). Restoration of burned areas in forest management plans. In: Kepner W.G. J.L. Rubio, D.A. Mouat, Pedrazzini, F. (eds.), *Desertification in the Mediterranean Region: a Security Issue*. Springer, Dordrecht, pp. 475-488. Vega, J.A., Fontúrbel, J., Cristina Fernández, C., Díaz-Raviña, M., Carballas, M.T., Angela Martín, A., González-Prieto, S., Merino, A., Benito, E. 2013. *Acciones urgentes contra la erosión en áreas forestales quemada. Guía para su planificación en Galicia*.

Pausas, J. 2024. *Incendios Forestales. Una introducción a la ecología del fuego*. Catarata y CSIC. ISBN: 978-84-1067-066-2



1.c.2. Promover la restauración posincendio orientada a la resiliencia y adaptación al cambio climático

Descripción de la propuesta

Esta propuesta busca reorientar la restauración posincendio hacia la creación de paisajes y ecosistemas más resistentes y resilientes al fuego, incorporando el cambio climático y la función ecológica del fuego como elementos centrales de la planificación a medio-largo plazo. El cambio de paradigma en la gestión del fuego requiere planificación a largo plazo, continuidad en las actuaciones y una estrategia coherente. Interrumpir la restauración puede provocar el rebrote descontrolado de la vegetación y la pérdida de los recursos invertidos. Por ello, es recomendable sentar las bases de una nueva estrategia que evite bloqueos administrativos y consolide una restauración eficaz, promoviendo los paisajes en mosaico y las variedades tradicionales. Por ejemplo, en entornos mediterráneos subhúmedos o húmedos se han observado tasas de recuperación más rápidas para bosques latifoliados, en comparación con los bosques de aciculadas, los bosques de transición y los matorrales.

Acciones clave:

1. Diseñar paisajes resistentes al fuego: Orientar las actuaciones de restauración forestal a la creación de paisajes resistentes al fuego y ecosistemas resilientes (Vallejo y Alloza, 2015).
2. Adaptarse al nuevo contexto climático: Cuestionar el objetivo de restablecer las condiciones previas al incendio, ya que pueden ser inviables bajo los futuros escenarios climáticos
3. Anticipar el clima futuro: Planificar las reforestaciones considerando el clima futuro y los horizontes de gestión previstos a varias décadas.
4. Seleccionar especies adaptadas: Priorizar especies y ecotipos resistentes a la aridificación, ante el aumento de las temperaturas, menor precipitación y mayor frecuencia de sequías (Seneviratne et al., 2021; Vallejo et al., 2012).
5. Innovar en técnicas de revegetación: Evaluar y promover métodos innovadores de revegetación, siembra y plantación (Muñoz-Rojas et al. 2021; Leverkus et al., 2015; Prats et al., 2022) para mejorar el éxito de la restauración en zonas donde la regeneración natural no es viable.

Limitaciones y advertencias

1. No todos los ecosistemas sobrevivirán y prosperarán al adaptarse a nuevas condiciones futuras. Aceptar el cambio ecológico, en lugar de resistirlo, requiere de un cambio de paradigma significativo por parte de



- individuos, comunidades e instituciones, y desafiará las filosofías de conservación.
2. Se recomienda que la restauración sea específica para cada contexto, integrando objetivos ecológicos, sociales y económicos, no hay un enfoque único.
 3. Es un proceso que requiere un largo periodo de tiempo (décadas) y planificación sostenida.

Evidencia científica y referencias

Schoennagel, T., Balch, J., Brenkert-Smith, H., Dennison, P., Harvey, B., Krawchuk, M., Mietkiewicz, N., Morgan, P., Moritz, M., Rasker, R., Turner, M., & Whitlock, C. (2017). Adapt to more wildfire in western North American forests as climate changes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114, 4582 - 4590. <https://doi.org/10.1073/pnas.1617464114>.

Jones, G., Keyser, A., Westerling, A., Baldwin, W., Keane, J., Sawyer, S., Clare, J., Gutiérrez, R., & Peery, M. (2021). Forest restoration limits megafires and supports species conservation under climate change. *Frontiers in Ecology and the Environment*. <https://doi.org/10.1002/fee.2450>.

Muñoz-Rojas M, de Lima NMM, Chamizo S, Bowker MA, (2021) Restoring post-fire ecosystems with biocrusts: Living, photosynthetic soil surfaces, *Current Opinion in Environmental Science & Health* 23, 100273. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2021.100273>.

Leverkus, A.B., Rojo, M., Castro, J., 2015. Habitat complexity and individual acorn protectors enhance the post-fire restoration of oak forests via seed sowing. *Ecol. Eng.* 83, 276–280. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.06.033>.

Oliveras Menor, I., Prat-Guitart, N., Spadoni, G.L. et al. (2025). Integrated fire management as an adaptation and mitigation strategy to altered fire regimes. *Commun Earth Environ* 6, 202. <https://doi.org/10.1038/s43247-025-02165-9>

Peña-Molina, E., Moya, D., Marino, E., Tomé, J. L., Fajardo-Cantos, Á., González-Romero, J., Lucas-Borja, M. E., & de las Heras, J. (2024). Fire Vulnerability, Resilience, and Recovery Rates of Mediterranean Pine Forests Using a 33-Year Time Series of Satellite Imagery. *Remote Sensing*, 16(10), 1718. <https://doi.org/10.3390/rs16101718>

Prats S.A., Sierra-Abraín P., Moraña-Fontán A., Zas R. (2022). Effectiveness of community-based initiatives for mitigation of land degradation after wildfires. *Science of the Total Environment* 810, 152232 DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.152232.

Reque, J.A., Martin, E., (2015). Designing acorn protection for direct seeding of quercus species in high predation areas. *Forest Syst.* 24, e018. <https://doi.org/10.5424/fs/2015241-05632>.

Vallejo, V. R., Allen, E. B., Aronson, J., Pausas, J. G., Cortina, J., & Gutiérrez, J. R. (2012). Restoration of Mediterranean-type woodlands and shrublands. *Restoration ecology: The new frontier*, 130-144.

Seneviratne, S.I., et al., 2021. Weather and climate extreme events in a changing climate. En: V.P. Masson-Delmotte, A. Zhai, S.L. Pirani y C. Connors (Eds.), *Climate Change 2021: The Physical Science Basis: Working Group I contribution to the 6th Assessment Report of the IPCC*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 1513-1766.



1.c.3. Elaborar y actualizar un protocolo de emergencias contra la erosión posincendio

Descripción de la propuesta

NOTA: La presente propuesta es una acción en detalle que podría englobarse dentro de las actuaciones de la propuesta anterior.

Los incendios forestales representan uno de los principales factores que aceleran la desertificación en la Península Ibérica y en determinados territorios de las Islas Canarias. Tras los incendios, las pérdidas de suelo suelen agravarse debido a la destrucción de la cubierta del suelo, las lluvias torrenciales otoñales y al estrés hídrico estival, los que dificultan la regeneración natural de la vegetación.

En un contexto de abandono rural y cambio climático, las actuaciones orientadas a la estabilización de suelos posincendio y a la restauración hidrológico-forestal se configuran como herramientas esenciales para la conservación del suelo, la biodiversidad y la funcionalidad ecológica de los ecosistemas forestales. La estabilización de emergencia debe priorizarse en áreas de alto riesgo de erosión (pendientes pronunciadas, suelos desestructurados, alta severidad del fuego) y donde existan valores ecológicos, socioeconómicos o productivos amenazados, lo que puede reducir el área de intervención significativamente, dejando el resto del área para regeneración natural.

Actualmente existen diversos protocolos y guías técnicas (Vega et al., 2013, Alloza et al 2013) que orientan la restauración de áreas afectadas por incendios. Aunque algunos de estos protocolos de acciones urgentes se publicaron hace ya más de 10 años, actualmente solo se están adoptando parcialmente. Además, la evolución del conocimiento científico, la aparición de nuevas técnicas y la experiencia acumulada en la última década justifican la necesidad de actualizar y ampliar esta guía.

La revisión debería incorporar los siguientes aspectos clave:

(a) Un marco para la toma de decisiones basado en tres criterios: selección de áreas de alto riesgo de erosión, identificación de valores en riesgo (ecológicos, socioeconómicos y productivos), y aplicación de técnicas de mitigación con eficacia contrastada;



(b) Integración de nuevas prácticas de restauración como el *mulching* o acolchado. Esta técnica, que emplea restos vegetales (paja, triturados forestales) aplicados manualmente o vía aérea —*helimulching*—, puede resultar altamente eficaz para reducir la erosión posincendio

(c) Inclusión de modelos predictivos avanzados —de dinámica vegetal (como DGVM y ESM), hidrológico-erosivos (como SWAT y MMF) y sistemas de decisión multicriterio— para anticipar la respuesta de la vegetación y del suelo ante diferentes escenarios climáticos y optimizar la planificación de las acciones de emergencia;

(d) Análisis de los impactos ecológicos y socioeconómicos de las actuaciones posincendio, sobre todo en situaciones complejas, donde se combine la extracción de la madera quemada con incendios de alta recurrencia o severidad en suelos sensibles, priorizando aquellas que favorezcan la resiliencia de los ecosistemas y el mantenimiento de la actividad rural.

La actualización de la guía permitiría disponer de un documento técnico de referencia, alineado con la estrategia nacional de adaptación al cambio climático, integrando los avances científicos más recientes y las buenas prácticas.

Limitaciones y advertencias

La eficacia depende de diagnósticos rápidos y contextualizados; actuaciones genéricas o tardías pueden agravar erosión, compactación y pérdida de suelo. El uso de *mulching* y revegetación exige selección cuidadosa de materiales y procedencias para evitar la introducción de especies invasoras o fallos por estrés hídrico. Los modelos pueden aportar prospectiva, pero su incertidumbre puede inducir sobreconfianza si no se validan localmente. Es esencial financiación y mantenimiento plurianual, logística posincendio eficaz y seguimiento con indicadores de monitorización; sin ello, los beneficios se diluyen y se compromete la inversión.

Evidencia científica y referencias

Alloza, J.A., García, S., Gimeno, T., Baeza, J., Vallejo, V.R., Rojo, L., Martínez, A. (2014). *Guía técnica para la gestión de monte quemados con riesgo de desertificación*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/biodiversidad/temas/desertificacion-restauracion/pdfguatcnicaparalagestindemontesquemados_tcm30-479142.pdf

Bujoczek, L., Bujoczek, M., Zięba, S., 2018. Deadwood resources and their management in Central European forests: Implications for biodiversity conservation. *Forest Ecology and Management*, 409, 872–882. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.12.039>



Dupuy, J. L., Fargeon, H., Martin-StPaul, N., Pimont, F., Ruffault, J., Guijarro, M., Hernando, C., Madrigal, J., Fernandes, P. (2020). Climate change impact on future wildfire danger and activity in southern Europe: a review. *Annals of Forest Science*, 77, 35. <https://annforsci.biomedcentral.com/articles/10.1007/s13595-020-00933-5>

Faria B., Nunes, J.P.N., Baartman, J., Dias, L.F., Wu, J., Prats, S.A. (2025). Assessing cost-effectiveness of land management measures to restore forest ecosystem services after fire using hydrological modelling and multi-criteria decision analysis. *Catena* 251, 108808. DOI: 10.1016/j.catena.2025.108808

Fernández, C.; Vega, J. A.; Jiménez, E.; Fonturbel, M. T.; 2011. Effectiveness of three post-fire treatments at reducing soil erosion in Galicia (NW Spain). *int. j. wild. fire*.20: 104-114.

Fernandez, C., Vega, J.A., Fonturbel, T., 2016. Reducing post-fire soil erosion from the air: performance of heli-mulching in a mountainous area on the coast of NW Spain. *Catena* 147, 489-495. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.08.005>.

Fernández, C., Vega, J. A. (2016). Effects of mulching and post-fire salvage logging on soil erosion and vegetative regrowth in NW Spain. *Forest Ecology and Management*, 375, 46-54. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037811271630264X>

Leverkus, A.B., Lorite, J., Navarro, F.B., Sánchez-Cañete, E.P., Castro, J., 2014. Post-fire salvage logging alters species composition and reduces cover, richness, and diversity in Mediterranean plant communities. *Journal of Environmental Management*, 133, 323-331. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.12.014>

Lucas-Borja, M. E. Plaza-Álvarez, P. A, González-Romero, J., Miralles, I., Sagra, J., Molina-Peña, E., Moya, D., de las Heras, J., Fernández, C. (2020). Post-wildfire straw mulching and salvage logging affects initial pine seedling density and growth in two Mediterranean contrasting climatic areas in Spain. *Forest Ecology and Management*, 474, 11863. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112720311324>

Patentes y control de incendios forestales. Oficina Estatal de Patentes y Marcas e Instituto Nacional de la Propiedad Intelectual (2022). https://www.oepm.es/export/sites/portal/comun/documentos_relacionados/PDF/Patentes_y_control_de_incendios_forestales.pdf

Pemán, J. Navarro, R., Prada, A., Serrada, R. (2022). *Bases técnicas y ecológicas del proyecto de repoblación forestal* (Tomo 1). Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico. https://libreria.miteco.gob.es/libro/bases-tecnicas-y-ecologicas-de-los-proyectos-de-repoblacion-forestal_3439/

Petratou D., Nunes J.P., Guimarães M.H., Prats, S.A. (2023). Decision-making criteria to shape mulching techniques for fire-prone landscapes. *Landscape Ecology* 38, 3405-3425. DOI: 10.1007/s10980-023-01659-1

Prats SA, Wagenbrenner JW, Malvar MC (2021) Compaction and cover effects on runoff and erosion in post-fire salvage logged areas in the Valley wildfire, California. *Hydrological Processes* 35:e13997. DOI: 10.1002/hyp.13997

Vega, J.A., Fonturbel, M.T., Fernández, C., Arellano, A., Díaz-Raviña, M., Carballas, T., Martín, A., González-Prieto, S., Merino, A., Benito, E., (2013). Acciones urgentes contra la erosión en áreas forestales quemadas: Guía para su planificación en Galicia. Santiago de Compostela. (ISBN: 978-84-8408-716-8)



d. POLIVALENTE

1.d.1. Preservar los paisajes bioculturales

Descripción de la propuesta

Los paisajes culturales definidos en el Plan Nacional como el "resultado de la interacción en el tiempo de las personas y el medio natural, cuya expresión es un territorio percibido y valorado por sus cualidades culturales, producto de un proceso y soporte de la identidad de una comunidad" (Ministerio de Cultura) ayudan a mantener la identidad y la memoria de los pueblos. Cualquier emergencia climática puede provocar la desaparición de los paisajes culturales, y como consecuencia de ello, el abandono de las zonas rurales, un cambio en el sistema productivo agrícola o una masificación turística.

Es fundamental actuar para preservar los paisajes culturales para evitar que las emergencias climáticas acaben con ellos, y lo que es más peligroso, que su desaparición acelere el abandono de las zonas rurales, un cambio en el sistema productivo agrícola, una masificación turística o la pérdida de conocimiento ecológico tradicional.

Para proteger estos paisajes culturales se necesitan enfoques integrados y transversales, puesto que integrar aspectos históricos, entológicos y culturales es fundamental para conservar los paisajes culturales y su biodiversidad.

La gestión del matorral en campos abandonados puede mejorar la ganadería, la biodiversidad, la generación de escorrentías, así como reducir el riesgo de incendios forestales, y al mismo tiempo promueve la gestión sostenible y la repoblación.

El Convenio Europeo del Paisaje y la UNESCO, ponen de manifiesto que es conveniente integrar las políticas ambientales, agrícolas y el ordenamiento territorial. Para que la gestión sea efectiva, se recomienda trabajar de manera conjunta en los valores naturales y culturales. Implicar de manera activa a las comunidades locales para que colaboren en la planificación contra las emergencias climáticas, así como en la gestión en el momento que ocurra es esencial para el éxito. Además, esta protección podría ampliarse a los paisajes agrarios, como los SIPAM - GIAHS de FAO (Globally Important Agricultural Heritage Systems), que generan además sinergias con las respuestas de paisaje en mosaico.



Acciones clave:

1. **PREVENCIÓN:** Modificación de la Ley de Patrimonio Histórico Estatal, la Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español. Modificación 1ª: Introducción de la figura de los Paisajes Culturales: El Convenio Europeo del Paisaje (Florencia, 2000), ratificado por España en 2008, establece que el paisaje forma parte del patrimonio cultural común europeo. Tal y como señala este Convenio, el paisaje cultural nos construye permanentemente, por lo que la calidad del mismo influye directamente en nuestro bienestar y en nuestra calidad de vida. En sintonía con el Convenio del Paisaje, el Ministerio de Cultura y Deporte (ahora Ministerio de Cultura) creó, en coordinación con las Comunidades Autónomas (CCAA), el Plan Nacional de Paisajes Culturales, sin embargo, falta su incorporación a la normativa española.

Frente a los peligros cada vez más evidentes del cambio climático, que afectan particularmente a los paisajes culturales, y ante los nuevos retos que establecen los ODS y la Agenda 2030, los paisajes culturales son un claro ejemplo de modelo sostenible, continuado en el tiempo y en equilibrio con la naturaleza, que ponen en valor las culturas autóctonas en su diversidad y riqueza de tradiciones, saberes y oficios. A la vez, el paisaje cultural constituye un recurso esencial para la economía local y un motor para la recuperación de zonas despobladas o en riesgo de abandono.

Por todo ello, se estima necesaria la inclusión de su definición y protección en la Ley del Patrimonio Histórico Español, en cumplimiento de la ratificación por España del Convenio Europeo del Paisaje, dada la necesidad de otorgar un reconocimiento legal al Paisaje entendido como un territorio con un valor cultural que trasciende a lo ecológico o natural.

Para conseguir mantener los paisajes culturales es fundamental fortalecer el compromiso social de la comunidad. Se deben formar a los gestores culturales, arqueólogos y antropólogos ya que trabajan constantemente en estos entornos y son agentes modificadores y/o conservadores de los mismos y a todos los miembros de las comunidades locales, en la importancia de mantener estos paisajes locales hacerles ver los beneficios culturales y económicos que supone conservar los paisajes naturales y las tradiciones locales.



Para evitar incendios en determinadas zonas de alto valor patrimonial, se recomienda construir cortafuegos naturales que protejan dicho patrimonio cultural.

Se recomienda realizar cartografías culturales (del patrimonio cultural) en toda la geografía y cartografías de las costas para estudiar cómo afectan las mareas y la subida del nivel del mar al patrimonio.

Además, la protección preventiva de estos espacios requeriría la instalación de distintos sistemas de prevención para distintos tipos de riesgos, como hidrantes, sistemas de detección de incendios, conexiones de seguridad, cámaras de videovigilancia, etc. Las necesidades específicas dependerán de cada caso concreto.

2. **RESPUESTA:** En caso de falta de efectivos, se deben priorizar después de las zonas con personas vivas, las zonas donde exista un patrimonio cultural que proteger y mantener.

En un incendio, se recomienda que esté presente un responsable cultural que pudiese informar de los bienes patrimoniales a proteger en la zona. Se debe cambiar el modelo que se utiliza en la actualidad para apagar el fuego. En la actualidad, el único objetivo es apagar rápido, aunque eso pueda suponer arrasar el patrimonio cultural (yacimientos, ermitas, construcciones centenarias existentes en el monte y paisajes protegidos). Por ello es recomendable que las distintas administraciones autonómicas y locales crucen los datos, pero no solo, también entre departamentos de las mismas, es decir, por ejemplo, un departamento de bomberos debe tener los datos y el mapeo de bienes culturales protegidos de la zona donde se vaya a intervenir para intentar incidir lo mínimo de forma negativa en su estado de conservación.

Se debería llevar a cabo un plan de protección preventiva teniendo en cuenta los bienes patrimoniales y el tipo de amenazas y riesgos a los que están expuestos. Para ello, se deberían considerar los bienes patrimoniales como si fueran municipios y se deberían aislar como si fueran espacios habitados sin serlo, estableciendo cortafuegos y servicios de desbroce siempre que sea necesario, aplicando lo que se llaman medidas de conservación preventiva.



3. **RECUPERACIÓN:** Se debería dar prioridad a repoblar, rehabilitar, restaurar yacimientos arqueológicos, construcciones y monumentos históricos.

Limitaciones y advertencias

La efectividad depende de coordinación interadministrativa y de recursos estables en el tiempo, ya que, sin gobernanza clara y datos interoperables (cartografías culturales/ambientales actualizadas) el enfoque queda en declaraciones. Las reformas legales y la priorización de bienes en emergencias pueden generar conflictos con propiedad privada, usos agrícolas y operativos de extinción; por lo que es importante disponer de criterios transparentes y responsables culturales *in situ* para reducir los daños colaterales. Cortafuegos y “limpiezas” mal diseñados pueden afectar hábitats y valores patrimoniales; requieren así evaluaciones ambientales y mantenimiento continuo. Existe riesgo de “folclorización” o turistificación sin arraigo comunitario ni beneficios locales, diluyendo objetivos de conservación y resiliencia. Además, cada tipo de riesgo (tornado, incendio, sequía...) requiere distintas estrategias y planificaciones de prevención, respuesta y recuperación. Estas características deben analizarse previamente para poder dar respuesta a las necesidades concretas de cada territorio.

Evidencia científica y referencias

Agnoletti, M. (2006). *The conservation of cultural landscapes*. <https://doi.org/10.1079/9781845930745.0000>

García-Ruiz, J., Lasanta, T., Nadal-Romero, E., Lana-Renault, N., & Álvarez-Farizo, B. (2020). Rewilding and restoring cultural landscapes in Mediterranean mountains: Opportunities and challenges. *Land Use Policy*, 99, 104850. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104850>.

Marine, N., Arnáiz-Schmitz, C., Herrero-Jáuregui, C., De La O Cabrera, M., Escudero, D., & Schmitz, M. (2020). Protected Landscapes in Spain: Reasons for Protection and Sustainability of Conservation Management. *Sustainability*, 12(17), 6913. <https://doi.org/10.3390/su12176913>.

Plieninger, T., Horst, D., Schleyer, C., & Bieling, C. (2014). Sustaining ecosystem services in cultural landscapes. *Ecology and Society*, 19(2), 59. <https://doi.org/10.5751/ES-06159-190259>

Rebollo, V., Saralegui-Díez, P., Ramírez, P., Moranta, J., Guzmán, G., Florido, D., Soto, D., Villasante, S., Gómez, S., Ruiz, R., Murray, I., Baraza, E., Mallol, S., López, L., Tello, E., & Onofre Fullana. (2025). *Vía Sabia. Tendiendo puentes entre saberes para una mejor adaptación al cambio climático. Caracterización del conocimiento ecológico tradicional (CET) asociado a sistemas agroecológicos y pesqueros y su vínculo con el cambio climático. Alimentta*. Sarmiento-Mateos, P., Arnáiz-Schmitz, C., Herrero-Jáuregui, C., Pineda, F., & Schmitz, M. (2019). Designing Protected Areas for Social-Ecological Sustainability: Effectiveness of Management Guidelines for Preserving Cultural Landscapes. *Sustainability*, 11(10), 2871. <https://doi.org/10.3390/SU11102871>

Toledo, V. M., & Barrera-Bassols, N. (2008). *La Memoria Biocultural: la importancia ecológica de las sabidurías tradicionales*. Icaria Editorial.



1.d.2. Implantar la figura de los geoparques como territorios resilientes frente al cambio climático y crear una estrategia nacional

Descripción de la propuesta

Se propone la implantación oficial de la figura de los geoparques en España, en línea con el programa de Geoparques Mundiales de la UNESCO, y la identificación de regiones susceptibles de ser reconocidas como tales. Los geoparques son territorios con un patrimonio geológico de relevancia internacional que se conecta con la cultura, la historia, la gastronomía y los usos tradicionales del territorio. Su reconocimiento permite integrar la conservación del patrimonio con el desarrollo local, generando beneficios ambientales, sociales y económicos.

Estar dentro de esta categoría implica:

1. Protección reforzada del patrimonio geológico, arqueológico y natural, mediante planes de gestión integrados y protocolos específicos frente a riesgos climáticos.
2. Acceso a redes internacionales de cooperación, formación y financiación para proyectos de restauración, educación ambiental y turismo sostenible.
3. Promoción del orgullo territorial y la identidad rural, fortaleciendo el vínculo entre las comunidades y su entorno.
4. Generación de empleo local vinculado a la interpretación del paisaje, la restauración ecológica, la gestión del agua y la educación ambiental.
5. Prevención de daños irreversibles en sitios arqueológicos y paisajes culturales ante eventos extremos como incendios, inundaciones o sequías.

Acciones clave:

1. Creación de una estrategia nacional para la implantación de geoparques, con criterios técnicos, sociales y ecológicos para la selección de territorios.
2. Financiación estable y a largo plazo para su mantenimiento, promoción y planificación resiliente.
3. Integración de los geoparques en las políticas de desarrollo rural, gestión forestal y adaptación climática.
4. Coordinación entre gestión forestal y patrimonio arqueológico y paleontológico, evitando la destrucción de yacimientos en procesos de reforestación.
5. Desarrollo de protocolos específicos de prevención y respuesta para bienes patrimoniales en situaciones de emergencia climática.



6. Fomento de la investigación científica y tecnológica aplicada a la conservación preventiva y restauración poscatástrofe.
7. Uso del patrimonio cultural como herramienta de concienciación climática, en línea con el Pacto Climático de la UNESCO.

Mecanismos de implementación:

1. Coordinación entre MITECO, Ministerio de Cultura, IGME, comunidades autónomas y ayuntamientos rurales.
2. Creación de un programa nacional de geoparques con financiación específica y estable.
3. Participación comunitaria en la identificación, gestión y promoción de los territorios.
4. Integración en los planes nacionales de adaptación, desarrollo rural y turismo sostenible.
5. Establecimiento de un sistema de vigilancia y monitorización en tiempo real del estado de estos territorios

Ámbito: Nacional, con prioridad en territorios rurales con patrimonio geológico, arqueológico y cultural vulnerable al cambio climático.

Sectores implicados: Medio ambiente, cultura, turismo, ordenación territorial, desarrollo rural, cambio climático.

Actores clave: MITECO, Ministerio de Cultura, IGME, comunidades autónomas, ayuntamientos rurales, UNESCO, Consejo de Europa, centros de investigación, sociedad civil.

Limitaciones y advertencias

La evidencia científica en torno a esta es moderada. La literatura consultada coincide en el potencial de los geoparques en términos de geoconservación y protección del patrimonio geológico, educación, desarrollo local y geoturismo. Pero también se advierte sobre que la evidencia empírica es heterogénea (muchos estudios de caso locales, métodos variados), se observan incertidumbres sobre la distribución de beneficios entre la comunidad, cuya participación puede acabar infrarrepresentada, riesgo de comodificación del patrimonio y lagunas sobre impactos ambientales y contaminaciones en algunos geoparques.

También se intuyen problemas de gobernanza. La implantación de geoparques requiere planificación territorial coordinada que evite conflictos entre usos del suelo y asegurando que las intervenciones respeten los valores culturales y ecológicos. Es recomendable garantizar la continuidad de la financiación y evitar la fragmentación institucional en la gestión de estos espacios. Además, la



participación del IGME se debe hacer siempre de forma planificada y con la adecuada financiación externa, ya que el IGME-CSIC no dispone de financiación propia para desarrollar estas actividades, ni tan siquiera para dedicar recursos humanos y materiales para coordinarse con el resto de los organismos citados.

Evidencia científica y referencias

La evidencia científica y referencias reconoce el papel del patrimonio cultural y natural como elemento estratégico en la adaptación al cambio climático y en la construcción de resiliencia territorial. La UNESCO ha identificado la adaptación del patrimonio cultural como prioridad global en sus estrategias climáticas, y el IPCC ha documentado los impactos del cambio climático sobre bienes patrimoniales. En Europa, iniciativas como el partenariado *Patrimonio Cultural Resiliente* y el proyecto *ARCHE* han reafirmado que el cambio climático es el principal desafío para la conservación del patrimonio cultural. En 2023 el Consejo de Europa reconoció que el patrimonio cultural puede contribuir a la concienciación sobre la acción climática.

IPCC (2022). *AR6 WGII – Impactos, adaptación y vulnerabilidad*.

UNESCO (2021). *World Heritage and Climate Change Policy*.

Proyecto ARCHE (Alliance for Research on Cultural Heritage in Europe).

Informe C (2023). *Incendios forestales y restauración de zonas quemadas*.

Ferreira, D. R., & Valdati, J. (2023). Geoparks and Sustainable Development: Systematic Review. *Geoheritage*, 15(1). <https://doi.org/10.1007/s12371-022-00775-9>

Lee, Y., & Jayakumar, R. (2021). Economic impact of UNESCO Global Geoparks on local communities: Comparative analysis of three UNESCO Global Geoparks in Asia. *International Journal of Geoheritage and Parks*, 9(2), 189-198.

Mikhailenko, A. V., Yashalova, N. N., & Ruban, D. A. (2022). Environmental Pollution in Geopark Management: A Systematic Review of the Literary Evidence. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(8), 4748. <https://doi.org/10.3390/ijerph19084748>

Stoffelen, A. (2020). Where is the community in geoparks? A systematic literature review and call for attention to the societal embedding of geoparks. *Area*, 52(1), 97–104. <https://doi.org/10.1111/area.12549>

UNESCO (2019). Evaluation of the International Geoscience and Geoparks Programme. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373234>



EJE 2: Desplegar una Respuesta Nacional para la Resiliencia Hídrica que aumente la resiliencia de nuestros pueblos y ciudades ante inundaciones y sequías

a. PREVENCIÓN

2.a.1. Mejorar los estudios de peligrosidad y la adaptación al riesgo a escala local

Descripción de la propuesta

La adaptación al cambio climático requiere mejorar, a escala local, la representación hidráulica de las avenidas y sus impactos. Para ello, se propone representar explícitamente la incertidumbre de los parámetros hidrológicos e hidráulicos del modelo y su impacto en la zonificación de la peligrosidad, e incluir otras variables relevantes como el transporte de sedimentos y la carga sólida — especialmente importante en ambientes mediterráneos por su efecto en la velocidad, la erosión y la colmatación de secciones y entubamientos—. Asimismo, se propone identificar no solo las áreas receptoras de inundación, sino también las áreas causantes (zonas con alta generación de escorrentía o alteración del flujo) sobre las que actuar preventivamente. Además, se propone incorporar al análisis de la peligrosidad y el riesgo de inundación en el ámbito local los efectos del material vegetal (por ejemplo, troncos y cañas) y de los *urban flood drifters* (UFD), como vehículos y mobiliario urbano, que pueden agravar bloqueos y daños. Se trata de refinar el diagnóstico hidráulico local y vincularlo a decisiones de diseño, mantenimiento y ordenación.

Acciones clave:

1. Recomendación de aumentos en los caudales de diseño de infraestructuras y en los mapas de peligrosidad (+10 % a +30 %, según las regiones).
2. Desarrollar plataformas con información unificada y relevante a escala local, aprovechando y armonizando la información y los trabajos ya elaborados por las Confederaciones Hidrográficas en los Planes de Gestión del Riesgo de Inundación de cada ciclo.



3. Revisar y, en su caso, mejorar las cartografías de peligrosidad e inundabilidad existentes, teniendo en cuenta las cuencas vertientes, y asegurar su integración en los visores del Sistema de Información Geográfica (SIG) de las administraciones para facilitar su uso en la planificación y gestión a escala local.
4. Capacitar y formar al personal técnico en estas metodologías para su correcta implementación.
5. Reforzar y actualizar el Catálogo Nacional de Inundaciones Históricas de Protección Civil como el archivo histórico nacional de referencia, integrando en él registros adicionales de paleoinundaciones, fotografías, testimonios y otras evidencias de eventos pasados, aplicando metodologías estandarizadas de reconstrucción hidrológica (por ejemplo, a partir de limnimarcas) y su comparación con series de estaciones de aforo para cuantificar las incertidumbres.
6. Incluir el análisis de la carga sólida y el transporte de sedimentos en los estudios hidrológico-hidráulicos (por ejemplo, utilizando módulos de transporte de sedimentos en HEC-RAS o Iber) o, preferentemente, realizar un estudio de erosión potencial de suelos (MUSLE) por cuenca e incorporar sus resultados en el estudio hidráulico. Asimismo, incluir la carga de flotantes, tanto material vegetal (por ejemplo, troncos y cañas, mediante el módulo de transporte de madera de Iber) como elementos urbanos que puedan moverse durante la avenida (vehículos, contenedores, mobiliario urbano), y evaluar su efecto en la inundabilidad local y en los posibles bloqueos y estrangulamientos.
7. Estudiar el impacto de la incertidumbre de parámetros claves en la zonificación de la peligrosidad de inundaciones.
8. Incluir un análisis de áreas causantes de la inundabilidad (por elevada generación de escorrentía o por alteración del flujo hidráulico), además de las áreas receptoras, para orientar la prevención.

Se espera que esta medida pueda mejorar significativamente la capacidad de análisis y gestión de los riesgos asociados a inundaciones y precipitaciones extremas a escala local. A corto plazo puede iniciarse con información local y recopilación estandarizada, siempre que se definan metodología común y responsables operativos. A medio plazo requiere completar la investigación, la modelización climática y la coordinación interinstitucional.

Limitaciones y advertencias



- La calidad y el formato de los datos históricos pueden ser heterogéneos y, en algunos casos, exigen reconstruir caudales a partir de niveles antiguos u otras evidencias. Sin embargo, existe una literatura amplia, también en España y especialmente en la vertiente mediterránea, que muestra cómo integrar estas reconstrucciones (por ejemplo, a partir de limnogramas, documentación histórica y testimonios) con los datos de estaciones de aforo y modelos hidrológicos dentro de márgenes de incertidumbre aceptables.
- Los resultados dependen de la resolución espacial y temporal empleada y están sujetos a incertidumbres (escenarios climáticos, topografía, calidad de los datos locales, vulnerabilidad y exposición), por lo que conviene validarlos con observaciones locales y aplicar metodologías estandarizadas.
- Además, pasar por alto el transporte de sedimentos o de flotantes (material vegetal y *urban flood drifters*, como vehículos y mobiliario urbano), no analizar las áreas causantes de la inundabilidad, puede llevar a diagnósticos incompletos y a fallos por colmatación o estrangulamientos durante las avenidas.

Referencias científicas y técnicas

Bayón, A., Valero, D., & Franca, M. J. (2024). Urban flood drifters (UFD): Identification, classification and characterisation. *Journal of Flood Risk Management*, 17(3), e13002. <https://doi.org/10.1111/jfr3.13002>

Benito, G., Castillo, O., Ballesteros-Cánovas, J.A., Machado, M. and Barriendos, M. (2021). Enhanced flood hazard assessment beyond decadal climate cycles based on centennial historical data (Duero basin, Spain). *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 25, 6107-6132. <https://doi.org/10.5194/hess-25-6107-2021>

Bodoque, José M., Álvaro Esteban-Muñoz, and Juan A. Ballesteros-Cánovas. "Overlooking probabilistic mapping renders urban flood risk management inequitable." *Communications Earth & Environment* 4.1, 2023. <https://doi.org/10.1038/s43247-023-00940-0>

CÁNOVAS-GARCÍA, F. & VARGAS, J. (2024): An exploration of exposure to river flood risk in Spain using the National Floodplain Mapping System. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 15(1). <https://DOI.org/10.1080/19475705.2024.2421405>

Díez Herrero, A.; Sandoval Rincón, K.P.; Vázquez Tarrío, D.; Lucía, A.; Perucha Atienza, M.A. (2024). Aplicación de la base de datos PaleoRiada a la incorporación de la variabilidad por el cambio climático en la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundaciones en España. M.Y. Luna y F. González-Rouco (Eds.), Cambio Climático y Sociedad: de la Ciencia Básica a los Servicios Climáticos, Publicaciones de la Asociación Española de Climatología (AEC), Serie A, nº 13, pp. 95-104. Coeditado por: Asociación Española de Climatología y Agencia Estatal de Meteorología (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico). ISBN: 978-84-125772-3-5; NIPO: 666-24-009-5 (versión impresa) y 666-24-010-8 (versión usb); Depósito legal: M-26914-2024 (versión impresa) y M-26915-2024 (versión usb).

ELORRIETA-SANZ, B. & OLCINA-CANTOS, J. (2021): Infraestructura verde y Ordenación del Territorio en España. Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 53(207): 23-46. <https://doi.org/10.37230/CyTET.2021.207.02>



Gallegos Reina, A., Perles Roselló, M.J. (2020). Metodología para el análisis integrado de peligros asociados a la inundación: propuesta adaptada a la ordenación territorial en regiones mediterráneas. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*. 86, 1-46. <https://doi.org/10.21138/bage.2950>.

GARROTE, J. & BERNAL, N. & DÍEZ-HERRERO, A. & MARTINS, L.R. & BODOQUE, J.M. (2019): Civil engineering works versus self-protection measures for the mitigation of floods economic risk. A case study from a new classification criterion for cost-benefit analysis, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 37. <https://DOI.org/10.1016/j.ijdr.2019.101157>

Martínez-Gomariz, E., Gómez, M., Russo, B., & Djordjević, S. (2018). Stability criteria for flooded vehicles: A state-of-the-art review. *Journal of flood risk management*, 11, S817-S826. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12262>

Martínez-Gomariz, E., Russo, B., Gómez, M., & Plumed, A. (2020). An approach to the modelling of stability of waste containers during urban flooding. *Journal of Flood Risk Management*, 13, e12558. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12558>

MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA (2019): Recomendaciones para la construcción y rehabilitación de edificaciones en zonas inundables, Madrid, 74 p. https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/es/agua/temas/gestion-de-los-riesgos-de-inundacion/adaptaci%C3%B3n/guias-adaptacion/guia-recomendaciones-construccion-y-rehabilitacion-edificaciones-zonas-inundables_tcm30-503724.pdf

OLCINA CANTOS & DIEZ HERRERO, A. (2025) Inundaciones en España: el papel de la planificación territorial. *Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales*, 57 (223). DOI: <https://doi.org/10.37230/CyTET.2025.223.1>

OLCINA-CANTOS, J. & DÍEZ-HERRERO, A. (2022): Technical evolution of flood maps through Spanish experience in the European framework. *The Cartographic Journal*, 59 (1), 55-68. <https://DOI.org/10.1080/00087041.2021.1930678>

PÉREZ-MORALES, A. & GIL-GUIRADO, S. & OLCINA-CANTOS, J. (2015): Housing bubbles and the increase of flood exposure. Failures in flood risk management on the Spanish south-eastern coast (1975-2013), *Journal of Flood Risk Management*. <https://DOI.org/10.1111/jfr3.12207>

PÉREZ-MORALES, A. & GIL-GUIRADO, S. & OLCINA-CANTOS, J. (2016): La información catastral como herramienta para el análisis de la exposición al peligro de inundaciones en el litoral mediterráneo español, *Revista de Estudios Urbanos y Regionales (EURE)*, Vol. 42, 127, 231- 256. <http://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612016000300010>

Sanz-Ramos, M., Bladé, E., & Escolano, E. (2020). Optimización del cálculo de la Vía de Intenso Desagüe con criterios hidráulicos. *Ingeniería del agua*, 24(3), 203-218. <https://doi.org/10.4995/ia.2020.13364>

Perles Roselló, M. J. (2021). Patrón territorial y generación del riesgo. Aportaciones para una ordenación y gestión más eficaz de los territorios de riesgo. En España, puente entre continentes. Aportación española al 34.º Congreso de la Unión Geográfica Internacional (pp. 97-124). Instituto Geográfico Nacional.

RIBAS, A.M. & OLCINA, J. & SAURÍ, D. (2020): More exposed but also more vulnerable? Climate change, high intensity precipitation events and flooding in Mediterranean Spain. *Disaster Prev. Manag Int J*. 29:229–248. <https://doi.org/10.1108/DPM-05-2019-0149>

Ruiz-Bellet, J.L., Castellort, X., Balasch, J.C., Tuset, J., 2017. Uncertainty of the peak flow reconstruction of the 1907 flood in the Ebro River in Xerta (NE Iberian Peninsula). *J. Hydrol.* 545, 339–354. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.12.041>



Rodriguez-Morata, C., Ballesteros-Cánovas, J.A., Trappmann, D., Beniston, M., Stoffel, M., 2016. Regional reconstruction of flash flood history in the Guadarrama range (Central System, Spain). *Sci. Total Environ.* 550, 406–417. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.074>

2.a.2. Mejorar los modelos de predicción de inundaciones utilizando series históricas de datos

Descripción de la propuesta

Predecir precipitaciones extremas mediante el desarrollo de modelos climáticos e hidrológicos y herramientas específicas a escala local, superando las limitaciones actuales de resolución y generando información más precisa y útil para la planificación y la gestión del riesgo. Para ello se propone explotar series de datos que abarquen no solo el periodo instrumental reciente, sino también reconstrucciones históricas, paleohidrológicas y proxies climáticos que permitan capturar la variabilidad natural a largo plazo, especialmente relevante en sistemas mediterráneos. Para ello será necesaria también la integración de metodologías de simulación de inundaciones pluviales y fluviales, combinando la paralelización y aceleración de los códigos de cálculo con, siempre que sea posible, modelos que incorporen explícitamente la red de drenaje, como Iber-SWMM. Este enfoque dual, que considera la interacción entre superficie y red de saneamiento, permite alcanzar resoluciones más altas y predicciones más precisas que los modelos tradicionales, especialmente a escala local y en entornos urbanos.

Acciones clave:

1. Elaborar previsiones de cambio climático para caudales de inundación y precipitaciones, incorporando una estimación superior de riesgo que permita evaluar la gama completa de posibles impactos.
2. Usar series largas de caudales históricos, registros instrumentales y documentales, así como reconstrucciones de caudal continuas que se extiendan durante siglos con resolución anual mediante registros naturales (por ejemplo, datos dendrocronológicos), de forma que se incorpore la variabilidad climática natural y la periodicidad de episodios extremos (sequías e inundaciones). Además, utilizar datos de registros administrativos y eclesiásticos como fuente de información independiente para el estudio de episodios extremos.
3. Desarrollar curvas locales de intensidad–duración–frecuencia (IDF) que integren distintos escenarios de emisiones.
4. Determinar IDF ajustadas a condiciones de cambio climático.
5. Proveer insumos para la revisión de caudales de diseño e incrementos en los mapas de peligrosidad.



6. Desarrollar plataformas de información unificada y de relevancia local que faciliten el acceso, la actualización y el uso operativo de los datos, tanto cualitativos como cuantitativos.
7. Mejorar la accesibilidad de esta información a públicos no expertos para aumentar gradualmente la cultura del riesgo local.

Mecanismos de implementación:

Actores clave: AEMET, Confederaciones Hidrográficas, MITECO, CCAA, IGME-CSIC, CEDEX

Limitaciones y advertencias:

- En los modelos es conveniente incorporar las características del caudal como, por ejemplo, la potencial carga sólida del caudal. Especialmente relevante en ambientes mediterráneos, donde los sedimentos pueden superar con facilidad el 10 o el 15% del volumen del caudal.
- Requiere la recopilación sistemática de información relativa a erosión y procesos para que se pueda incorporar a los modelos futuros.
- Conveniente la coordinación entre instituciones científicas, administraciones y organismos de gestión del agua, así como la integración de estos desarrollos en el marco normativo vigente (Real Decreto 903/2010, de evaluación y gestión de riesgos de inundación) y en sus tres fases: Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI), mapas de peligrosidad y riesgo, y Planes de Gestión del Riesgo de Inundación (PGRI), incluyendo las revisiones y actualizaciones que elaboran las confederaciones hidrográficas en cada ciclo.
- En los modelos es necesario considerar la incorporación explícita de la red de drenaje, dado que existe evidencia de que su inclusión mejora de forma significativa la capacidad de predicción del riesgo de inundaciones, especialmente en entornos urbanos.

Evidencia científica y referencias

Existe un amplio respaldo científico e institucional sobre la necesidad de disponer de información climática local y de alta resolución para la adaptación, especialmente ante el incremento observado de eventos extremos en Europa.

Beneyto, C., Aranda, J.A., Salazar-Galán, S., Garcia-Bartual, R., Albentosa, E., Francés, F. (2024). Expanding information for flood frequency analysis using a weather generator: Application in a Spanish Mediterranean catchment, *Journal of Hydrology: Regional Studies* 53, 101826, <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2024.101826>.



Benito, G., Castillo, O., Ballesteros-Cánovas, J.A., Machado, M. and Barriendos, M. (2021). Enhanced flood hazard assessment beyond decadal climate cycles based on centennial historical data (Duero basin, Spain). *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 25, 6107-6132. <https://doi.org/10.5194/hess-25-6107-2021>

National Standard of Canada, 2025. "Developing and interpreting intensity-duration-frequency (IDF) information under a changing climate". CSA W231:25 <https://climatedata.ca/resource/idf-data-and-climate-change/>

TAMAYO CARDONA, J. & NÚÑEZ MORA, J.A. (2020): Precipitaciones intensas en la Comunidad Valenciana. Análisis, sistemas de predicción y perspectivas ante el cambio climático. En LÓPEZ ORTIZ, I. MELGAREJO MORENO, J. & FERNÁNDEZ ARACIL P. (Eds.), *Riesgo de Inundación en España: análisis y soluciones para la generación de territorios resilientes*. Alicante. Publicaciones de la Universidad de Alicante, pp. 49-52.

Xie, K., Li, L., Chen, H., Mayer, S., Dobler, A., Xu, C.-Y., & Göktürk, O. M.. (2025). Enhanced evaluation of hourly and daily extreme precipitation in Norway from convection-permitting models at regional and local scales. *Hydrology and Earth System Sciences*, 29(8), 2133–2152. <https://doi.org/10.5194/hess-29-2133-2025>

Montalvo, C., Reyes-Silva, J. D., Sañudo, E., Cea, L., & Puertas, J. (2024). Urban pluvial flood modelling in the absence of sewer drainage network data: A physics-based approach. *Journal of Hydrology*, 634, 131043. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2024.131043>

Sañudo, E., García-Feal, O., Hagen, L., Cea, L., Puertas, J., Montalvo, C., ... & Hofmann, J. (2025). IberSWMM+: A high-performance computing solver for 2D-1D pluvial flood modelling in urban environments. *Journal of Hydrology*, 651, 132603. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2024.132603>.

Estrada, Laia, et al. "Spatio-temporal patterns and trends of streamflow in water-scarce Mediterranean basins." *Hydrology and Earth System Sciences* 28.24 (2024): 5353-5373. <https://doi.org/10.5194/hess-28-5353-2024>

2.a.3. Mejorar e integrar modelos predictivos en el control hidrológico para anticipar sequías e inundaciones y optimizar el uso agrícola del agua

Descripción de la propuesta

Se propone una plataforma nacional de predicción por cuencas que integre observaciones y predicciones meteorológicas con información hidrológica en tiempo real para generar escenarios hidrometeorológicos a muy corto y corto-medio plazo (hasta aproximadamente 10–15 días, en función de la cuenca y del tipo de variable), subestacionales (en torno a 4–8 semanas) y estacionales (hasta unos 6–7 meses), tomando como referencia sistemas integrados ya operativos, como el Sistema de Predicción Hidrológica Estacional de Aportaciones de Régimen Natural en Cuencas Hidrográficas Intercomunitarias desarrollado por la DGA y AEMET, y los estudios del CEDEX sobre sequías y cambio climático para España.

Para ello se propone diseñar planes estratégicos específicos, dotados de líneas de financiación adecuadas, que permitan recuperar y fortalecer el control



sistemático de los sistemas hidrogeológicos mediante coordinación entre confederaciones hidrográficas, administraciones y el Instituto Geológico y Minero de España de CSIC (IGME-CSIC). Estas actuaciones se orientan al ámbito hidrológico, dado que los datos y modelos empleados en este contexto corresponden a procesos principalmente superficiales (AEMET, SAIH, modelos de cuenca). La plataforma combinará datos de AEMET y de los Sistemas Automáticos de Información Hidrológica (SAIH) con productos de predicción inmediata y los procesará mediante modelos hidrológicos calibrados por cuenca (HEC-HMS, TETIS), incorporando indicadores de sequía como el Índice de Precipitación Evapotranspiración Estandarizada (SPEI).

Se reforzará la base observacional con redes más densas y digitalizadas, y con nuevas fuentes (sensores, satélites, drones, globos estratosféricos y modelos espectrales) para detectar cambios en caudales, humedad del suelo y reservas subterráneas. La plataforma integrará datos meteorológicos, hidrológicos de cuenca y subcuenca, usos del suelo, desarrollo urbanístico y localización de población vulnerable para análisis y planificación coherentes entre administraciones.

Se continuará el desarrollo y mejora de herramientas numéricas ya extendidas, como Iber, para acelerar el cálculo, acoplarse a SAIH, tratar adecuadamente entornos urbanos, considerar flotantes y geometría sub-malla, y facilitar su uso mediante integración en Sistema de Información Geográfica (GIS). La integración de Iber con SAIH se realizará de forma que facilite la calibración y recalibración automática y periódica de los modelos basados en Iber a partir de los datos de las redes SAIH. La propuesta incorpora el tratamiento formal de la incertidumbre, con análisis de sensibilidad y Monte Carlo, ampliación de series mediante paleohidrología y enfoques de gestión adaptativa. La plataforma deberá mantener interoperabilidad y reproducibilidad, sin depender de una única herramienta, y evaluará el rendimiento y adecuación de diferentes modelos en función de cuenca, escala y tipo de evento.

Acciones clave:

1. Implantar sistemas de predicción por cuenca y subcuenca en horizontes corto, subestacional y estacional.
2. Combinar AEMET + SAIH + predicción inmediata y procesar con HEC-HMS/TETIS; usar SPEI para sequías.
3. Reforzar la base observacional hidrometeorológica mediante redes más densas y digitalizadas, incorporando nuevas fuentes (sensores en



- cuenca, satélites, drones, globos estratosféricos y modelos espectrales) para detectar cambios en caudales, humedad del suelo y reservas subterráneas.
4. Densificar y modernizar las redes de datos en tiempo casi real (pluviometría, caudales, estaciones automáticas tipo SAIH, piezómetros con telemetría), priorizando las cuencas mediterráneas y otras con alta recurrencia de extremos para reducir el error de partida en los modelos.
 5. Integrar en la plataforma, para su explotación conjunta, los principales datasets hidrometeorológicos y socioeconómicos relevantes (usos del suelo, desarrollo urbanístico, localización de población vulnerable), apoyándose en cartografías ya existentes como CORINE u otras oficiales, con el fin de mejorar el análisis del riesgo y la planificación ex ante por cuenca y subcuenca.
 6. Digitalizar y automatizar redes con plataformas de datos abiertos.
 7. Desarrollar y acelerar modelos (Iber): HPC, acople SAIH, drenaje dual, flotantes, submalla, integración GIS.
 8. Tratar la incertidumbre con sensibilidad/Monte Carlo y ampliar series con paleohidrología.
 9. Implementación por fases: corto plazo en cuencas prioritarias con alta recurrencia de extremos; medio plazo ampliación nacional según evaluación costo–beneficio.
 10. Crear un grupo nacional permanente de coordinación de Sistemas de Alerta Temprana (SAT) de inundación, con participación de confederaciones hidrográficas, AEMET, protección civil y grupos universitarios, para armonizar enfoques, compartir lecciones aprendidas y reducir duplicidades.
 11. Publicar guías metodológicas y un repositorio de casos (éxitos, limitaciones y fallos) para apoyar la implantación y mejora de SATs, incluyendo criterios mínimos de verificación, recalibración y comunicación de incertidumbre.
 12. Planificar la gestión del agua a nivel de subcuenca con volúmenes embalsados, previsiones de precipitaciones y modelos de escenarios.
 13. Reforzar la gestión a nivel de subcuenca cuando los embalses comienzan bajos o las precipitaciones son insuficientes. Diseñar planes estratégicos específicos para recuperar y fortalecer el control sistemático de los sistemas hidrológicos mediante la coordinación entre confederaciones hidrográficas, administraciones y el IGME-CSIC.

Mecanismos de implementación:



Ámbito: Nacional y regional, con despliegue local en redes de control, con implementación por cuencas y subcuencas hidrográficas y embalses reguladores, con aplicación en zonas agrícolas y sistemas de abastecimiento urbano.

Sectores implicados: Agua, meteorología, protección civil, planificación territorial, agricultura, energía, medio ambiente, gestión urbana, emergencias.

Actores clave: AEMET, Confederaciones Hidrográficas, MITECO y CCAA, IGME-CSIC, CDEX, Ayuntamientos, Universidades y centros de investigación, Empresas de ingeniería y tecnología, Servicios de emergencias, Comunidades de regantes.

Limitaciones y advertencias

- La precisión de los modelos y su efectividad depende de la calidad, actualización y continuidad de los datos.
- Los modelos deben incorporar sedimentos, flotantes o geometría submalla y calidad del agua.
- Las incertidumbres ligadas a cambio climático, extremos y series cortas requieren análisis de sensibilidad y Monte Carlo, extensión de series con evidencias no sistemáticas y gestión adaptativa iterativa.
- Requiere inversión en infraestructura tecnológica y formación técnica.
- Riesgo de sobreconfianza en predicciones sin validación continua.
- Requiere coordinación entre administraciones y usuarios del agua.
- Puede enfrentar barreras tecnológicas y económicas para la monitorización y la adopción de nuevas prácticas de riego.
- La optimización debe adaptarse al contexto local para evitar impactos en la productividad.
- La ejecución completa de la batería de acciones depende de la disponibilidad de financiación, capacidades técnicas y coordinación interadministrativa. Se priorizarán las cuencas con mayor recurrencia de extremos y las funcionalidades críticas.

Se necesita una línea de financiación específica para asumir de forma sostenida las funciones de control hidrológico previstas en la propuesta, por lo que su contribución requeriría una dotación presupuestaria adicional.

Evidencia científica y referencias



Bladé i Castellet, E. [et al.]. Iber: herramienta de simulación numérica del flujo en ríos. "Revista internacional de métodos numéricos para cálculo y diseño en ingeniería", 2014, vol. 30, núm. 1. <https://doi.org/10.1016/j.rimni.2012.07.004>.

García-Alén, G., Montalvo, C., Cea, L., & Puertas, J. (2024). Iber-PEST: Automatic calibration in fully distributed hydrological models based on the 2D shallow water equations. *Environmental Modelling & Software*, 177, 106047. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2024.106047>

Sanz-Ramos, M., Sañudo, E., López-Gómez, D., García-Feal, O., Bladé, E., Cea, L. 2025. Evolution of the two-dimensional numerical modelling of free surface flows through Iber software. *Ingeniería del agua*, 29(2), 114-131. <https://doi.org/10.4995/ia.2025.23259>

García-Feal O, González-Cao J, Gómez-Gesteira M, Cea L, Domínguez JM, Formella A. An Accelerated Tool for Flood Modelling Based on Iber. *Water*. 2018; 10(10):1459. <https://doi.org/10.3390/w10101459>

E. Sañudo, O. García-Feal, L. Hagen, L. Cea, J. Puertas, C. Montalvo, R. Alvarado-Vicencio, J. Hofmann. IberSWMM+: A high-performance computing solver for 2D-1D pluvial flood modelling in urban environments, *Journal of Hydrology*, 651, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2024.132603>.

WATER4CAST (IIAMA): <https://water4cast.webs.upv.es>

WMO (2021). *Guidelines on Seasonal Hydrological Prediction* (WMO-No. 1274).

Molinero J. MITECO (2020). Informe sobre mejoras de la información y el conocimiento en el ámbito del agua subterránea.

Caretta, M.A., A. Mukherji, M. Arfanuzzaman, R.A. Betts, A. Gelfan, Y. Hirabayashi, T.K. Lissner, J. Liu, E. Lopez Gunn, R. Morgan, S. Mwanga, and S. Supratid, 2022: *Water*. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 551–712, doi:10.1017/9781009325844.006.

Visor redes MITECO. [https://sig.miteco.gob.es/redes-seguimiento/Guidelines on Seasonal Hydrological Prediction \(WMO-No. 1274\) 2023](https://sig.miteco.gob.es/redes-seguimiento/Guidelines%20on%20Seasonal%20Hydrological%20Prediction%20(WMO-No.%201274)%202023).

MITECO, Planes Especiales de Sequía (2018, revisión 2023).

2.a.4. Crear un grupo de escenarios climáticos hidrológicos avanzados

Descripción de la propuesta

Con el objeto de incorporar de forma sistemática la mejor información de modelos climáticos avanzados en la planificación hídrica para anticipar riesgos de sequía e inundación, se propone crear un grupo que integre resultados de proyectos de modelos del sistema terrestre (p.ej., TIPMIP, CLIMTIP y TipESM) para generar escenarios regionales aplicables a la gestión del agua. Este grupo produciría proyecciones específicas para la Península y el Mediterráneo occidental, incluyendo trayectorias de estabilización (p.ej., 2 °C y 4 °C), y traduciría dichos escenarios en indicadores hidrológicos operativos (recursos, caudales extremos, sequías). Se fomentará la colaboración de los pocos grupos



españoles con experiencia en ESM, dándoles soporte para entregar información “casi en tiempo real” a planes hidrológicos, PGRI y PES.

Acciones clave:

1. Establecer un grupo de trabajo con universidades y centros españoles que operan ESM y participan en TIPMIP/CLIMTIP/TipESM.
2. Generar escenarios regionales de temperatura/precipitación y derivar indicadores hidrológicos operativos.
3. Publicar guías de uso para planificación hidrológica y protección civil.
4. Mantener un repositorio abierto con datos y documentación técnica.

Mecanismos de implementación:

1. Convenios con grupos de modelización climática; financiación plurianual.
2. Calendario de entregables alineado con ciclos de planificación (planes de cuenca, PGRI, PES).

Ámbito: Nacional, con aplicaciones regionales y de cuenca.

Sectores implicados: Gestión del agua, Meteorología, Protección civil, Agricultura, Energía

Actores clave: MITECO, AEMET, Confederaciones hidrográficas, Universidades y centros de investigación

Limitaciones y advertencias

La traslación de ESM globales a escalas regionales introduce incertidumbres; es esencial documentarlas y evitar sobreconfianza. Requiere continuidad presupuestaria y capacidad técnica para mantener flujos de trabajo reproducibles.

Se recomienda que la elaboración de estos indicadores sea responsabilidad de las confederaciones hidrográficas.

Evidencia científica y referencias

Consultative Group of Experts (CGE), United Nations Climate Change (<https://unfccc.int/CGE>)

IPCC-Intergovernmental Panel on Climate Change, United Nations (<https://www.ipcc.ch/>).

Climate Change Expert Group (CCXG), OECD (<https://www.oecd.org/en/networks/climate-change-expert-group-ccxg.html>).



2.a.5. Incentivar el desarrollo de modelos numéricos de las aguas subterráneas a escala de acuífero y considerando la interconexión entre acuíferos

Descripción de la propuesta

Se propone desarrollar modelos numéricos de aguas subterráneas a escala de acuífero y de sistemas de acuíferos dentro de cada cuenca hidrográfica que permitan evaluar la disponibilidad, las extracciones y los umbrales ecológicos críticos en acuíferos y ecosistemas hidrodependientes. Estos modelos se calibrarán y actualizarán con las redes de control de piezometría y aforos ya existentes, que deberán modernizarse y densificarse mediante digitalización y automatización de la observación hidrogeológica.

La modelización servirá para analizar escenarios de gestión, prevenir situaciones de sobreexplotación y apoyar decisiones con límites ecológicos explícitos, contribuyendo a la sostenibilidad hídrica y a la protección de ecosistemas vulnerables.

Esta propuesta se alinea con las actuaciones del Plan de acción de aguas subterráneas 2023-2030 de la Dirección General del Agua y con los modelos ya desarrollados en las demarcaciones hidrográficas, y pretende reforzar y extender estas capacidades.

Acciones clave:

1. Desarrollar flujos de trabajo y herramientas para construir y calibrar modelos de aguas subterráneas a escala de acuífero y de sistemas de acuíferos dentro de cada cuenca, incluyendo, cuando proceda, su acoplamiento a modelos de gestión integrada del recurso superficial y subterráneo (por ejemplo, sistemas tipo AQUATOOL).
2. Usar redes de control sistemático modernizadas (puntos de piezometría, caudales, captaciones, etc.) para alimentar y actualizar los modelos con series de niveles freáticos y otros parámetros hidrogeológicos representativos de los acuíferos.
3. Evaluar y revisar, a partir de la modelización y de nueva evidencia, los umbrales ecológicos críticos y los posibles cambios abruptos en ecosistemas dependientes del agua subterránea, en coherencia con los umbrales y niveles piezométricos que ya se vienen definiendo en los planes hidrológicos de demarcación.



4. Diseñar planes estratégicos específicos, con líneas de financiación adecuadas que permitan al IGME-CSIC y otros organismos de investigación incentivar el desarrollo de modelos numéricos de las aguas subterráneas y recuperar y fortalecer el control sistemático de los sistemas hidrogeológicos.

Mecanismos de implementación:

1. Recuperación y fortalecimiento del control sistemático de sistemas hidrogeológicos mediante digitalización y automatización; despliegue de sensores y plataformas de datos abiertos.
2. ConsoLiDAR y armonizar la incorporación de resultados de modelización en la gestión adaptativa y en la planificación hidrogeológica de las demarcaciones, reforzando su uso en la evaluación de escenarios de cambio climático y en la revisión periódica de los planes hidrológicos y de acción de aguas subterráneas.

Ámbito: Nacional, priorizando cuencas con estrés hídrico y ecosistemas hidrodependientes sensibles.

Sectores implicados: Agua; medio ambiente; planificación territorial; agricultura.

Actores clave: MITECO, IGME-CSIC, Confederaciones Hidrográficas, Comunidades autónomas, Universidades y centros de investigación.

Limitaciones y advertencias

- La calidad de los resultados depende de la densidad y continuidad de los datos hidrogeológicos; series cortas o redes poco densas pueden introducir sesgos.
- La representación de procesos subterráneos a escala de cuenca implica supuestos y simplificaciones que deben validarse.
- La identificación de umbrales ecológicos críticos requiere evidencia local y revisión periódica para evitar decisiones basadas en estimaciones inciertas.
- Es necesario tener en cuenta la interconexión entre acuíferos.
- Es recomendable priorizar el uso de herramientas de modelización de código abierto o de libre acceso, como MODFLOW y su interfaz gráfica ModelMuse, que facilitan la transparencia y la reproducibilidad.

Evidencia científica y referencias



La modelización hidrogeológica es herramienta estándar para evaluar disponibilidad, presiones y efectos ecológicos en acuíferos, y la digitalización del control sistemático es condición habilitante para su calibración y seguimiento.

Andreu, J., Capilla, J., y Sanchís, E. (1996). AQUATOOL, a generalized decision-support system for water-resources planning and operational management. *Journal of Hydrology*

Volume 177, Issues 3–4, 1 April 1996, Pages 269-291.

Arciniega-Esparza, S., Hernández -Espriú, J. A., Salinas-Calleros, G., Birkel, C., & Sanchez, R. (2025). Assessing hydrological drought propagation through assimilation of GRACE for groundwater storage anomalies modelling in northeastern Mexico. *Journal of Hydrology*, 133826.

Bailey, R. T., Abbas, S., Arnold, J. G., & White, M. J. (2025). SWAT+ MODFLOW: a new hydrologic model for simulating surface-subsurface flow in managed watersheds. *Geoscientific Model Development*, 18(17), 5681-5697.

Rohde, M. M., Stella, J. C., Singer, M. B., Roberts, D. A., Caylor, K. K., & Albano, C. M. (2024). Establishing ecological thresholds and targets for groundwater management. *Nature water*, 2(4), 312-323.

Schlattmann, A., Neuendorf, F., Burkhard, K., Probst, E., Pujades, E., Mauser, W., ... & Von Haaren, C. (2022). Ecological sustainability assessment of water distribution for the maintenance of ecosystems, their services and biodiversity. *Environmental management*, 70(2), 329-349.

2.a.6. Integrar tecnologías de adsorción para resiliencia hídrica

Descripción de la propuesta

La propuesta plantea integrar tecnologías de adsorción, procesos fisicoquímicos que retienen contaminantes en la superficie de materiales sólidos, dentro de la Estrategia Nacional para la Resiliencia Hídrica, mediante las siguientes acciones clave.

Acciones clave:

1. Unidades modulares y portátiles para la detección y posterior adsorción de contaminantes, diseñadas para su despliegue inmediato en zonas afectadas por inundaciones. Estas unidades permiten el tratamiento in situ y garantizan un acceso rápido a agua potable segura durante las horas críticas posteriores al evento.
2. Barreras reactivas permeables (BRP) rellenas de adsorbentes en puntos estratégicos como drenajes urbanos y efluentes industriales, para actuar como filtros pasivos que reduzcan la descarga súbita de contaminantes durante episodios de lluvia extrema.
3. Aplicación como tratamiento terciario en plantas depuradoras y a nivel doméstico para garantizar la eliminación de contaminantes emergentes



en aguas grises y residuales, facilitando su reutilización segura en riego agrícola, recarga de acuíferos o usos industriales.

Mecanismos de implementación:

Ámbito: Nacional, con prioridad en zonas de riesgo hídrico extremo.

Sectores implicados: Agua, agricultura, industria, protección civil, salud pública

Actores clave: MITECO, Confederaciones Hidrográficas, empresas de tratamiento de agua, centros de investigación, ayuntamientos.

Limitaciones y advertencias

1. Los altos costes iniciales se deben principalmente al uso de materiales avanzados, mientras que los adsorbentes biodegradables derivados de biomasa o biopolímeros pueden ofrecer alternativas de menor coste.
2. Riesgo de liberación de nanopartículas si no se asegura su inmovilización.
3. Necesidad de protocolos para regeneración y disposición segura de adsorbentes usados.
4. Se requieren protocolos de regeneración y de gestión segura de adsorbentes usados, pero los materiales biodegradables ofrecen ventajas al final de su vida útil, al reducir el riesgo de acumulación persistente y permitir estrategias de valorización o biodegradación controladas.

Evidencia científica y referencias

Uyo, C.N., Emereibeole, E.I., Ejiogu, C.C., Anyanwu, J.C., Echereobia, C.O., Nmecha, M.I., 2025. Advancements in water decontamination technologies: a special emphasis on adsorption techniques. Chem. Pap. <https://doi.org/10.1007/s11696-025-04412-x>

Morin-Crini, N., Lichtfouse, E., Fourmentin, M., Ribeiro, A.R.L., Noutsopoulos, C., Mapelli, F., Fenyvesi, É., Vieira, M.G.A., Picos-Corrales, L.A., Moreno-Piraján, J.C., Giraldo, L., Sohajda, T., Huq, M.M., Soltan, J., Torri, G., Magureanu, M., Bradu, C., Crini, G., 2022. Removal of emerging contaminants from wastewater using advanced treatments. A review. Environ. Chem. Lett. 20, 1333–1375. <https://doi.org/10.1007/s10311-021-01379-5>

Lal, S., Singh, P., Singhal, A., Kumar, S., Gahlot, A.P.S., Gandhi, N., Kumari, P., 2024. Advances in metal-organic frameworks for water remediation applications. RSC Adv. 14, 3413–3446. <https://doi.org/10.1039/D3RA07982A>

Martínez-Sabando, J.; Coin, F.; Raposo, J. C.; Larrañaga, A.; Melillo, J. H.; Cervený, S., 2023, Dual crosslinking of low-methoxyl pectin by calcium and europium for the simultaneous removal of pharmaceuticals and divalent heavy metals. Chemical Engineering Journal 475, 146162. DOI: [j.cej.2023.146162](https://doi.org/10.1016/j.cej.2023.146162). <https://doi.org/10.1016/j.cej.2023.146162>

Sen, T.K., 2023. Agricultural Solid Wastes Based Adsorbent Materials in the Remediation of Heavy Metal Ions from Water and Wastewater by Adsorption: A Review. Molecules 28, 5575. <https://doi.org/10.3390/molecules28145575>



Dotto, G.L., McKay, G., 2020. Current scenario and challenges in adsorption for water treatment. J. Environ. Chem. Eng. 8, 103988. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.103988>

Teymouri, E., Wong, K.S., Tan, Y.Y., Mohd Pauzi, N.N., 2025. Application of Adsorbent Pervious Concrete on Mitigating Stormwater and Wastewater Contaminations: A Review. Iran. J. Sci. Technol. Trans. Civ. Eng. <https://doi.org/10.1007/s40996-025-01975-3>

Kumar, D., Rani, J., Selwal, K.K., 2025. Low-Cost Adsorbents: A Sustainable Strategy for Emerging Contaminant Mitigation. Water. Air. Soil Pollut. 236, 947. <https://doi.org/10.1007/s11270-025-08573-z>

2.a.7. Impulsar la evaluación y mapeo de riesgos climáticos hidrológicos para las infraestructuras de transporte

Descripción de la propuesta

Impulsar la evaluación integral de los riesgos climáticos en todos los modos de transporte (carretera, ferroviario, aéreo y marítimo), con el fin de reforzar la resiliencia del sistema de transporte frente a los efectos del cambio climático y los eventos meteorológicos extremos.

Acciones clave:

La medida incluye la identificación de elementos vulnerables, la incorporación de análisis de zonas inundables aprovechando las cartografías ya elaboradas por la Dirección General del Agua (Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables) y el papel de las infraestructuras lineales en la planificación territorial y los estudios hidrológicos,

1. Avanzar en la adopción de un enfoque funcional, sistémico e interdependiente que considere los impactos en cascada entre sectores como la energía o las telecomunicaciones. Asimismo, siempre teniendo en cuenta las limitaciones inherentes a las proyecciones climáticas futuras, se fomentará el empleo de escenarios climáticos futuros además de datos históricos en las evaluaciones de riesgo, con el fin de favorecer un diseño más resiliente y adaptable de las infraestructuras y servicios de transporte.

Limitaciones y advertencias

- La calidad y homogeneidad de datos (inventarios, cartografía de inundabilidad y fallas)
- La incertidumbre de los escenarios climáticos y la interoperabilidad entre gestores de transporte, energía y telecomunicaciones.
- Evaluaciones incompletas o metodologías dispares pueden sesgar la priorización y llevar a sobredimensionar o a “bloques” tecnológicos costosos.



- La adaptación conlleva CAPEX/OPEX relevantes y exige mantenimiento y monitorización continuos; si no se integra en el planeamiento y en la gestión de activos, se corre el riesgo de transferir vulnerabilidad y fallos en cascada.

Evidencia científica y referencias

Existe consenso en cuanto a que las infraestructuras de transporte son cada vez más vulnerables frente a eventos climáticos extremos, con consecuencias socioeconómicas relevantes. Las evaluaciones sistemáticas de vulnerabilidad y riesgo resultan necesarias para orientar la adaptación, la planificación de la resiliencia y la priorización de inversiones. Los aspectos más relevantes en los que existe consenso en la literatura son:

- Necesidad de evaluaciones sistemáticas de vulnerabilidad y riesgo: integral y multirriesgo: abordar el riesgo combinando peligro–exposición–vulnerabilidad, ante aumentos proyectados bajo múltiples amenazas.
- Necesidad de priorización espacial: focalizar recursos en “puntos calientes” y áreas con mayor daño esperado y criticidad.
- Identificación de elementos vulnerables: localizar tramos y activos expuestos y cartografía de redes/variables físicas.
- Enfoque integral y en cascada: funcional y sistémico: incorporar flexibilidad y gestión de interdependencias entre sistemas para anticipar disrupciones e impactos en cascada.
- Empleo de proyecciones futuras y datos históricos, reconociendo las limitaciones de los escenarios climáticos futuros.

Bergantino, A. S., Mantecchini, L., Percoco, M., & Salvatore, R. (2024). Assessing transport network resilience: Empirical insights from real-world data studies. *Transport Policy*, 147, 83–97. <https://doi.org/10.1080/01441647.2024.2322434>

Bubeck, P., Dillenardt, L., Alfieri, L., Feyen, L., Thielen, A., & Kellermann, P. (2019). Global warming to increase flood risk on European railways. *Climatic Change*, 1-18. <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02434-5>.

Forzieri, G., Bianchi, A., Silva, F., Herrera, M., Leblois, A., Lavalle, C., Aerts, J., & Feyen, L. (2016). Escalating impacts of climate extremes on critical infrastructures in Europe. *Global Environmental Change*, 48, 97 - 107. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.11.007>.

Markolf, S., Hoehne, C., Fraser, A., Chester, M., & Underwood, S. (2019). Transportation resilience to climate change and extreme weather events – Beyond risk and robustness. *Transport Policy*. <https://doi.org/10.1016/J.TRANPOL.2018.11.003>.

Schlögl, M., & Matulla, C. (2017). Potential future exposure of European land transport infrastructure to rainfall-induced landslides throughout the 21st century. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 18, 1121-1132. <https://doi.org/10.5194/NHESS-18-1121-2018>.



2.a.8. Elaborar mapas dinámicos de riesgo-coste e integrarlos en la planificación climática nacional

Descripción de la propuesta

La propuesta impulsa el desarrollo y uso sistemático de mapas dinámicos de riesgo-coste, capaces de integrar información topográfica, la cartografía existente de zonas inundables (como el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables – SNCZI), datos de teledetección (por ejemplo, a partir de los servicios Copernicus), registros históricos de eventos extremos, proyecciones climáticas y acumulación de impactos a lo largo del tiempo.

Estos mapas constituyen una herramienta clave para la gestión territorial adaptativa, al permitir:

1. Identificación precisa de zonas vulnerables frente a inundaciones, erosión costera y otros impactos derivados del cambio climático.
2. Evaluación de riesgos acumulados, considerando la frecuencia y severidad de eventos extremos y su efecto combinado sobre infraestructuras y ecosistemas.
3. Detección de zonas críticas para implementar acciones prioritarias y para evaluar riesgos de maladaptación asociados a medidas ya adoptadas o planificadas.

Su carácter dinámico posibilita actualizaciones periódicas que reflejen nuevas evidencias científicas y escenarios climáticos, asegurando que las políticas públicas se mantengan alineadas con la evolución del riesgo. La medida parte de la cartografía ya elaborada por la Dirección General del Agua y otras administraciones y busca integrarla en un marco dinámico y actualizado de riesgo coste-urbano.

Acciones clave:

1. Priorización de inversiones en infraestructuras resilientes y medidas de protección pasiva y activa (restauración de playas, dunas y vegetación costera).
2. Optimización de la planificación urbana y territorial, integrando el riesgo climático en los instrumentos de ordenación del suelo y en la gestión de emergencias.
3. Apoyo a la toma de decisiones locales, proporcionando información actualizada y georreferenciada a los gestores públicos.
4. Evaluación preventiva de riesgos de maladaptación, evitando soluciones que incrementen vulnerabilidades futuras.
5. Asimismo, se propone integrar explícitamente los daños costeros y las olas de frío extremo en las estrategias nacionales de adaptación climática



mediante: mapas de peligrosidad y riesgo actualizados, Indicadores de vulnerabilidad y resiliencia y participación activa de entidades científicas y técnicas (IGME, universidades, centros climáticos).

Mecanismos de implementación:

En conjunto, esta medida permite una planificación climática basada en ciencia, dinámica y territorialmente ajustada, fortaleciendo la resiliencia del litoral y del entorno urbano frente a un clima cambiante. Es recomendable diseñar planes estratégicos específicos que incluyan líneas de financiación para que la investigación y apoyo técnico puedan desarrollar, actualizar y validar mapas dinámicos de riesgo coste-urbano.

Ámbito: Nacional y autonómico, con implementación local en zonas costeras y áreas urbanas vulnerables.

Sectores implicados: Medio ambiente, planificación territorial, infraestructuras, emergencias, investigación científica.

Actores clave: MITECO, Confederaciones Hidrográficas y organismos autonómicos de cuenca, IGME-CSIC, Puertos del Estado, AEMET, comunidades autónomas, universidades, ayuntamientos y centros de investigación climática.

Limitaciones y advertencias:

- Requiere inversión inicial elevada en cartografía de alta resolución y sistemas SIG interoperables.
- Es esencial garantizar la actualización continua de datos y la coordinación entre administraciones locales, autonómicas y nacionales.
- La integración de riesgos acumulados y evaluación de maladaptación implica metodologías avanzadas y consenso técnico.
- Necesidad de formación especializada para interpretar mapas dinámicos y aplicar criterios de resiliencia en la planificación.
- Conviene favorecer el uso de herramientas SIG de código abierto o distribución gratuita (por ejemplo, QGIS) para reducir barreras económicas y facilitar la adopción de los mapas dinámicos por parte de todas las administraciones.

La ausencia de líneas de financiación específicas en organismos científicos clave limita su capacidad para desarrollar de forma continuada las actividades técnicas asociadas a la generación y actualización de mapas dinámicos de riesgo coste-urbano.

Evidencia científica y referencias



Bühler, M.M., Sebald, C., Rechid, D., Baier, E., Michalski, A., Rothstein, B., Nübel, K., Metzner, M., Schwieger, V., Harrs, J.-A., Jacob, D., Köhler, L., Panhuis, G. in het, Tejeda, R.C.R., Herrmann, M., Buziek, G., 2021. Application of Copernicus Data for Climate-Relevant Urban Planning Using the Example of Water, Heat, and Vegetation. *Remote Sens.* 13, 3634. <https://doi.org/10.3390/rs13183634>

Cappucci, S., Carillo, A., Iacono, R., Moretti, L., Palma, M., Righini, G., Antonioli, F., Sannino, G., 2024. Evolution of Coastal Environments under Inundation Scenarios Using an Oceanographic Model and Remote Sensing Data. *Remote Sens.* 16, 2599. <https://doi.org/10.3390/rs16142599>

Clemente, M.F., D'Ambrosio, V., Focareta, M., 2022. The proposal of the Coast-RiskBySea: COASTal zones RISK assessment for Built environment bY extreme SEA level, based on the new Copernicus Coastal Zones data. *Int. J. Disaster Risk Reduct.* 75, 102947. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2022.102947>

Copernicus Climate Change Service (C3S). "Coastal risk and adaptation datasets." <https://climate.copernicus.eu>

Estrela-Segrelles, C., Gómez-Martínez, G., Pérez-Martín, M.Á., 2021. Risk assessment of climate change impacts on Mediterranean coastal wetlands. Application in Júcar River Basin District (Spain). *Sci. Total Environ.* 790, 148032. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148032>

Laino, E., Toledo, I., Aragonés, L., Iglesias, G., 2024. A novel multi-hazard risk assessment framework for coastal cities under climate change. *Sci. Total Environ.* 954, 176638. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.176638>

Ren, S., Ghaffar, B., Mubbin, M., Haseeb, M., Tahir, Z., Hassan, S.S., Kucher, D.E., Kucher, O.D., Abdullah-Al-Wadud, M., 2025. Multisensor Remote Sensing and AI-Driven Analysis for Coastal and Urban Resilience Classification. *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.* 18, 9166–9180. <https://doi.org/10.1109/jstars.2025.3554793>

Velegrakis, A.F., Chatzistratis, D., Chalazas, T., Armaroli, C., Schiavon, E., Alves, B., Grigoriadis, D., Hasiotis, T., Ieronymidi, E., 2024. Earth observation technologies, policies and legislation for the coastal flood risk assessment and management: a European perspective. *Anthr. Coasts* 7, 3. <https://doi.org/10.1007/s44218-024-00037-x>

2.a.9. Reforzar la gestión operativa del riego y asesoramiento agronómico apoyado en servicios climáticos para ahorrar agua sin perder rendimiento

Descripción de la propuesta

Esta propuesta impulsa la programación precisa del riego en cada parcela, combinando información sobre clima, suelo y estado del cultivo con asesoramiento agronómico cercano prestado por cooperativas y servicios públicos. En la práctica, se trata de regar solo cuando hace falta y en la cantidad adecuada, ajustando dosis y turnos a la fase del cultivo y a episodios de calor o frío. A escala de cuenca, el objetivo es aumentar la productividad hídrica sin incrementar las extracciones o la demanda total del sistema. La medida se apoya en los servicios de asesoramiento de riego ya existentes (como el SIAR nacional y los SIAR autonómicos) y plantea su actualización, integración con servicios climáticos y extensión a más zonas y cultivos.



Acciones clave:

1. Se integrarán, cuando proceda, los conocimientos e infraestructuras de los sistemas tradicionales de riego —acequias, partidores y turnos comunitarios— por su aportación productiva y ecosistémica (retención e infiltración de agua, laminación de avenidas y conectividad hidrológica), en complemento de las tecnologías modernas.

El paquete incluye herramientas sencillas para el agricultor (balances de agua diarios o semanales y alertas de estrés), riego deficitario controlado

2. Reforzar el uso de herramientas sencillas para el agricultor, como las que ya ofrecen los servicios públicos de asesoramiento de riego (balances de agua diarios o semanales y alertas de estrés), riego deficitario controlado en cultivos con evidencia demostrada de eficacia, y apoyo a decisiones fenológicas (por ejemplo, fechas de poda o manejo de la carga) para mantener rendimientos y calidad reduciendo consumos.

El resultado esperado es más producción por metro cúbico y menor vulnerabilidad ante sequías y olas de calor, mediante la difusión de tecnologías y prácticas accesibles para explotaciones pequeñas y medianas, apoyada en formación, experiencias piloto y asesoramiento técnico.

Para asegurar que los ahorros sean reales a escala de cuenca y evitar el “efecto rebote”, la implementación se enmarcará en salvaguardas de gobernanza (contabilidad hídrica biofísica y legal, límites/dotaciones y verificación de extracciones), coordinadas con las autoridades competentes. Además, se considerarán explícitamente variables sociales (coste, brecha digital, organización de regantes y equidad) en el diseño de la asesoría y las herramientas.

Limitaciones y advertencias

- La eficacia depende de datos y asesoramiento de calidad: estaciones y sensores bien mantenidos, caracterización de suelos/cultivos y previsiones fiables; sin ello, aumenta el riesgo de riegos tardíos o insuficientes y pérdidas de rendimiento.
- Existen barreras de adopción (coste, brecha digital y tiempo de aprendizaje) y limitaciones hidráulicas de las redes (uniformidad, presión, turnos).
- El riego deficitario controlado es cultivo- y fase-dependiente: aplicado fuera de rango o en olas de calor puede provocar estrés irreversible.
- Requiere seguimiento y verificación de ahorros para evitar “eficiencia aparente” sin reducción real de consumos.



- Se recomienda que la recuperación selectiva de sistemas tradicionales se justifique técnicamente (beneficio hidrológico y operativo) y contemple necesidades de mantenimiento y gobernanza local.
- Sin un marco de gobernanza que garantice reducción efectiva de extracciones (contabilidad, límites y control), la mejora tecnológica puede no traducirse en ahorro neto a escala de cuenca.

Evidencia científica y referencias

Albizua, A., Corbera, E., & Pascual, U. (2019). Farmers' vulnerability to global change in Navarre, Spain: large-scale irrigation as maladaptation. *Regional environmental change*, 19(4), 1147-1158. <https://doi.org/10.1007/s10113-019-01462-2>

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration (FAO Irrigation and Drainage Paper 56). FAO.

Chaves, M. M., Zarrouk, O., Francisco, R., Costa, J. M., Santos, T., Regalado, A. P., Rodrigues, M. L., & Lopes, C. M. (2010). Grapevine under deficit irrigation: Hints from physiological and molecular data. *Annals of Botany*, 105(5), 661–676. <https://doi.org/10.1093/aob/mcq030>

European Commission. (2024). European Climate Risk Assessment (EUCRA): Water scarcity and agriculture.

Fereres, E., & Soriano, M. A. (2007). Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *Journal of Experimental Botany*, 58(2), 147–159. <https://doi.org/10.1093/jxb/erl165>

Gobierno de España. (2021). Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021–2030 (PNACC-2). Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Working Group II contribution (Chapters: Europe; Food, Fibre and other Ecosystem Products). IPCC.

MedECC. (2024). *Interlinking climate change with the Water-Energy-Food-Ecosystems (WEFE) nexus in the Mediterranean Basin* (P. Drobinski, M. G. Rivera-Ferre, M. Abdel Monem, F. Driouech, W. Cramer, J. Guiot, J. C. Gattacceca, & K. Marini, Eds.). MedECC Reports. MedECC Secretariat. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13365388>

Medrano, H., Tomás, M., Martorell, S. et al. Improving water use efficiency of vineyards in semi-arid regions. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 35, 499–517 (2015). <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0280-z>

Millán, S., Casadesús, J., Campillo, C., Moñino, M. J., & Prieto, M. H. (2019). Using soil moisture sensors for automated irrigation scheduling in a plum crop. *Water*, 11(10), 2061. <https://doi.org/10.3390/w11102061>

Nikolaou, G., Neocleous, D., Christou, A., Kitta, E., & Katsoulas, N. (2020). Implementing sustainable irrigation in water-scarce regions under the impact of climate change. *Agronomy*, 10(8), 1120. <https://doi.org/10.3390/agronomy10081120>

Pérez-Blanco, C. D., Loch, A., Ward, F., Perry, C., & Adamson, D. (2021). Agricultural water saving through technologies: a zombie idea. *Environmental Research Letters*, 16(11), 114032. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac2fe0>



Perry, C., Steduto, P., & Karajeh, F. (2017). *Does improved irrigation technology save water? A review of the evidence*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/4416ca40-cebf-4272-a847-bdadf377a1df/content>

Romero, P., Navarro, J., & Ordaz, P. B. (2022). Towards a sustainable viticulture: The combination of deficit irrigation strategies and agroecological practices in Mediterranean vineyards—A review and update. *Agricultural Water Management*, 262, 107216. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107216>

2.a.10. Ajustar la demanda de agua agrícola a la disminución de los recursos hídricos asociada al cambio climático

Descripción de la propuesta

Se propone ajustar de manera efectiva la demanda de agua agrícola a la disminución de los recursos hídricos, combinando la revisión de concesiones y dotaciones con una modernización del regadío cuidadosamente condicionada, con criterios de eficiencia de uso de agua —técnica y económica—, y vinculando las ayudas a resultados medibles en ahorro y al control de extracciones. La medida incluye revisar concesiones y dotaciones, establecer límites de uso acordes con la disponibilidad y La medida profundiza y generaliza la revisión de concesiones y dotaciones que ya vienen realizando las confederaciones hidrográficas, ajustándolas a la disponibilidad real y a los objetivos ambientales, y manteniendo mantener caudales ecológicos. En cuencas con déficits estructurales, se combinará la **reducción de la demanda con fuentes alternativas** (p. ej., desalación), con **compensaciones** para evitar impactos socioeconómicos no deseados. Además, se reforzará el uso de tecnologías digitales (sensores, telemetría, automatización) para garantizar eficiencia verificable y control en tiempo real. Asimismo, se promoverán planes de ordenación de cultivos que alineen los patrones de cultivo con la disponibilidad hídrica actual y futura, favoreciendo alternativas menos demandantes allí donde las dotaciones sostenibles lo requieran

Acciones clave:

1. Diseñar y extender programas de inversión, incluyendo la digitalización del regadío ya impulsada (por ejemplo, a través del PERTE de digitalización del ciclo del agua), condicionados a una eficiencia verificable y al control telemático de extracciones.
2. Revisión de concesiones y dotaciones conforme a disponibilidad real y objetivos ambientales.
3. Incentivos a la reconversión de cultivos y a técnicas de riego más eficientes.
4. Priorización hídrica con salvaguardas ecosistémicas.
5. Instrumentos económicos (políticas de precios, mercados del agua, subsidios) y campañas de información/concienciación como eje fundamental para reducir la demanda y equilibrar oferta–demanda.



6. Acompañar las actuaciones de eficiencia con medidas de gobernanza para evitar el efecto rebote (p. ej., aumento de cosechas o cambio a cultivos de mayor demanda hídrica si se mantienen dotaciones).
7. Elaborar planes de ordenación de cultivos que fomenten especies y sistemas productivos compatibles con las dotaciones de agua sostenibles presentes y futuras.
8. Incorporar jerarquías de uso del agua basadas en criterios ambientales y sociales (servicios ecosistémicos, empleo, resiliencia del territorio, valor añadido rural) para orientar la asignación y revisión de dotaciones agrícolas.
9. Impulsar medidas y apoyos específicos para la transición a secano en zonas con déficit estructural de recursos hídricos, incluyendo incentivos, acompañamiento técnico y mecanismos de protección social para agricultores vulnerables.

Mecanismos de implementación:

1. Marco de ayudas y préstamos vinculados a indicadores de desempeño.
2. Coordinación entre confederaciones, CCAA y comunidades de regantes.

Ámbito: Zonas de regadío en cuencas con estrés hídrico.

Sectores implicados: Agricultura, Gestión del agua, Desarrollo rural

Actores clave: Confederaciones hidrográficas, Comunidades autónomas, Comunidades de regantes, MITECO, CEDEX

Limitaciones y advertencias

- Efecto rebote: sin límites efectivos y control de extracciones, la eficiencia puede traducirse en más superficie, más cosechas o cultivos más demandantes, sin reducir consumos.
- La modernización del regadío, aplicada de forma aislada y sin coordinarse con medidas de reducción de demanda, restauración de ecosistemas y protección de caudales ecológicos, puede aumentar la vulnerabilidad y la dependencia hídrica a medio y largo plazo; la propuesta debe aplicarse como parte de ese paquete integrado de actuaciones del Pacto.
- Impactos sociales e institucionales: la modernización puede aumentar desigualdades entre agricultores y alterar la gobernanza si no se consideran variables sociales, económicas e institucionales junto a las biofísicas/agronómicas.



- La reconversión puede requerir compensaciones y acompañamiento técnico.
- La falta de datos fiables dificulta la priorización y el seguimiento.
- La efectividad de la digitalización y la ordenación de cultivos depende de la adopción tecnológica y de incentivos adecuados para llevarlo a cabo.

Evidencia científica y referencias

Albizua, A., Corbera, E., & Pascual, U. (2019). Farmers' vulnerability to global change in Navarre, Spain: large-scale irrigation as maladaptation. *Regional environmental change*, 19(4), 1147-1158. <https://doi.org/10.1007/s10113-019-01462-2>

Aliod, R., Corominas, J., Martínez, J., Sánchez, L. (2022) Modernización de regadíos, emisiones y contaminación difusa. Estado de la Cuestión, Fundación Nueva Cultura del Agua. https://fnca.eu/images/documentos/DOCUMENTOS/Proy4-regadio-web_22.pdf

Aslam, M.F., Masia, S., Spano, D. *et al.* Modelling crop water demand under climate change: the case of Sardinia region. *Irrig Sci* (2025). <https://doi.org/10.1007/s00271-025-01027-8>

CEDEX. "Estudio de los impactos del cambio climático en los recursos hídricos y las masas de agua." (2012). https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/es/agua/temas/planificacion-hidrologica/ImpactoCCSintesis_tcm30-130766.pdf pdfDeka, R.K., Saikia, M.J., 2025. IoT and Computer Vision in Smart Irrigation: A Review of Cost-Effective Solutions and Future Trends. *Preprints.org* 202509.0128.v1. <https://doi.org/10.20944/preprints202509.0128.v1>

García, I.F., Lecina, S., Ruiz-Sánchez, M.C., Vera, J., Conejero, W., Conesa, M.R., Domínguez, A., Pardo, J.J., Lélis, B.C., Montesinos, P., 2020. Trends and Challenges in Irrigation Scheduling in the Semi-Arid Area of Spain. *Water* 12, 785. <https://doi.org/10.3390/w12030785>

He L, Rosa L. Solutions to agricultural green water scarcity under climate change. *PNAS Nexus*. 2023 Apr 4;2(4):pgad117. doi: 10.1093/pnasnexus/pgad117. PMID: 37113982; PMCID: PMC10129347.

Ingrao C, Strippoli R, Lagioia G, Huisingh D. Water scarcity in agriculture: An overview of causes, impacts and approaches for reducing the risks. *Heliyon*. 2023 Jul 21;9(8):e18507. doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e18507. PMID: 37534016; PMCID: PMC10392093.

J.P.C. Eekhout, I. Delsman, J.E.M. Baartman, M. van Eupen, C. van Haren, S. Contreras, J. Martínez-López, J. de Vente (2024). How future changes in irrigation water supply and demand affect water security in a Mediterranean catchment, *Agricultural Water Management*, 297. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.108818>.

Liaqat, W., Barutçular, C., Farooq, M. U., Ahmad, H., Jan, M. F., Ahmad, Z., Nawaz, H., & Li, M. (2022). Climate change in relation to agriculture: A review. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 20(2), e03R01. <https://doi.org/10.5424/sjar/2022202-17742>

Liu, X., Liu, W., Tang, Q., Liu, B., Wada, Y., & Yang, H. (2022). Global agricultural water scarcity assessment incorporating blue and green water availability under future climate change. *Earth's Future*, 10, e2021EF002567. <https://doi.org/10.1029/2021EF002567>

Martínez, J., Sánchez, L., del Moral, L., Corominas, J., Aliod, R., Vila, J., Sampedro, D., Gil, S., Roca, F. La, Lafuente, R., Bagué, E., Cabello, V., & Sanchís, C. (2025). Claves para la transición hídrica en el medio agrario. *Fundación Nueva Cultura del Agua*. https://fnca.eu/images/documentos/Miteco/Transicion_Hidrica_Agraria.pdf



McCornick, Peter G.; Smakhtin, Vladimir; Bharati, Luna; Johnston, Robyn; McCartney, Matthew; Sugden, Fraser; Clement, Floriane; and McIntyre, Beverly, "Afrontar el Cambio: Cuidar del Agua, de la Agricultura y de la Seguridad Alimentaria en una Era de Incertidumbre Climática" (2014). Water for Food Faculty Publications. 9.
<http://digitalcommons.unl.edu/wffdocs/9>

Meriç, M.K., 2025. Implementation of a wireless sensor network for irrigation management in drip irrigation systems. *Sci. Rep.* 15, 14157. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-97303-w>

Molénat, J., Barkaoui, K., Benyoussef, S., Mekki, I., Zitouna, R., Jacob, F., 2023. Diversification from field to landscape to adapt Mediterranean rainfed agriculture to water scarcity in climate change context. *Curr. Opin. Environ. Sustain.* 65, 101336. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2023.101336>

Montsant, A., Baena, O., Bernárdez, L., Puig, J., 2021. Modelling the impacts of climate change on potential cultivation area and water deficit in five Mediterranean crops. *Span. J. Agric. Res.* 19, e0301–e0301. <https://doi.org/10.5424/sjar/2021192-17112>

Moreira, M., Mourato, S., Rodrigues, C., Silva, S., Guimarães, R., Chibeles, C., 2021. Building a Digital Twin for the Management of Pressurised Collective Irrigation Systems, in: *Proceedings of the 1st International Conference on Water Energy Food and Sustainability (ICoWEFS 2021)*. pp. 785–795. https://doi.org/10.1007/978-3-030-75315-3_83

Nsoh, B., Katimbo, A., Guo, H., Heeren, D.M., Nakabuye, H.N., Qiao, X., Ge, Y., Rudnick, D.R., Wanyama, J., Bwambale, E., Kiraga, S., 2024. Internet of Things-Based Automated Solutions Utilizing Machine Learning for Smart and Real-Time Irrigation Management: A Review. *Sensors* 24, 7480. <https://doi.org/10.3390/s24237480>

Saralegui-Díez, P., Aguilera, E., Cerrillo-García, I., González De Molina, M., Guzmán, G. I., López, L., Moranta, J., Morilla, R., Olea, N., Ramos, M., Ramirez, E., Rasero, S., Rivera-Ferre, M., Salazar, S., Salmerón, N., Villasante, S., & Vitoria, J. (2025). Hacia la transformación del sistema alimentario en España: situación actual, impactos y escenarios de futuro. *Alimentta*. https://es.greenpeace.org/es/wp-content/uploads/sites/3/2025/06/GP_Alimentta_02.pdf

Vanino, S., Baratella, V., Henao, E., López, M.-L., Osann, A., Papadaskalopoulou, C., Antoniadou, M., Tassopoulos, D., González-Piqueras, J., Galve, J.M., Fabiani, S., 2025. Mapping Land Use Suitability for Processing Tomato Cultivation in a Climate Change Scenario: A Case Study in an Irrigated Agricultural Area of Central Italy. *Preprints.org* 202506.1373.v1. <https://doi.org/10.20944/preprints202506.1373.v1>

Ward, F. A., & Pulido-Velazquez, M. (2008). Water conservation in irrigation can increase water use. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(47), 18215-18220. <https://doi.org/10.1073/pnas.0805554105>

2.a.11. Mejorar la gestión de la sequía con una planificación de la reducción de la demanda de agua a medio plazo

Descripción de la propuesta

En las dos últimas décadas, España ha desarrollado una infraestructura normativa y técnica eficaz para la gestión hidrológica de la sequía. Los Planes Especiales de Actuación en Situaciones de Sequía (PES) han reducido de forma notable los cortes urbanos gracias a protocolos claros e indicadores objetivos, reforzando la resiliencia del abastecimiento. Sin embargo, esta capacidad no se ha extendido a otros sectores vulnerables —agricultura, ganadería y



ecosistemas dependientes del agua (por ejemplo, humedales y masas forestales vulnerables a estrés hídrico e incendios —, donde los impactos socioeconómicos permanecen elevados.

Acciones clave:

1. La medida propone ampliar el enfoque hacia un modelo multisectorial que integre dimensiones hidrológicas, agrarias, forestales y socioeconómicas, sustentado en indicadores validados, comparables y coordinados entre administraciones.
2. De forma específica, se propone incorporar estrategias agronómicas y agroecológicas, así como cambios en los manejos en finca, orientadas a la reducción de la evapotranspiración y a la conservación del agua en el suelo —como cubiertas vegetales, *mulching*, rotaciones y cultivos de secano adaptados, reforzando el papel del secano como estrategia nacional de adaptación — cuya eficacia está ampliamente documentada en la literatura científica reciente. Asimismo, se refuerza el papel del secano como estrategia nacional de adaptación, promoviendo sistemas de producción de secano más resilientes y mejor acompañados técnica y económicamente.
3. Junto a la planificación de la reducción de la demanda a medio plazo, se incorporan estrategias de conservación del agua, tanto indirectas en suelo (prácticas de manejo de cultivos y gestión del suelo) como directas (estructuras de recogida de agua de lluvia, antiguos aljibes, etc.). Con ello se anticiparán los efectos de la sequía en sectores productivos y ecosistemas, mejorando la coordinación interadministrativa y reduciendo los costes económicos y sociales asociados.

Limitaciones y advertencias

- Se requiere la elaboración de una estrategia intersectorial y la armonización de los marcos de planificación hídrica, agrícola y forestal lo que alargará el tiempo de implementación.
- La gestión del agua, la agricultura y los ecosistemas está distribuida entre múltiples administraciones, lo que dificulta la coordinación y armonización práctica de indicadores y respuestas asociadas.
- Complejidad de indicadores comunes entre las administraciones implicadas. Las escalas espaciales y temporales difieren según sector (por ejemplo, hidrológica vs. agrícola), lo que complica la interoperabilidad.
- Aunque existen indicadores específicos de sequía y herramientas para evaluar el estado de las masas de agua (incluido el índice de explotación), su uso está fragmentado y no se articula aún en un sistema de indicadores



multisectorial que active respuestas coordinadas en agua, agricultura y ecosistemas

- Para que los indicadores sean útiles en la toma de decisiones, deben ser robustos, comparables y adaptados a cada sector, lo que implica procesos técnicos complejos.
- La integración de prácticas requiere adaptación técnica y formación específica para agricultores, así como instrumentos económicos adecuados, lo que puede ralentizar su adopción a escala de cuenca.

Evidencia científica y referencias

Aguilera, E., Díaz-Gaona, C., García-Laureano, R., Reyes-Palomo, C., Guzmán-Casado, G. I., Ortolani, L., Sánchez-Rodríguez, M., & Rodríguez-Estévez, V. (2020). Agroecology for adaptation to climate change and resource depletion in the Mediterranean region. A review. *Agricultural Systems*, 181.

Hughes N., Gaydon D., Gupta M., Schepen A., Tan P., Brent G., Turner A., Bellew S., Soh W.Y., Sharman C., Taylor P., Carter J., Bruget D., Hochman Z., Searle R., Song Y., Mitchell P., Beletse Y., Holzworth D., Guillory L., Brodie C., McComb J., Singh R. (2025). Monitoring agricultural and economic drought: the Australian Agricultural Drought Indicators (AADI). *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 25(9): 3461–3482. <https://doi.org/10.5194/nhess-25-3461-2025>

Pedro-Monzonis M., Solera A., Ferrer J., Estrela T., Paredes-Arquiola J. (2015). A review of water scarcity and drought indexes in water resources planning and management. *Journal of Hydrology*, 527: 482–493.

Puigdueta-Bartolomé, I., Torremocha-Bouchet, E., & de la Cruz Leiva, J. L. (Eds.). (2022). Libro Blanco de la Alimentación Sostenible en España. Fundación Daniel y Nina Carasso - Fundación Alternativas.

Saralegui-Díez, P., Aguilera, E., Cerrillo-García, I., González De Molina, M., Guzmán, G. I., López, L., Moranta, J., Morilla, R., Olea, N., Ramos, M., Ramirez, E., Rasero, S., Rivera-Ferre, M., Salazar, S., Salmerón, N., Villasante, S., & Vitoria, J. (2025). Hacia la transformación del sistema alimentario en España: situación actual, impactos y escenarios de futuro. *Alimenta*.”

Vicente-Serrano S.M., Domínguez-Castro F., Reig F., Beguería S., Tomas-Burguera M., Latorre B., Peña-Angulo D., Noguera I., Rabanaque I., Luna Y., Morata A., El Kenawy A. (2022). A near real-time drought monitoring system for Spain using automatic weather station network. *Atmospheric Research*, 271. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2022.106095>

2.a.12. Reducir las pérdidas de agua en redes urbanas

Descripción de la propuesta

Se propone un programa específico de revisión, renovación y operación optimizada de redes urbanas para reducir pérdidas físicas y aparentes. La actuación prioriza sectores con elevado índice de fugas y contempla planificación por fases, con indicadores de desempeño que permitan verificar reducciones de pérdidas y ahorros efectivos en captación y tratamiento.

Acciones clave:



1. Recopilar y armonizar las auditorías de agua y datos de pérdidas ya existentes por municipio o sistema de abastecimiento, y completar, donde sea necesario, auditorías de agua a escala municipal y la sectorización de redes.
2. Renovación priorizada e intensiva de tramos con alta tasa de fallos.
3. Mejora de operación (presiones, válvulas, detección de fugas).
4. Seguimiento con indicadores de pérdidas y ahorro neto.

Mecanismos de implementación:

1. Programas de financiación condicionados a metas de reducción de pérdidas.
2. Coordinación entre servicios municipales y operadores.

Ámbito: Municipal y metropolitano.

Sectores implicados: Abastecimiento urbano, Saneamiento, Urbanismo

Actores clave: Ayuntamientos, Operadores de agua, Comunidades autónomas, Confederaciones hidrográficas, Diputaciones

Limitaciones y advertencias:

1. Requiere inversión sostenida y capacidad técnica; sin mantenimiento posterior, el efecto se diluye.
2. La medición y verificación deben evitar sobreestimaciones del ahorro.
3. La falta de datos fiables puede limitar la priorización de actuaciones.

Evidencia científica y referencias

La reducción de pérdidas es una medida costo-efectiva para la seguridad hídrica urbana y está ampliamente respaldada por organismos internacionales como la IWA y la OCDE.

Evidencia científica y referencias

Díaz-Cano E., Berbel J., Montilla-López N.M., Expósito A. (2025). Enhancing water efficiency: Distribution efficiency and consumption synergies, *Water Resources and Economics*, 50. <https://doi.org/10.1016/j.wre.2025.100260>.

Colombo, A. F., & Karney, B. W. (2002). Energy and costs of leaky pipes: Toward comprehensive picture. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 128(6), 441-450.



OECD (2019), *Applying the OECD Principles on Water Governance to Floods: A Checklist for Action*, OECD Studies on Water, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/d5098392-en>.

Dias, T. F., & Ghisi, E. (2024). Urban water consumption: A systematic literature review. *Water*, 16(6), 838.

Brick, K., De Martino, S., & Visser, M. (2023). Behavioural nudges for water conservation in unequal settings: Experimental evidence from Cape Town. *Journal of Environmental Economics and Management*, 121, 102852.

Koop, S. H., & van Leeuwen, C. J. (2017). The challenges of water, waste and climate change in cities. *Environment, development and sustainability*, 19(2), 385-418.

Rupiper, A., Weill, J., Bruno, E., Jessoe, K., & Loge, F. (2022). Untapped potential: leak reduction is the most cost-effective urban water management tool. *Environmental Research Letters*, 17(3), 034021.

González-Gómez, F., Martínez-Espiñeira, R., García-Valiñas, M. A., & García-Rubio, M. A. (2012). Explanatory factors of urban water leakage rates in Southern Spain. *Utilities Policy*, 22, 22-30.

2.a.13. Reutilizar las aguas regeneradas para garantizar la seguridad hídrica y usos urbanos no potables

Descripción de la propuesta

Se plantea convertir las aguas depuradas en un recurso estratégico para la seguridad hídrica en España, aprovechando el potencial actualmente infrautilizado. Esta orientación es coherente con lo ya previsto en los planes hidrológicos de demarcación y en sus programas de medidas, así como con el nuevo Reglamento de reutilización del agua aprobado por el Real Decreto 1085/2024 y con las guías de fomento de la reutilización elaboradas por MITECO; la propuesta busca acelerar y generalizar su despliegue efectivo. En los núcleos urbanos se depuran alrededor de 4.000 hm³/año, de los cuales solo se reutiliza un 11 % de manera directa. Una vez cubiertos los usos ambientales (caudales ecológicos), se recomienda que las aguas regeneradas se destinen prioritariamente a usos urbanos, agrarios y recreativos, contribuyendo a la sostenibilidad y a la economía circular del agua.

En el ámbito urbano, se propone prohibir el uso de agua potable para riego de zonas verdes y limpieza viaria, sustituyéndola por agua regenerada. Para ello, se fomentará la implantación de dobles redes que separen agua potable y no potable, así como infraestructuras y redes alternativas para contingencias hídricas. Además, se contempla la creación de depósitos antiincendios alimentados con aguas regeneradas convenientemente tratadas, reforzando la resiliencia urbana.

Objetivos normativos a medio plazo (horizonte 2040):

- Usos urbanos (parques, jardines, baldeo): 100 %.
- Campos de golf: 100 %.



- Usos agrarios: al menos 50 %.

Se recomienda que estos porcentajes se fijen mediante disposiciones normativas en el marco del PNACC o mediante decretos específicos. Las ciudades pasarían a desempeñar un papel activo como centros de producción y distribución de aguas regeneradas, promoviendo un modelo de gestión más eficiente y resiliente frente al cambio climático.

Acciones clave:

1. Promover el uso de agua regenerada para riego y limpieza urbana.
2. Implantar dobles redes urbanas que separen agua potable y no potable.
3. Establecer infraestructuras y redes de distribución alternativas para contingencias.
4. Crear depósitos antiincendios con alimentación de agua regenerada.

Mecanismos de implementación:

- Inversión sostenida en la mejora de EDAR para alcanzar los estándares avanzados de la normativa europea sobre aguas residuales urbanas (Directiva 91/271/CEE y su futura sustitución por la Directiva (UE) 2024/3019) y los requisitos del Reglamento de reutilización del agua (RD 1085/2024).
1. Despliegue de dobles redes y adaptación de redes existentes para usos no potables.
 2. Instalación de depósitos antiincendios con suministro de agua regenerada tratada.
 3. Campañas intensivas de concienciación para mejorar la aceptación social.
 4. Aplicar de forma homogénea el Reglamento de reutilización del agua (RD 1085/2024), facilitando procedimientos y modelos de solicitud para ayuntamientos, empresas y particulares, siguiendo el ejemplo de las confederaciones que ya han desarrollado impresos específicos.

Ámbito: Urbano y periurbano industrial y agrario

Sectores implicados: Gestión del agua urbana, servicios municipales, protección civil, espacios verdes, agricultura.

Actores clave: Ayuntamientos, operadores de agua y saneamiento, servicios de bomberos, confederaciones hidrográficas, comunidades autónomas.

Con esta medida se espera aumentar la disponibilidad de recursos hídricos; reducir la presión sobre fuentes naturales; favorecer la adaptación al cambio



climático y la economía circular del agua; mejorar la resiliencia urbana frente a emergencias hídricas e incendios.

Limitaciones y advertencias

- Riesgo de presencia/acumulación de metales pesados, microcontaminantes, contaminantes emergentes (por ejemplo, microplásticos y fármacos) y patógenos; exige control en origen, aplicar tratamientos avanzados y monitorización continua de contaminantes emergentes, especialmente cuando la reutilización se destina a riegos con posible recarga de acuíferos.
- Es necesario elaborar y aplicar planes de gestión del riesgo del agua regenerada (PGRAR) para los distintos usos (urbano, agrícola, industrial), como parte central del sistema de reutilización.
- Posible acumulación en suelos y transferencia a acuíferos.
- En la UE no se permite la reutilización potable; baja aceptación social.
- Necesidad de incorporar el concepto de «cuenca de aprovechamiento de aguas residuales» en la planificación hidrológica (Reglamento europeo 741/2020).
- Las autorizaciones de reutilización deberían seguir los criterios de selección establecidos en el Plan DSEAR, para asegurar que estas actuaciones contribuyen efectivamente a reducir las presiones por extracción y se adaptan a las condiciones de cada cuenca.
- Requiere inversiones iniciales en redes separativas y mantenimiento específico.
- Necesidad de criterios sanitarios claros y planes de contingencia.
- Coste significativamente menor que la desalinización.
- Obstáculos principales: aceptabilidad pública y legislación actual.

Evidencia científica y referencias

Ho, J., Ahmadi, J., Schweikart, C., Hübner, U., Schwaller, C., Tiehm, A., Drewes, J.E., 2024. Assuring reclaimed water quality using a multi-barrier treatment train according to the new EU non-potable water reuse regulation. *Water Res.* 267, 122429. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2024.122429>

Aitken V., Bell S., Hills S., Rees L. (2014) Public acceptability of indirect potable water reuse in the south-east of England. *Water Supply* 1 October 2014; 14 (5): 875–885. <https://doi.org/10.2166/ws.2014.051>

Bernabé-Crespo MB, Cantos JO, Cañizares AO. (2023) Proposal of the “Wastewater Use Basin” Concept as an Integrated Sewage and Rainwater Management Unit in Semiarid Regions—A Case Study in the Southeast of the Iberian Peninsula. *Water.* 2023; 15(12):2181. <https://doi.org/10.3390/w15122181>

Cañizares AO, Cantos JO, Baños Castiñeira C.J. (2022) The Effects of Climate Change on the Tagus–Segura Transfer: Diagnosis of the Water Balance in the Vega Baja del Segura (Alicante, Spain). *Water;* 14(13):2023. <https://doi.org/10.3390/w14132023>

Gil-Meseguer, E., Bernabé-Crespo, M.B. & Gómez-Espín, J.M. Recycled Sewage - A Water Resource for Dry Regions of Southeastern Spain. *Water Resour Manage* **33**, 725–737 (2019). <https://doi.org/10.1007/s11269-018-2136-9>



López-Ruiz, S.; Moya-Fernández, P.J.; García-Rubio, M.A.; González-Gómez, F. (2020). Acceptance of direct potable water reuse for domestic purposes: Evidence from southern Spain. *Int. J. Water Resour. Dev.*, 37, 772–792. <https://doi.org/10.1080/07900627.2020.1799762>

Magdaleno Mas, F., (2020). La política hídrica en España: hacia una integración avanzada de agua, Territorio y Sociedad. Fedea, 23 pp., Madrid,

Martínez-Cortijo, J., & Ruiz-Canales, A. (2018). Effect of heavy metals on rice irrigated fields with waste water in high pH Mediterranean soils: The particular case of the Valencia area in Spain. *Agricultural Water Management*, 210, 108-123. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.07.037>

Olcina Cantos J. (2024) Water Planning and Management in Spain in a Climate Change Context: Facts and Proposals. CIG [Internet]. 50(2):3-28. Available from: <https://publicaciones.unirioja.es/ojs/index.php/cig/article/view/6453>

Via, S., Messner, E., 2023. Potable Reuse in 2023. *J. AWWA* 115, 10–10. <https://doi.org/10.1002/awwa.2138>

Yadav, R.K., Sahoo, S., Yadav, A.K., Patil, S.A., 2023. Green wall system coupled with slow sand filtration for efficient greywater management at households. *Npj Clean Water* 6, 73. <https://doi.org/10.1038/s41545-023-00285-3>

Quon, H., Jiang, S., 2023. Decision making for implementing non-traditional water sources: a review of challenges and potential solutions. *Npj Clean Water* 6, 56. <https://doi.org/10.1038/s41545-023-00273-7>

Nhenderere, O.C., Mashamaite, C.V., Mzini, L.L., 2025. A narrative review on the potential reuse of greywater for irrigation in crop production: pros and cons. *Sustain. Water Resour. Manag.* 11, 118. <https://doi.org/10.1007/s40899-025-01296-3>

2.a.14. Definir una ordenación estratégica nacional para industrias intensivas en agua y energía.

Descripción de la propuesta

Se propone una ordenación estratégica a escala nacional que evalúe y condicione la implantación de centros de datos y otras industrias intensivas en agua según disponibilidad hídrica, vulnerabilidad territorial y balance energético. Se propone una ordenación estratégica a escala nacional que, sobre la base de los condicionantes ya establecidos en los planes hidrológicos (informes de compatibilidad, estado cuantitativo de las masas de agua e índices de extracción, y, cuando proceda, evaluación ambiental), evalúe y condicione la implantación de centros de datos infraestructuras vinculadas a la inteligencia artificial generativa, gigafactorías de IA y granjas de criptominería, y otras industrias intensivas en agua, según disponibilidad hídrica, vulnerabilidad territorial y balance energético. El objetivo es evitar vacíos de planificación derivados de la dispersión competencial y garantizar la coherencia con la resiliencia hídrica local y los planes de cuenca. La propuesta incluye la incorporación de la huella hídrica (directa e indirecta) en la planificación, la evaluación de impactos en demanda



eléctrica y precios, así como de otros impactos asociados (residuos generados, cadenas de suministro, impactos sobre las poblaciones locales y usos del suelo), y la definición de criterios nacionales armonizados para la implantación. Asimismo, se plantea la coordinación interadministrativa y la participación de comunidades locales para minimizar conflictos y asegurar la transparencia.

Acciones clave:

1. Establecer criterios nacionales de implantación vinculados a estrés hídrico y energía, integrados en los Planes Especiales de Sequía de cada demarcación y coherentes con los planes de cuenca.
2. Incorporar la huella hídrica directa e indirecta (enfriamiento y mix eléctrico) en la planificación.
3. Evaluar localización en función de disponibilidad hídrica y vulnerabilidad territorial.
4. Coordinar con comunidades locales y garantizar coherencia con planes de cuenca.
5. Definir operativamente qué se considera industria intensiva en agua (tipologías y rangos de volumen anual de consumo), para aplicar criterios de localización y limitación de usos de forma homogénea.
6. Evaluar los efectos de los nuevos proyectos intensivos en agua y energía sobre el precio de la electricidad para los hogares y el tejido productivo, y, cuando se prevean incrementos sustantivos, contemplar la posibilidad de denegar o paralizar dichas infraestructuras.
7. Establecer la obligación de transparencia en los datos relativos al consumo de agua (directa e indirecta) y de energía, con publicación de balances detallados en fases previas al proyecto y de forma anual en una base de datos nacional gestionada por el MITECO, con información pública, accesible y comprensible para la ciudadanía y las administraciones locales.
8. Aplicar el principio de precaución ante potenciales impactos ambientales y sociales de infraestructuras intensivas en agua y energía, habilitando procedimientos de especial protección y mecanismos de moratoria más operativos y simples para la administración pública.
9. Evitar la concentración excesiva de instalaciones en determinados “hubs tecnológicos”, promoviendo modelos más descentralizados que reduzcan la tensión sobre territorios concretos, minimicen la externalización de daños ambientales y maximicen los beneficios locales.

Mecanismos de implementación:



1. Marco estatal de planificación sectorial con participación autonómica y local.
2. Condicionantes hídricos en licencias y hojas de ruta para proyectos en curso.

Ámbito: Nacional, con enfoque en zonas con estrés hídrico.

Sectores implicados: Agua, Energía, Industria, Ordenación del territorio

Actores clave: MITECO, Confederaciones hidrográficas, Ministerio de Industria y Energía, Comunidades autónomas, Ayuntamientos, Operadores TIC y energéticos, universidades y centros de investigación, organizaciones sociales (movimientos en defensa del territorio, organizaciones ecologistas, sindicatos y entidades de defensa de los derechos humanos).

Limitaciones y advertencias

- Existe riesgo de deslocalización si los criterios no se armonizan a nivel nacional o europeo.
- La falta de datos verificados sobre consumo real puede dificultar la planificación.
- Se requiere coordinación entre políticas de agua, energía e industria para evitar conflictos regulatorios.
- Falta de transparencia en los datos y sensación de indefensión de las poblaciones locales si no existen obligaciones claras de información pública y mecanismos de participación.
- Necesidad de coordinación entre administraciones para armonizar la regulación y evitar desajustes normativos entre territorios.
- Riesgo económico de “burbuja” asociada a la rápida expansión de centros de datos y otras infraestructuras intensivas en agua y energía, con posibles impactos sobre la estabilidad fiscal y el empleo local si los proyectos no son sostenibles a medio plazo.

Evidencia científica y referencias

Mytton, D. Data centre water consumption. *npj Clean Water* 4, 11 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41545-021-00101-w>

de Vries, The growing energy footprint of artificial intelligence, *Joule*, 7, 10 (2023). <https://doi.org/10.1016/j.joule.2023.09.004>

Shine, P., Murphy, M. D., & Upton, J. (2020). A Global Review of Monitoring, Modeling, and Analyses of Water Demand in Dairy Farming. *Sustainability*, 12(17), 7201. <https://doi.org/10.3390/su12177201>



Naciones Unidas (2025). Water and Energy Nexus: Report of the Special Rapporteur on the Human Rights to Safe Drinking Water and Sanitation. Arrojo Agudo, Pedro. A-HRC-60-30. Geneva: United Nations, General Assembly. <https://www.ohchr.org/en/documents/thematic-reports/ahrc6030-water-and-energy-nexus-report-special-rapporteur-human-rights>

2.a.15. Impulsar y mejorar la implantación efectiva de sistemas de control de la calidad del agua y la eliminación de contaminantes, incluyendo los emergentes, en escenarios de sequía

Descripción de la propuesta

Se propone impulsar el desarrollo, validación y adopción de materiales y sistemas de depuración avanzada para eliminar contaminantes emergentes (microplásticos, nanomateriales, fármacos, PFAS y otros compuestos persistentes) en aguas residuales y regeneradas, considerando que el calentamiento y la reducción de caudales agravan la contaminación de origen urbano, agrario e industrial. En paralelo, es recomendable la implantación de biosensores y sistemas de monitorización en tiempo real que permitan respuestas automatizadas ante deterioros rápidos de calidad en episodios de sequía. La medida incluye el estudio de efectos nocivos bajo escenarios de altas temperaturas y bajos caudales, la incorporación de requisitos regulatorios en planificación y control de vertidos, y la implantación de tecnologías en depuradoras críticas mediante programas piloto. Se priorizarán soluciones costo-efectivas y con control de subproductos para minimizar riesgos ambientales.

Acciones clave:

1. Desarrollar y validar materiales y tecnologías de purificación para contaminantes emergentes.
2. Promover la inclusión de biosensores automáticos capaces de monitorizar en tiempo real indicadores microbiológicos y contaminantes emergentes para activar respuestas automatizadas en escenarios de sequía y baja calidad.
3. Evaluar impactos bajo escenarios de mayor temperatura y menores caudales. Incorporar requisitos de tratamiento avanzado en depuradoras críticas y en normativa de vertidos.
4. Implementar programas de I+D y pilotos en estaciones priorizadas.
5. Adaptar dinámicamente los parámetros de calidad del agua de salida de las depuradoras según el estado del medio receptor.
6. Garantizar que dicha adaptación se mantenga siempre dentro de los límites establecidos por la Directiva Marco del Agua.



7. Establecer mecanismos de protección específicos para las depuradoras frente a avenidas extraordinarias.

Mecanismos de implementación:

1. Programas de financiación para I+D y transferencia tecnológica.
2. Integración en planificación hidrológica y normativa sectorial.
3. Publicación de resultados y trazabilidad en plataformas abiertas.

Ámbito: Nacional, con priorización en cuencas con estrés hídrico y riesgo sanitario.

Sectores implicados: Agua, Salud pública, Agricultura, Industria, Saneamiento

Actores clave: MITECO, Confederaciones hidrográficas, Comunidades autónomas y ayuntamientos, Operadores de depuración, Universidades y centros de investigación, Diputaciones

Limitaciones y advertencias

1. Los tratamientos avanzados conllevan costes energéticos y operativos; deben seleccionarse por riesgo y costo-efectividad, con control de subproductos.
2. La eficacia depende de la caracterización analítica y la adaptación a matrices locales.
3. La capacidad analítica para contaminantes emergentes (incluyendo PFAS y microplásticos) es todavía limitada y desigual territorialmente, lo que puede dificultar el control sistemático y encarecer la implantación de requisitos de calidad más exigentes.
4. Requiere interoperabilidad regulatoria y control de vertidos en origen.

[Aryal, N., Deng, D., Jha, M.K., Ofori-Boadu, A., 2019. Monitoring, sampling, and automated analysis. Water Environ. Res. 91, 1288–1293. https://doi.org/10.1002/wer.1224](https://doi.org/10.1002/wer.1224)

[Bandeliuk, O., Assaf, A., Bittel, M., Durand, M.-J., Thouand, G., 2022. Development and Automation of a Bacterial Biosensor to the Targeting of the Pollutants Toxic Effects by Portable Raman Spectrometer. Sensors 22, 4352. https://doi.org/10.3390/s22124352](https://doi.org/10.3390/s22124352)

Evidencia científica y referencias

European Environment Agency - Main report (2025). Europe's environment and climate: knowledge for resilience, prosperity and sustainability.

Directiva 2014/101/UE de la Comisión Europea (de 30 de octubre de 2014).



Ettenauer, J., Zuser, K., Kellner, K., Posniecek, T., Brandl, M., 2015. Development of an Automated Biosensor for Rapid Detection and Quantification of E. coli in Water. Procedia Eng., Eurosenors 2015 120, 376–379. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.643>

Quesada-García A, Valdehita A, del Olmo I, Gómez MJ, Navas JM. Detection of effects caused by very low levels of contaminants in riverine sediments through a combination of chemical analysis, in vitro bioassays, and farmed fish as sentinel. Arch Environ Contam Toxicol. 2015 May;68(4):663-77. doi: 10.1007/s00244-014-0127-2. Epub 2015 Jan 13. PMID: 25578768.

Jin-Yong Lee, Jihye Cha, Kyoochul Ha & Stefano Viaroli (2024) Microplastic pollution in groundwater: a systematic review, Environmental Pollutants and Bioavailability, 36:1, 2299545, DOI: 10.1080_26395940.2023.2299545

Lin et al. (2024) Environmental and Health Impacts of Graphene and Other Two-Dimensional Materials: A Graphene Flagship Perspective, ACS Nano 2024 18 (8), 6038-6094. DOI: 10.1021/acsnano.3c09699

Raju, C.M., Elpa, D.P., Urban, P.L., 2024. Automation and Computerization of (Bio)sensing Systems. ACS Sens. 9, 1033–1048. <https://doi.org/10.1021/acssensors.3c01887>

Scott-Fordsmand, J. J., Navas, J. M., Hund-Rinke, K., Nowack, B., & Amorim, M. J. B. (2017). Nanomaterials to microplastics: Swings and roundabouts. Nano Today, 17, 7-10. <https://doi.org/10.1016/j.nantod.2017.09.002>

Yamashita, T., Ookawa, N., Ishida, M., Kanamori, H., Sasaki, H., Katayose, Y., Yokoyama, H., 2016. A novel open-type biosensor for the in-situ monitoring of biochemical oxygen demand in an aerobic environment. Sci. Rep. 6, 38552. <https://doi.org/10.1038/srep38552>

2.a.16. Revisar y dar continuidad a la aplicación de los Planes Especiales de Sequía de las demarcaciones y elaborar o, en su caso, revisar y actualizar los Planes de Emergencia de Sequía a escala de sistemas del ciclo urbano, ajustándolos a los nuevos datos climáticos, diagnósticos hidrológicos y balances hídricos aportados por los nuevos Planes de Demarcación.

Descripción de la propuesta

La medida propone reforzar la capacidad operativa, preventiva y socialmente participada de los Planes Especiales de Actuación en Situaciones de Sequía (PES), elaborados por las Oficinas de Planificación de las Demarcaciones Hidrográficas, concebidos como instrumentos clave para gestionar emergencias hídricas. A diferencia de los Planes Hidrológicos (PPHH), orientados a desequilibrios estructurales y escasez permanente, los PES abordan situaciones temporales derivadas de anomalías de precipitación y reducciones coyunturales de recursos. Aunque previstos desde la Ley del Plan Hidrológico Nacional de 2001 (art. 27), su aplicación ha sido desigual y persiste confusión entre funciones (sequía hidrometeorológica y otras situaciones excepcionales) y el papel de los PPHH.

La medida clarifica y fortalece su función integrando la información climática e



hidrológica actualizada del cuarto ciclo (2027–2032). Se recomienda que los PES incorporen identificación anticipada y participada de umbrales de activación (normalidad, prealerta, alerta, emergencia) definidos con indicadores objetivos (pluviométricos, hidrológicos, hidrogeológicos, edáficos, evapotranspiración y recursos regulados).

Cuando se alcanzan estos umbrales, se activan automáticamente medidas preestablecidas de respuesta y coordinación, evitando improvisación y debate reactivo durante la crisis.

Acciones clave (asociadas a niveles de emergencia consensuados):

1. **Medidas sobre la demanda:** reducción y adaptación del consumo mediante sensibilización ciudadana, restricciones de uso, limitaciones temporales de cultivos o métodos de riego y penalización de consumos excesivos.
 - **Excepción estratégica:** valorar la exceptuación de restricciones de riego para plantaciones destinadas a proyectos de renaturalización urbana y restauración fluvial, asegurando su viabilidad en escenarios de sequía, en coherencia con el Reglamento (UE) 2024/1991 y estrategias nacionales e internacionales (ENRR, ENIVCRE, Estrategia de Biodiversidad UE 2030, Marco Global Kunming-Montreal, Nueva Agenda Urbana).
2. **Medidas sobre la oferta:** en coherencia con lo ya previsto en los Planes Hidrológicos y sus programas de medidas: movilización de reservas estratégicas (especialmente aguas subterráneas), activación de fuentes alternativas y ajuste temporal de regímenes de explotación de embalses y acuíferos.
3. **Medidas sobre la organización administrativa:** activación de responsables designados en el PES y coordinación reforzada entre administraciones y entidades implicadas.
4. **Medidas ambientales:** protección de ecosistemas acuáticos y mitigación de impactos ecológicos de la escasez.

Mecanismos de implementación:

1. Los PES deben integrar criterios ambientales y sociales en la gestión de dotaciones durante la sequía, evitando reducciones lineales y avanzando hacia una transición hídrica justa (concepto de “reparto social del agua”, con experiencias piloto como Proyecto TranAgro).
2. Se esperan impactos en la consolidación de los PES como herramientas ágiles, participadas y basadas en evidencia; anticipación y gestión eficaz de emergencias sin confundirlas con problemas estructurales; discriminación positiva hacia agricultura familiar y profesional arraigada



en el territorio; refuerzo de la resiliencia urbana mediante la protección de proyectos de infraestructura verde; concienciación ciudadana y reducción de conflictividad social.

3. Los PES se revisan y actualizan en paralelo al cuarto ciclo de planificación hidrológica (2027–2032), aprovechando los procesos participativos y la disponibilidad de nuevos datos climáticos e hidrológicos.

Limitaciones y advertencias

- Dado que la sequía afecta directa e indirectamente a casi todos los aspectos de una comunidad, parece que no existe un marco de planificación holístico para las sequías, lo que puede limitar su desarrollo.
- La definición de una línea de base con respecto a la cual medir los impactos y la capacidad de las medidas para mitigarlos puede ser controvertida.
- Se requiere la recopilación sistemática de datos sobre los impactos, lo que rara vez es una prioridad.
- El modelo actual de gestión del agua tiende a ejercer una presión adicional sobre los recursos hídricos, lo que aumenta la vulnerabilidad de estos sistemas para soportar períodos prolongados de sequía.
- La aplicación de excepciones para riegos estratégicos debe estar regulada para evitar conflictos con otros usos y garantizar criterios de sostenibilidad.

Evidencia científica y referencias

Aliod, R., Pérez-Blanco, D., Sanchís, C. 2025. Metodología basada en el indicador de consumo-uso para el cómputo de los cambios de consumo de agua en las modernizaciones de regadío. XIII Congreso Ibérico de Gestión y Planificación del Agua. Salamanca

CEDEX. 2017. Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos y sequías en España. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas

CHS, 2007. CHS. Plan Especial ante Situaciones de Alerta y Eventual Sequía de la Cuenca del Segura (PES). Confederación Hidrográfica del Segura.

Corominas Masip, Joan. 2025. Desigualdades sociales en la agricultura andaluza - Las intervenciones de las administraciones no las reducen. Fundación Nueva Cultura del Agua. <https://fnca.eu/biblioteca-del-agua/directorio/file/3093-desigualdades-sociales-en-la-agricultura-andaluza>

Estrela, T.; Vargas, E., 2012. Drought Management Plans in the European Union. The Case of Spain. *Water Resour. Manag.* 2012, 26, 1537–1553. <https://doi.org/10.1007/s11269-011-9971-2>

Grafton, R.Q.; Williams, J.; Perry, C.J.; Molle, F.; Ringler, C.; Steduto, P.; Udall, B.; Wheeler, S.A.; Wang, Y.; Garrick, D. and Allen, R.G. 2018. The paradox of irrigation efficiency. *Science* 361(6404): 748-750, <https://doi.org/10.1126/science.aat9314>.



La-Roca F. y del Moral, L. (2021). "Cambio climático en la planificación hidrológica en España: necesidad urgente de adaptación", en Juan Romero y Jorge Olcina (coords.), Cambio climático en el Mediterráneo. Procesos, riesgos y políticas, Tirant humanidades, Valencia, pp. 211-235. ISBN: 978-84-18534-19-5

MITECO, 2022. Orientaciones Estratégicas sobre Agua y Cambio Climático, DGA/MITECO, julio 2022.

Olcina Cantos, J. 2012 Adaptación a los riesgos climáticos en España. Algunas experiencias, Nimbus, nº 29-30, 461-474

Perry, C. and Steduto, P. 2017. Does improved irrigation technology save water? A review of the evidence. Cairo, Egypt: FAO, www.fao.org/3/i7090en/i7090EN.pdf.

Urquijo-Reguera, J.; Gómez-Villarino, M.T.; Pereira, D.; DeStefano, L., 2022. An Assessment Framework to Analyze Drought Management Plans: The Case of Spain. Agronomy 2022, 12, 970. <https://doi.org/10.3390/agronomy12040970>

Vargas, J. y Paneque, P. 2025: Drought Policy and Governance in Spain: New Tools and Remaining Challenges. In book: Droughts in Chile, Chapter: 9, Springer Nature DOI:10.1007/978-3-031-85040-0_9

2.a.17. Adaptar los Planes Hidrológicos de Demarcación al cambio climático

Descripción de la propuesta

La medida propone una adaptación sistémica en la planificación hidrológica, actuando sobre las presiones y fuerzas motrices que generan escasez y desequilibrios estructurales en el uso del agua. Su objetivo es reforzar y actualizar la integración de los efectos del cambio climático, que ya se viene realizando en los Planes Hidrológicos de Cuenca (PPHH), asegurando que el cuarto ciclo (2027–2032) esté plenamente alineado operativamente con el ciclo de adaptación climática (PNACC) y refleje que el régimen hidrológico ya ha cambiado. Esta integración debe incorporarse en los Esquemas provisionales de Temas Importantes (EpTI), que se someterán a debate público en 2025 conforme a la Directiva Marco del Agua y al Reglamento de Planificación Hidrológica, con énfasis en la gestión de la demanda además de la disponibilidad. Los planes hidrológicos vigentes ya contemplan, en distinta medida, la reducción de recursos bajo diferentes escenarios climáticos mediante estudios elaborados con organismos como AEMET, OECC y CEDEX; la medida insiste en que esta integración se actualice con la evidencia más reciente y se aplique de forma sistemática y homogénea en todas las demarcaciones.

La medida parte de varias hipótesis derivadas de los escenarios de cambio climático:

- Reducción generalizada de caudales, lo que puede implicar revisar a la baja los recursos disponibles y redimensionar los usos consuntivos.



- Mayor exigencia de caudales ecológicos, que reducirá la disponibilidad para otros usos.
- Declaración estructural de masas de agua subterráneas en riesgo cuantitativo o cualitativo, que requerirá censos, constitución de comunidades de usuarios y planes de gestión con reducciones de dotaciones.
- Deterioro cualitativo del agua en escenarios de escasez, que hace convenientes medidas reforzadas de prevención en la fuente y protección prioritaria de masas destinadas al abastecimiento. Además, los PPHH deberán incluir medidas que actúen tanto sobre la demanda como sobre la oferta.
- Evaluación de alternativas de aumento de recursos convencionales y no convencionales (regulación, reutilización, desalobrización, desalación).
- Revisión de los procesos de modernización del regadío, que, aunque ha mejorado la eficiencia a escala de parcela, ha incrementado el consumo neto de agua y el estrés hídrico a escala de cuenca.
- La reducción duradera de presiones requiere intervenir sobre las fuerzas motrices que las generan —sectores productivos, administraciones públicas y hogares—, con protagonismo del nivel autonómico en la gestión y control de los usos socioeconómicos del agua

Acciones clave:

1. Actualizar los PPHH incorporando las evidencias más recientes sobre: el impacto del cambio climático en los recursos hídricos y la variabilidad inter e intranual de las precipitaciones; los cambios en intensidad, extensión y frecuencia de sequías; los riesgos asociados al aumento de temperatura sobre el régimen hidrológico, el estado de las masas de agua y las demandas económicas; el incremento del riesgo de inundaciones por lluvias torrenciales; y los efectos del aumento del nivel del mar. Se recomienda que esta información se exprese en valores medios y extremos de escenarios probables a medio y largo plazo.
2. En última instancia, los PPHH tienen como objetivo promover un debate estructurado sobre alternativas de gestión, combinando el objetivo de conservación y recuperación del estado de las masas de agua con la satisfacción de las necesidades del desarrollo sostenible.



Impactos esperados: Proporcionar una planificación hidrológica alineada con la realidad climática actual y futura, mejora la coherencia entre gestión de recursos, demanda y calidad del agua, reducción la vulnerabilidad estructural frente a la escasez de agua, disminución de la degradación de los ecosistemas acuáticos.

Limitaciones y advertencias

- Pueden surgir resistencias sectoriales y administrativas ante la revisión de dotaciones y prioridades de uso.
- El tiempo de implementación es a corto-medio plazo. La integración de esta información debe realizarse antes de la aprobación de los EpTI (2025) y mantenerse durante el desarrollo completo del ciclo 2027-2032.
- Se requiere la recopilación sistemática de datos sobre los impactos, lo que rara vez es una prioridad.
- El modelo actual de gestión del agua tiende a ejercer una presión adicional sobre los recursos hídricos, lo que aumenta la vulnerabilidad de estos sistemas para soportar períodos prolongados de sequía.

Evidencia científica y referencias

Existe un respaldo técnico y científico amplio sobre la necesidad de actualizar los PPHH con escenarios climáticos recientes y de abordar las causas estructurales de la escasez.

Aliod, R., Pérez-Blanco, D., Sanchís, C. 2025. Metodología basada en el indicador de consumo-uso para el cómputo de los cambios de consumo de agua en las modernizaciones de regadío. XIII Congreso Ibérico de Gestión y Planificación del Agua. Salamanca.

CEDEX. 2017. Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos y sequías en España. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas

CHS, 2007. CHS. Plan Especial ante Situaciones de Alerta y Eventual Sequía de la Cuenca del Segura (PES). Confederación Hidrográfica del Segura.

Estrela, T.; Vargas, E., 2012. Drought Management Plans in the European Union. The Case of Spain. *Water Resour. Manag.* 2012, 26, 1537-1553.

Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. *Diario Oficial* nº L 327 de 22 de diciembre de 2000, pp. 1-73.

Grafton, R.Q.; Williams, J.; Perry, C.J.; Molle, F.; Ringler, C.; Steduto, P.; Udall, B.; Wheeler, S.A.; Wang, Y.; Garrick, D. and Allen, R.G. 2018. The paradox of irrigation efficiency. *Science* 361(6404): 748-750, <https://doi.org/10.1126/science.aat9314>.



La-Roca F. y del Moral, L. (2021). "Cambio climático en la planificación hidrológica en España: necesidad urgente de adaptación", en Juan Romero y Jorge Olcina (coords.), Cambio climático en el Mediterráneo. Procesos, riesgos y políticas, Tirant humanidades, Valencia, pp. 211-235.

MITECO, 2022. Orientaciones Estratégicas sobre Agua y Cambio Climático, DGA/MITECO, julio 2022

Olcina Cantos, J. 2012 Adaptación a los riesgos climáticos en España. algunas experiencias, Nimbus, nº 29-30, 461-474

Sampedro-Sánchez, D. 2022. Can irrigation technologies save water in closed basins? The effects of drip irrigation on water resources in the Guadalquivir River Basin (Spain). Water Alternatives 15(2)

Perry, C. and Steduto, P. 2017. Does improved irrigation technology save water? A review of the evidence. Cairo, Egypt: FAO, www.fao.org/3/i7090en/i7090EN.pdf.

Urquijo-Reguera, J.; Gómez-Villarino, M.T.; Pereira, D.; DeStefano, L., 2022. An Assessment Framework to Analyze Drought Management Plans: The Case of Spain. Agronomy 2022, 12, 970. <https://doi.org/10.3390/agronomy12040970>

Vargas, J. y Paneque, P. 2025: Drought Policy and Governance in Spain: New Tools and Remaining Challenges. In book: Droughts in Chile, Chapter: 9, Springer Nature DOI:10.1007/978-3-031-85040-0_9

Ward, F. and Pulido-Velázquez, M. 2008a. Water conservation in irrigation can increase water use. Proceedings of the National Academy of Sciences 105(47): 18215-18220, <https://doi.org/10.1073/pnas.0805554105>.

2.a.18. Incorporar la gestión del riesgo climático y ambiental en la ordenación territorial y el planeamiento urbano mediante cartografías homogéneas y análisis climáticos municipales en la Evaluación Ambiental Estratégica

Descripción de la propuesta.

Actualmente, la gestión del riesgo climático se aborda de forma fragmentada, principalmente en planes parciales de desarrollo que exigen estudios específicos, pero carecen de una visión territorial coherente. Adicionalmente, Las ciudades suelen planificarse sin considerar adecuadamente su relación con el clima local, los vientos dominantes, la topografía o los ecosistemas que amortiguan fenómenos extremos. Aunque existen estudios climáticos locales, rara vez se integran en la toma de decisiones urbanísticas. Se propone una combinación de medidas de para que las decisiones de ordenación territorial y urbanística se basen en información climática y de riesgo actualizada, comparable e interoperable, de modo que los nuevos desarrollos eviten o minimicen la exposición y que los usos del suelo se condicionen a medidas de reducción del riesgo cuando proceda. La propuesta plantea reforzar la integración del riesgo climático y ambiental en la ordenación territorial y el planeamiento urbano, combinando dos líneas de actuación complementarias:



1. Actualizar y estandarizar la incorporación de cartografías de peligrosidad, vulnerabilidad y exposición en los planes de ordenación del territorio, especialmente en la escala subregional, para garantizar una visión preventiva e integral del territorio frente a los riesgos derivados del cambio climático. La escala subregional es la más adecuada para integrar la peligrosidad, la vulnerabilidad y la exposición, pero los planes existentes presentan importantes carencias:
 - Se centran en la peligrosidad y rara vez evalúan vulnerabilidad y exposición de forma explícita.
 - Existen deficiencias técnicas y metodológicas, sin criterios homogéneos entre territorios.
 - La documentación reproduce normativas sectoriales sin generar zonificaciones propias ni medidas preventivas o correctoras.
 - Las pocas normativas propias suelen tener rango de recomendación, lo que limita su aplicación efectiva.
 - Falta la incorporación vinculante de cartografías esenciales, como erosión potencial o zonas susceptibles de movimientos de ladera.

La propuesta plantea establecer criterios normativos y metodológicos claros para integrar la gestión del riesgo en la ordenación territorial, reforzando la incorporación preceptiva de cartografías de riesgos naturales en los planes subregionales y regionales. Se recomienda que esta integración se coordine con los mapas de peligrosidad y riesgo de inundación de las Demarcaciones Hidrográficas, garantizando coherencia técnica y normativa.

1. Elaborar análisis de caracterización climática municipal dentro de la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) de los instrumentos de planeamiento urbano, recuperando principios del urbanismo clásico y considerando las interacciones entre la ciudad y su entorno natural.

La propuesta plantea incorporar de forma obligatoria análisis de caracterización climática municipal dentro de la EAE de los instrumentos de planeamiento urbano. La EAE, como procedimiento determinante, permite evaluar los efectos ambientales significativos de los planes y garantizar que sus conclusiones condicionen el diseño urbano.

Además, se propone modificar la legislación urbanística para clasificar como Suelo No Urbanizable Protegido aquellos terrenos que contribuyen a la amortiguación de fenómenos extremos, ampliando el concepto de riesgo ambiental a episodios como las temperaturas extremas. Esto implica proteger áreas que aportan humedad, facilitan la ventilación natural o permiten la evacuación del aire caliente.



Acciones clave

1. Integrar mapas de peligrosidad, vulnerabilidad y exposición en todas las fases del planeamiento territorial y urbanístico.
2. Elaborar análisis climáticos municipales dentro de la EAE, incluyendo clima local, ventilación, islas de calor, humedad, topografía y ecosistemas amortiguadores.
3. Aprobar una norma metodológica que defina objetivos, escalas, indicadores y criterios para la elaboración de cartografías de riesgo y análisis climáticos.
4. Establecer la obligación de clasificar como Suelo No Urbanizable Protegido los terrenos con influencia significativa en la mitigación de fenómenos extremos.
5. Alinear la metodología de zonificación con la empleada por las Demarcaciones Hidrográficas para evitar inconsistencias entre planificación territorial e hidrológica.

Mecanismos de implementación

1. Incorporación obligatoria de cartografías de riesgo y análisis climáticos en la documentación del planeamiento.
2. Aprobación y uso de una norma técnica/metodológica común para la elaboración y evaluación de mapas de riesgo y estudios climáticos.
3. Coordinación entre ordenación territorial, urbanismo, protección civil y órganos sectoriales para la emisión de informes vinculados al riesgo.
4. Revisión de la clasificación del suelo en zonas inundables o con funciones climáticas críticas, incorporando zonas cautelares hasta disponer de estudios detallados.
5. Capacitación técnica de equipos y mejora de la interoperabilidad entre administraciones.

Limitaciones y advertencias

- La implementación requiere un horizonte temporal medio-largo.
- La evidencia científica es más sólida en temperaturas y precipitaciones que en otros fenómenos relevantes para el urbanismo.
- La estandarización técnica puede requerir esfuerzos iniciales de adaptación normativa y capacitación.
- La eficacia depende de la calidad, actualización y escala de los datos, así como de la correcta interpretación de la incertidumbre climática.
- Es imprescindible mejorar la comunicación entre actores implicados en la toma de decisiones.
- La cartografía disponible presenta limitaciones en algunas regiones, por lo que se recomienda aumentar la coherencia entre planeamiento y autorizaciones sectoriales.



Evidencia científica y referencias

Ayala Carcedo, F. J. (2000). La ordenación del territorio en la prevención de catástrofes naturales y tecnológicas: Bases para un procedimiento técnico-administrativo de evaluación de riesgos para la población. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (30), 37–49.

de Sherbinin, A., Bukvic, A., Rohat, G., Gall, M., McCusker, B., Preston, B., Apotsos, A., Fish, C., Kienberger, S., Muhonda, P., Wilhelmi, O., Macharia, D., Shubert, W., Sliuzas, R., Tomaszewski, B., & Zhang, S. (2019). Climate vulnerability mapping: A systematic review and future prospects. *WIREs Climate Change*, 10(6), e600. <https://doi.org/10.1002/wcc.600>

D'Onofrio, R., Caprari, G., Grifoni, R. C., Conti, F., Marchesani, G. E., Malavolta, S., Pierantoni, I., & Sargolini, M. (2025). Climate maps and urban planning in search of a reliable framework for adapting cities and communities to the impacts of climate change. En P. Mohammad, Shahfahad, J. R. Comino, & A. R. Matamanda (Eds.), *Geographic approaches to climate change and mitigation: Urban and rural perspectives* (Vol. 1, pp. 57–65). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-92119-3_5

Demuzere, M., et al. (2022). A global map of local climate zones to support Earth system modelling and urban-scale environmental science. *Earth System Science Data*, 14(8), 3835–3873. <https://doi.org/10.5194/essd-14-3835-2022>

Farinós-Dasí, J., Pinazo-Dallenbach, P., Sánchez-Manjavacas, E., & Rodríguez-Bernal, D. (2024). Disaster risk management, climate change adaptation and the role of spatial and urban planning: Evidence from European case studies. *Natural Hazards*. <https://doi.org/10.1007/s11069-024-06448-w>

Fulgencio Cánovas-García, & Vargas Molina, J. (2025). An exploration of exposure to river flood risk in Spain using the National Floodplain Mapping System. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 16(1). <https://doi.org/10.1080/19475705.2024.2421405>

Gallegos Reina, A., & Calvo Delgado, L. (2023). El tratamiento de los riesgos naturales en los planes de ordenación del territorio subregionales de la provincia de Málaga: Propuestas de mejora. *Revista de Estudios Andaluces*, 46, 29–51. <https://doi.org/10.12795/rea.2023.i46.02>

Grafakos, S., et al. (2020). Integration of mitigation and adaptation in urban climate change action plans in Europe: A systematic assessment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 121, 109623. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109623>

Hummel, M. A., et al. (2021). Economic evaluation of sea-level rise adaptation strongly influenced by hydrodynamic feedbacks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(29), e2025961118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2025961118>

Javidan, N., Kavian, A., Pourghasemi, H. R., Conoscenti, C., Jafarian, Z., & Rodrigo-Comino, J. (2021). Evaluation of multi-hazard map produced using MaxEnt machine learning technique. *Scientific Reports*, 11, 6496. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-85862-7>

Jehling, M., Krüger, T., Behnisch, M., & Rybski, D. (2025). Tackling the net-zero land-take question. *Nature Cities*, 1–3. <https://doi.org/10.1038/s44284-025-00335-6>

Lu, H., Gaur, A., & Lacasse, M. (2024). Climate data for building simulations with urban heat island effects and nature-based solutions. *Scientific Data*, 11(1), 731. <https://doi.org/10.1038/s41597-024-03532-5>

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. (2011). *Guía metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables*.

Olcina-Cantos, J., & Díez-Herrero, A. (2025). Inundaciones en España: El papel de la planificación territorial. *Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales*, 57(223).



Pourghasemi, H. R., Kariminejad, N., Amiri, M., Edalat, M., Zarafshar, M., Blaschke, T., & Cerda, A. (2020). Assessing and mapping multi-hazard risk susceptibility using a machine learning technique. *Scientific Reports*, 10, 3203. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60191-3>

Qian, Y., et al. (2022). Urbanization impact on regional climate and extreme weather: Current understanding, uncertainties, and future research directions. *Advances in Atmospheric Sciences*, 39(6), 819–860. <https://doi.org/10.1007/s00376-021-1371-9>

Reinwald, F., et al. (2024). Components of urban climate analyses for the development of planning recommendation maps. *Urban Climate*, 57, 102090. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2024.102090>

Vargas, J., Olcina, J., & Paneque, P. (2022). Cartografía de riesgo de inundación en la planificación territorial para la gestión del riesgo de desastre: Escalas de trabajo y estudios de casos en España. *Revista EURE*, 48(144).

Webber, M. K., & Samaras, C. (2022). A review of decision making under deep uncertainty applications using green infrastructure for flood management. *Earth's Future*, 10(7), e2021EF002322. <https://doi.org/10.1029/2021EF002322>

Zhao, L., et al. (2021). Global multi-model projections of local urban climates. *Nature Climate Change*, 11(2), 152–157. <https://doi.org/10.1038/s4>

2.a.19. Fomentar la transparencia en la información territorial sobre riesgos

Descripción de la propuesta

Se propone garantizar la transparencia y accesibilidad de la información territorial sobre riesgos naturales, vinculándola a cada parcela catastral y a los actos de compraventa. La administración pondrá a disposición pública, en formatos accesibles, las capas de mapas de peligrosidad, vulnerabilidad y riesgo, con metadatos, fecha de actualización y trazabilidad de cambios. En operaciones inmobiliarias, se incorporará la información de riesgo en documentos como notas simples del Registro y/o informes catastrales, incluyendo si existen estudios de vulnerabilidad o medidas de protección adoptadas.

La planificación urbana y rural deberá revisar la incorporación de mapas de peligrosidad y riesgo actualizados con escenarios climáticos futuros y publicar versiones comprensibles para la ciudadanía, asegurando la consistencia con los instrumentos de ordenación.

Acciones clave:

1. Publicar y mantener acceso público a cartografías y metadatos de peligrosidad, vulnerabilidad y riesgo.
2. Incluir información de riesgo en documentos vinculados a la compraventa (Registro/Catastro).
3. Proveer visores y materiales explicativos “amigables” y accesibles para la ciudadanía.



4. Asegurar la coherencia entre la información publicada y el planeamiento vigente.

Mecanismos de implementación:

1. Procedimiento obligatorio de puesta a disposición de la información en actos de compraventa.
2. Visores públicos con descarga de datos y metadatos estandarizados; registro de versiones y actualizaciones.
3. Coordinación entre ordenación territorial, registros, catastro y organismos sectoriales para intercambio de información.

Ámbito: Nacional, con despliegue autonómico y local.

Sectores implicados: Ordenación del territorio y urbanismo; registros y catastro; protección civil; gestión del agua y del medio ambiente; consumo.

Actores clave: Comunidades autónomas, Ayuntamientos, Registros de la propiedad y catastro, Confederaciones hidrográficas, Ciudadanía y agentes del mercado inmobiliario.

Limitaciones y advertencias

1. Requiere interoperabilidad entre sistemas y actualización periódica.
2. La comunicación al público debe evitar interpretaciones erróneas, explicando incertidumbres y alcances.
3. Puede implicar adecuaciones legales y de protección de datos para vincular información parcelaria y documental.

Evidencia científica y referencias

Colmer, J., 2025. We need to predict the people disasters will hit, not just the places. *Nature* 642, 842–842. <https://doi.org/10.1038/d41586-025-01968-2>

D'Onofrio, R., Caprari, G., Grifoni, R.C., Conti, F., Marchesani, G.E., Malavolta, S., Pierantoni, I., Sargolini, M., 2025. Climate Maps and Urban Planning in Search of a Reliable Framework for Adapting Cities and Communities to the Impacts of Climate Change, in: Mohammad, P., Shahfahad, Comino, J.R., Matamanda, A.R. (Eds.), *Geographic Approaches to Climate Change and Mitigation: Urban and Rural Perspectives (Volume 1)*. Springer Nature Switzerland, Cham, pp. 57–65. https://doi.org/10.1007/978-3-031-92119-3_5

Hasan, I., Lee, H., Qiu, B., Saunders, A., 2025. Climate-related disclosure commitment of the lenders, credit rationing, and borrower environmental performance. *Rev. Account. Stud.* <https://doi.org/10.1007/s11442-025-09918-z>

Aschieri, D.L.D., Sobrino, N., Macii, E., 2024. Web-GIS Application for Hydrogeological Risk Prevention: The Case Study of Cervo Valley. *Sustainability* 16, 9833. <https://doi.org/10.3390/su16229833>



La Guardia, M., Angrisano, A., Mussumeci, G., 2025. A Framework for the Dynamic Mapping of Precipitations Using Open-Source 3D WebGIS Technology. *Geographies* 5, 40. <https://doi.org/10.3390/geographies5030040>

Nieto, C.E., Martínez-Graña, A.M., Merchán, L., Ortiz, J.A.V., 2025. A GIS-Based Approach for Use Recommendations and Limitations in Sustainable Coastal Planning in the Southeastern Margin of the Ría de Arosa (Pontevedra, Spain). *Appl. Sci.* 15, 4582. <https://doi.org/10.3390/app15084582>

Sofianopoulos, S., Faka, A., Chalkias, C., 2025. SDI-Enabled Smart Governance: A Review (2015–2025) of IoT, AI and Geospatial Technologies—Applications and Challenges. *Land* 14, 1399. <https://doi.org/10.3390/land14071399>

2.a.20. Establecer mecanismos de corrección de irregularidades en zonas inundables

Descripción de la propuesta

Se propone aplicar de manera efectiva la ilegalidad de la edificación en zona inundable, dado que en numerosos casos no se está cumpliendo. Además de implementar la ley a futuro, es necesario actuar sobre las irregularidades ya consumadas en zonas inundables, donde existen miles de construcciones, mediante medidas específicas orientadas a su corrección, incluyendo, en las zonas de alto riesgo, opciones como el desalojo progresivo, la expropiación o el canje-permuta de terrenos y, al menos en una primera fase, la calificación de estas áreas como zonas de sacrificio, de forma que no puedan renovar en el futuro su condición de áreas con uso residencial, industrial, comercial o de equipamiento.

Acciones clave:

- Ejecutar la prohibición de edificar en zonas inundables.
- Identificar y corregir irregularidades consolidadas en áreas inundables.
- Valorar, en zonas de alto riesgo de inundación, instrumentos como el desalojo progresivo, la expropiación o el canje-permuta de terrenos y la calificación como zonas de sacrificio, de manera que no se renueven usos residenciales, industriales, comerciales o dotacionales en dichas áreas.

Mecanismos de implementación:

1. Desarrollo de procedimientos y actuaciones específicas para la corrección de construcciones irregulares ya existentes en zonas inundables.
2. Se espera una reducción de exposición y daños recurrentes, un refuerzo del cumplimiento normativo y la mejora de la seguridad en áreas de riesgo.

Ámbito: Disciplina urbanística y gestión del territorio en zonas inundables.

Sectores: Urbanismo, ordenación del territorio, protección civil.



Actores clave: Ayuntamientos, comunidades autónomas, confederaciones hidrográficas.

Limitaciones y advertencias:

4. La disponibilidad de conjuntos de datos adecuados y la resolución de los datos desempeñan un papel fundamental en la fiabilidad y aplicabilidad de los métodos de predicción.
5. Se debe complementar con otras medidas ya que no se puede prevenir los daños causados por las inundaciones únicamente con medidas estructurales.

Evidencia científica y referencias

El cumplimiento efectivo y la corrección de irregularidades reducen de forma directa la exposición y los impactos de episodios de inundación.

Dash, P., Sar, J., 2020. Identification and validation of potential flood hazard area using GIS-based multi-criteria analysis and satellite data-derived water index. J. Flood Risk Manag. 13, e12620. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12620>

de Bruijn, K.M., Jafino, B.A., Merz, B., Doorn, N., Priest, S.J., Dahm, R.J., Zevenbergen, C., Aerts, J.C.J.H., Comes, T., 2022. Flood risk management through a resilience lens. Commun. Earth Environ. 3, 285. <https://doi.org/10.1038/s43247-022-00613-4>

Devitt, L., Neal, J., Coxon, G., Savage, J., Wagener, T., 2023. Flood hazard potential reveals global floodplain settlement patterns. Nat. Commun. 14, 2801. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-38297-9>

Kiyong Park, Eui Hoon Lee (2024). Urban flood vulnerability analysis and prediction based on the land use using Deep Neural Network, International Journal of Disaster Risk Reduction, 101. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2023.104231>.

Olcina-Cantos, J., & Díez-Herrero, A. (2025). Inundaciones en España: el papel de la planificación territorial. Ciudad Y Territorio Estudios Territoriales, 57(223).

2.a.21. Promover una adaptación normativa y técnica de la construcción, el diseño y la rehabilitación de edificios para disminuir el riesgo frente a inundaciones

Descripción de la propuesta

Se propone revisar y actualizar los códigos técnicos de edificación para integrar criterios obligatorios de resiliencia hídrica y definir requisitos específicos en zonas de peligrosidad por inundación. Estos requisitos incluyen soluciones de diseño que reduzcan la exposición, como la elevación de cotas críticas, la liberación de espacios en plantas bajas para permitir el tránsito de flujos y la garantía de comunicación vertical segura, y redirigir el excedente de aguas de lluvia hacia el subsuelo mediante estanques de recaptación.



Como soporte técnico-regulatorio, se plantea publicar una norma técnica que establezca objetivos, alcance, características, escalas y sistema de evaluación de los mapas de riesgos naturales, con guía metodológica de obligado cumplimiento, de modo que estos mapas puedan ser usados consistentemente por la normativa edificatoria.

Asimismo, se incorporarán disposiciones sobre usos y habitabilidad: impedir viviendas y actividades altamente vulnerables en plantas bajas y sótanos en zonas inundables, y posibilitar permutas de usos para reubicar actividades sensibles fuera de áreas de peligrosidad media y alta.

Acciones clave:

1. Revisar y actualizar los códigos técnicos de edificación para integrar criterios de resiliencia hídrica en diseño, materiales y ubicación.
2. Establecer requisitos en zonas sensibles: elevar cotas críticas; liberar plantas bajas para paso de flujos; asegurar comunicación con plantas superiores.
3. Publicar una norma técnica con objetivos, alcance, escalas y métodos estandarizados para mapas de riesgos naturales, como base de aplicación en la normativa de edificación.
4. Incorporar reglas de uso: prohibición de habitabilidad en plantas bajas/sótanos en zonas inundables y permutas de usos para actividades vulnerables.

Mecanismos de implementación:

1. Revisión y actualización de los códigos técnicos de edificación.
2. Aprobación de la norma técnica de mapas de riesgos naturales y de su guía metodológica.
3. Desarrollo de reglamentos sectoriales/territoriales que concreten su aplicación en zonas sensibles y habiliten permutas de usos.

Ámbito: Zonas inundables y especialmente sensibles; normativa de edificación.

Sectores implicados: Construcción; urbanismo; protección civil; aseguradora

Actores clave: Ministerio de Transportes y Vivienda, MITECO, Comunidades autónomas, Colegios profesionales, Asociaciones del sector.

Limitaciones y advertencias

1. La eficacia depende de la correcta delimitación de peligrosidad y de su traducción normativa.
2. Umbrales o cartografías desalineadas con la realidad local pueden sobredimensionar o infradimensionar requisitos.



3. Medidas como la elevación de cotas o la liberación de plantas bajas requieren viabilidad técnica y económica caso a caso.
4. La reasignación de usos y las permutas pueden generar costes y resistencias.
5. Se precisan periodos transitorios y coordinación administrativa para evitar inseguridad jurídica.

Evidencia científica y referencias

Attems, M.-S., Thaler, T., Genovese, E., Fuchs, S., 2020. Implementation of property-level flood risk adaptation (PLFRA) measures: Choices and decisions. *WIREs Water* 7, e1404. <https://doi.org/10.1002/wat2.1404>

de Bruijn, K.M., Jafino, B.A., Merz, B., Doorn, N., Priest, S.J., Dahm, R.J., Zevenbergen, C., Aerts, J.C.J.H., Comes, T., 2022. Flood risk management through a resilience lens. *Commun. Earth Environ.* 3, 285. <https://doi.org/10.1038/s43247-022-00613-4>

Dottori, F., Mentaschi, L., Bianchi, A., Alfieri, L., Feyen, L., 2023. Cost-effective adaptation strategies to rising river flood risk in Europe. *Nat. Clim. Change* 13, 196–202. <https://doi.org/10.1038/s41558-022-01540-0>

Naggar, H.E., El-Wahab, M.A.A., 2025. Designing for Disaster: A Holistic Approach to Architectural Resilience, in: He, B., Piselli, C., Karunathilake, H., Cheshmehzangi, A., Attia, S., Darko, A. (Eds.), *Towards the Framework of Livable and Resilient Cities*. Springer Nature Switzerland, Cham, pp. 107–119. https://doi.org/10.1007/978-3-031-97849-4_9

Borragán, G., Verheyen, J., Vandevyvere, H., & Kondratenko, I. (2023). Smart building and district retrofitting for intelligent urban environments. In *Intelligent Environments* (pp. 395-420). North-Holland.

Ruiz-Valero, L., Makaremi, N., Haines, S., & Touchie, M. (2025). Co-benefits of residential retrofits: A review of quantification and monetization approaches. *Building and Environment*, 112576.

2.a.22. Priorizar las soluciones basadas en la naturaleza y los enfoques híbridos para la resiliencia territorial y costera

Descripción de la propuesta:

La propuesta impulsa un cambio de paradigma en la gestión ambiental y costera, priorizando infraestructuras naturales y soluciones híbridas que actúen como mecanismos de defensa, restauración y mitigación frente al cambio climático.

Acciones clave:

1. Restauración ecológica y amortiguación natural:
 - Recuperar dunas, marismas y humedales como sistemas de amortiguación el oleaje, reducir la erosión y que actúan como barreras naturales frente a inundaciones y temporales además de aportar biodiversidad y almacenamiento de carbono.



- Promover refugios climáticos naturales —barrancos, umbrías, bosques de ribera— como espacios de resiliencia para fauna y flora.
- Fomentar la gestión agroforestal sostenible (agrosilvicultura) en zonas semiáridas para incrementar la resiliencia hídrica, combinando cultivos, pastos y árboles para mejorar la estructura del suelo, reducir la erosión y aumentar la biodiversidad funcional.
- Priorizar áreas donde la restauración reduzca riesgos significativos y recupere servicios ecosistémicos de alto valor, empleando mapas de riesgo, hábitats y carbono.

2. Manejo sostenible del suelo agrícola:

- Mantener cubiertas vegetales vivas o muertas que reduzcan la pérdida de humedad, mejoren la estructura del suelo y moderen las temperaturas extremas.
- Priorizar zonas de influencia directa en cuencas vertientes a sistemas costeros vulnerables, reforzando el vínculo con puertos y hábitats de pesca claves.

3. Aplicación costera de las SbN:

- Respetar las acumulaciones naturales de Posidonia oceánica y restos vegetales marinos por su función protectora.
- Eliminar barreras artificiales y permeabilizar infraestructuras portuarias para recuperar la hidrodinámica natural y prevenir la erosión.
- Restaurar humedales litorales permitiendo su migración tierra adentro frente al aumento del nivel del mar.
- Permeabilizar infraestructuras portuarias para favorecer conexión hidrosedimentaria y minimizar efectos negativos sobre la dinámica litoral y pesquero-marina.

4. Innovación tecnológica para la resiliencia costera:

- Desarrollar espigones hinchables como tecnología adaptable que mitigue la acción del oleaje y facilite la replantación de Posidonia.
- Implementar sistemas de replantación industrial con viveros a gran escala y dispositivos de protección para aumentar la supervivencia de plántulas. Estas tecnologías deberán desplegarse inicialmente como proyectos piloto con evaluación independiente de eficacia, durabilidad, costes y ausencia de efectos adversos, y no escalarse sin evidencia suficiente.

5. Soluciones híbridas de ingeniería ecológica:

- Diseñar Living Breakwaters (rompeolas vivos) y Eco-revêtements (revestimientos ecológicos).



- Integrar dunas urbanas multifuncionales y humedales de mitigación para la absorción de impactos.
- Establecer protocolos de monitorización ecológica y estructural integrada, de validación conjunta a través de la plataforma costera inteligente, gemelos digitales y sistemas de seguimiento interoperables

Mecanismos de implementación:

1. En conjunto, estas acciones fortalecen la resiliencia territorial y costera, mejoran la biodiversidad y optimizan la inversión pública mediante soluciones duraderas, adaptativas y con alto valor ambiental.
2. Las acciones propuestas se aplican de modo secuencial, es decir primero restauración y manejo de procesos naturales, después, si se superan determinados umbrales críticos, transición a soluciones más estructurales o retirada gestionada.

Ámbito: Nacional, con énfasis en zonas costeras, semiáridas y de alta vulnerabilidad ecológica.

Sectores implicados: Medio ambiente, agricultura, infraestructuras, innovación tecnológica, ciencia y gobernanza climática.

Actores clave: MITECO, Ministerio de Ciencia e Innovación, universidades, Puertos del Estado, comunidades autónomas, centros de investigación marina, y empresas tecnológicas del sector azul.

Limitaciones y advertencias:

- Requiere coordinación efectiva entre distintos niveles de gobierno y sectores (medio ambiente, agricultura, costas, innovación), lo que puede generar retrasos si no se establecen mecanismos claros de gobernanza.
- Es esencial evitar la simplificación excesiva del concepto "SbN", garantizando que las intervenciones se diseñen con base científica y considerando la dinámica real del medio natural, para prevenir impactos no deseados.
- Ninguna SbN ni solución híbrida debe usarse para justificar mantener o aumentar la exposición de personas o activos en zonas de riesgo extremo; en esos casos se recomienda contemplar opciones de realineamiento o retirada gestionada.
- Algunas SbN presentan crecimiento lento y efectividad a largo plazo (por ejemplo, restauración de praderas de posidonia), lo que implica que los beneficios no son inmediatos.
- Determinadas SbN no son adecuadas para la protección costera frente a eventos extremos (ejemplo, temporales severos), por lo que es recomendable que se combinen con otras medidas.



- Ausencia de pilotos marinos a gran escala limita la evidencia sobre su viabilidad técnica, económica y social, lo que incrementa la incertidumbre en su implementación.
- Existe riesgo de maladaptación si las SbN se aplican sin considerar escenarios futuros de cambio climático, acumulación de impactos y la interacción con otras infraestructuras.
- Requiere financiación sostenida y capacidades técnicas para el seguimiento, evaluación y ajuste adaptativo de las intervenciones.

Evidencia científica y referencias

Barbier, E.B., Hacker, S. D., Kennedy, C., Koch, E. W., Stier, A. C., Silliman, B. R. The value of estuarine and coastal ecosystem services. 2011, *Ecological Monographs*, 81(2), 169-193. <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/10-1510.1>

Duarte, C. M., Losada, I. J., Hendriks, E., Mazarrasa, I., Marbà, N. The role of coastal plant communities for climate change mitigation and adaptation. 2013, *Nature climate change*, 3, 961-968. <https://www.nature.com/articles/nclimate1970>

Engineering with Nature (USACE). <https://ewn.ercd.dren.mil/>

Temmerman, S., Meire, P., Bouma, T., Herman, P. T. M., Ysebaert, T., De Vriend, H. J. Ecosystem-based coastal defence in the face of global change. 2013, *Nature* 504, 79–83. <https://doi.org/10.1038/nature12859>

Waycott, M., Duarte, C. M., Carruthers, T. J. B., Orth, R. J., Dennison, W. C., Olyarnik, S., Calladine, C., Fourqurean J. W., Heck, K. L., Hughes, A. R., Kendrick, G. A., Kenworthy, W. A., Short, F. T. Williams, S. L., 2009. Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems, *PNAS*, 106 (30) 12377-12381. <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.0905620106>

UICN (2022). Promoción para destinos de turismo de la naturaleza en zonas costeras el Mediterráneo con Posidonia. Gland (Suiza) y Málaga (España): UICN, 33 pp

2.a.23. Adoptar soluciones basadas en la naturaleza y soluciones híbridas en áreas urbanas, integradas en el planeamiento urbanístico

Descripción de la propuesta

Impulsar SbN e infraestructuras híbridas como eje de la reducción del riesgo de inundaciones y la adaptación climática urbana, priorizándolas frente a soluciones “grises” cuando iguallen o superen su eficacia y mejoren la adaptación al riesgo con menor coste de ciclo de vida. Cuando sea necesario, se recomienda combinarlas con soluciones convencionales en enfoques híbridos.

Se integra un paquete urbano de drenaje y permeabilidad que combina SUDS sobredimensionados, infraestructura verde-azul y laminación distribuida (tanques, túneles y balsas de tormenta), pavimentos permeables, jardines de lluvia, zonas de infiltración, microdepresiones y charcas temporales, humedales



urbanos (con posible aporte de agua regenerada) y corrección de estrangulamientos hidráulicos en interfaces cauce-ciudad.

Acciones clave:

1. Exigir la evaluación de viabilidad y cobeneficios de SbN en planes hidrológicos y urbanísticos, considerando indicadores más allá del tiempo de respuesta (p. ej., reducción de caudal pico, mejora de infiltración, biodiversidad).
2. Identificar y priorizar medidas verdes obligatorias en nuevos desarrollos (techos verdes, biofiltros, jardines de lluvia, cuencas de detención, objetivos mínimos de cobertura arbórea).
3. Implantar SUDS sobredimensionados en zonas urbanas sensibles y diseñar laminación distribuida con tanques/túneles/balsas en puntos críticos.
4. Extender pavimentos permeables en viario y parcelas; crear jardines de lluvia, zonas de infiltración, microdepresiones y charcas temporales.
5. Desplegar humedales urbanos (con agua regenerada para depuración/infiltración local cuando proceda).
6. Auditar y corregir estrangulamientos hidráulicos en cruces de infraestructuras con cauces y red de drenaje.
7. Aplicar directrices y evidencia internacional (ONU, CEPE, PNUMA) y el Estándar Global de la UICN para SbN como referencia para fundamentar decisiones.
8. Incorporar indicadores de biodiversidad ribereña y calidad hidromorfológica en la evaluación de SbN.
9. Mejorar módulos de suelo y vegetación en modelos hidráulicos para integrar SbN (p. ej., permeabilización del lecho, control de invasoras, bioingeniería).
10. Monitorear la mejora ecológica e hidráulica de SbN implementadas en proyectos previos (Plan de Recuperación) para generar evidencia científica.

Mecanismos de implementación:

- Diseño y cálculo: dimensionar SUDS y volúmenes de laminación considerando arrastre, sedimentos e incertidumbres para eventos extremos.
- Criterios de localización y operación: definir ubicación, volúmenes y régimen de operación de tanques/túneles/balsas en el planeamiento; seleccionar emplazamientos de infiltración según geología, nivel freático y riesgo de contaminación difusa (con pretratamientos).
- Agua regenerada: establecer convenios con operadores de depuración para suministro a humedales urbanos y usos no potables.



- Mantenimiento: planes periódicos para pavimentos permeables y humedales (evitar colmatación y pérdida de capacidad).
- Gobernanza urbanística: integrar infraestructura verde-azul y SbN en instrumentos de planeamiento y de rehabilitación urbana; programar inspecciones y actuaciones en puntos negros.
- Priorización en obra pública: evaluación inicial obligatoria de SbN para darles preferencia si cumplen objetivos con menor coste de ciclo de vida.
- Marco legal: aplicar y reforzar el deslinde del dominio público hidráulico y capacidades de CH, CCAA y ayuntamientos.
- Añadir referencia a la integración de estos indicadores en sistemas de seguimiento y en herramientas de modelización.

Se espera impactos en la reducción del riesgo de inundaciones, el aumento de la resiliencia territorial y urbana y mejorar la calidad ambiental y el bienestar social, beneficios múltiples en biodiversidad, regulación térmica, calidad del agua y recreación.

Ámbito: Nacional, con prioridad en entornos urbanos y periurbanos sensibles.

Sectores implicados: Urbanismo; gestión del agua; medio ambiente; infraestructuras municipales.

Actores clave: Ayuntamientos; Confederaciones Hidrográficas; CCAA; operadores de depuración; empresas de obra civil; universidades y centros de investigación.

Limitaciones y advertencias:

- Efectividad contexto-dependiente; necesidad de espacio disponible y coordinación interadministrativa.
- Costes iniciales elevados en tejidos urbanos densos.
- Requiere mantenimiento continuo y cualificado (pavimentos permeables, humedales, SUDS).
- Riesgo de fallo por dimensionamiento insuficiente si no se consideran sedimentos/arrastre/incertidumbre.
- Posibles obras en infraestructuras existentes para corregir estrangulamientos.
- Puede requerir clarificaciones normativas y refuerzo de capacidades técnicas y administrativas.
- Requiere desarrollo metodológico y coordinación entre áreas de hidráulica y ecología.

Evidencia científica y referencias



Cassin, J., Matthews, J. H., Lopez-Gunn, E., Bremer, L. L., Coxon, C., Dominique, K., Echavarria, M., Gammie, G., Marchal, R., Mauroner, A., Ofosu-Amaah, N., Perry, D. M., Sterling, E., Timboe, I., Vandergert, P., Vigerstol, K., & Trémolet, S. (2021). Nature-based solutions: Action for the 21st century. In *Nature-Based Solutions and Water Security: An Action Agenda for the 21st Century* (pp. 445-454). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819871-1.00010-5>

Costa, S., Peters, R., Martins, R., Postmes, L., Keizer, J.J., Roebeling, P., 2021. Effectiveness of Nature-Based Solutions on Pluvial Flood Hazard Mitigation: The Case Study of the City of Eindhoven (The Netherlands). *Resources* 10. <https://doi.org/10.3390/resources10030024>

Esráz-Ul-Zannat, M., Dedekorkut-Howes, A., & Morgan, E. (2024). A review of nature-based infrastructures and their effectiveness for urban flood risk mitigation. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 15. <https://doi.org/10.1002/wcc.889>.

FEMP, 2019. Sexto informe sobre políticas locales de lucha contra el cambio climático. Informe adicional: Soluciones Basadas en la Naturaleza. Infraestructuras Verdes de especial interés para las entidades locales. Federación Española de Municipios y Provincias (FEMP), Madrid.

Ferrario, F., Mourato, J., Rodrigues, M., & Dias, L. (2024). Evaluating Nature-based Solutions as urban resilience and climate adaptation tools: A meta-analysis of their benefits on heatwaves and floods. *The Science of the total environment*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.175179>.

Keech, D., Clarke, L. E. and Short, C. J. (2023) Nature-based solutions in flood risk management: Unlocking spatial, functional and policy perceptions amongst practitioners in South-West England. *Nature-Based Solutions*, 4. <https://doi.org/10.1016/j.nbsj.2023.100096>.

Liu, L., Dobson, B., Mijic, A., 2023. Optimisation of urban-rural nature-based solutions for integrated catchment water management. *J. Environ. Manage.* 329, 117045. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.117045>

López-Gunn, E., van der Keur, P., Van Cauwenbergh, N., Le Coent, P., & Giordano, R. (2023). *Greening water risks: Natural assurance schemes* (p. 422). Springer Nature.

Majidi, A., Vojinovic, Z., Alves, A., Weesakul, S., Sanchez, A., Boogaard, F., & Kluck, J. (2019). Planning Nature-Based Solutions for Urban Flood Reduction and Thermal Comfort Enhancement. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su11226361>.

Ruangpan, L., Vojinovic, Z., Di Sabatino, S., Leo, L. S., Capobianco, V., Oen, A. M. P., McClain, M. E., and Lopez-Gunn, E.: Nature-based solutions for hydro-meteorological risk reduction: a state-of-the-art review of the research area, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 20, 243–270, <https://doi.org/10.5194/nhess-20-243-2020>

Scheiber, L., Teixidó, M., Criollo, R., Labad, F., Vázquez-Suñé, E., Izquierdo, M., Chesa Marro, M.J., de Castro, D., 2022. ASSET project: assessing sustainable urban drainage system (SUDS) efficiency to reduce urban runoff water contamination. *Adv. Geosci.* 59, 37–44. <https://doi.org/10.5194/adgeo-59-37-2022>

Sprigna, G and Lopez Gunn (2021) Chapter 1 Dimutru; A. L. Wendling. (2021). Evaluating the impact of Nature Based Solutions; A Handbook for Practitioners. <https://doi.org/10.2777/2498>.

Voskamp, I. M., de Luca, C., Polo-Ballinas, M. B., Hulsman, H., & Brolsma, R. (2021). Nature-Based Solutions Tools for Planning Urban Climate Adaptation: State of the Art. *Sustainability*, 13(11), 6381. <https://doi.org/10.3390/su13116381>.



2.a.24. Promover la creación de parques inundables y la recuperación de espacios inundables para laminación de crecidas

Descripción de la propuesta:

Dar espacio al agua mediante la restauración y creación de áreas inundables y parques fluviales multifuncionales que laminen crecidas, reduzcan la energía de las avenidas y almacenen aguas pluviales durante tormentas. Las actuaciones incluyen la recuperación de zonas inundables en ámbitos agrícolas, forestales y urbanos; la construcción de balsas de laminación en torrentes, barrancos y rieras; y la integración de parques inundables con SUDS y zonas húmedas, así como territorios de movilidad fluvial, áreas de reequilibrio hidrológico y charcas temporales con beneficios ecosistémicos.

Acciones clave:

1. Recuperación y protección de espacios/zonas inundables a escala de cuenca para laminar crecidas.
2. Construcción de balsas de laminación en puntos adecuados de torrentes, barrancos y rieras.
3. Creación e integración de parques inundables con zonas húmedas permanentes y SUDS.
4. Implantación de SbN que devuelvan espacio al río: territorios de movilidad fluvial y espacios de reequilibrio hidrológico.
5. Identificación y habilitación de zonas preferentes de expansión del agua (llanuras aluviales históricas, terrenos agrícolas o ganaderos próximos a núcleos urbanos, humedales temporales y confluencias).
6. Creación de charcas temporales y pequeñas depresiones estratégicas como volúmenes de expansión y almacenamiento temporal.

Mecanismos de implementación:

1. Planificación coordinada entre administraciones para identificar suelos estratégicos.
2. Integración en planes urbanísticos, de cuenca y de gestión del riesgo de inundación; incorporación en la planificación de cuenca y periurbana.
3. Ejecución de emplazamientos de balsas de laminación en redes de torrentes/barrancos/rieras.
4. Designación de zonas preferentes de inundación en instrumentos de planificación territorial y de cuenca.
5. Coordinación con propuestas de cartografía y transparencia para identificar y comunicar estas áreas.



6. Integración de charcas temporales y humedales estacionales en proyectos de restauración y en gestión agraria/forestal compatibles.
7. Uso de fondos europeos y nacionales para soluciones basadas en la naturaleza.

Ámbito: Nacional, con prioridad en cuencas fluviales y áreas urbanas vulnerables.

Sectores implicados: Agua, Urbanismo, Ordenación del territorio, Medio ambiente, Cambio climático.

Actores clave: MITECO, Confederaciones hidrográficas, Comunidades autónomas, Ayuntamientos, Organizaciones ecologistas, Propietarios de terrenos, Centros de investigación.

Limitaciones y advertencias:

1. Requiere disponibilidad de suelo, acuerdos con propietarios, compatibilidad con usos existentes y, en su caso, expropiaciones.
2. Necesita coordinación interadministrativa y planes de mantenimiento y gestión a largo plazo.
3. Es conveniente evaluar efectos aguas abajo para no transferir riesgo y compatibilizar con valores ambientales existentes.
4. Las charcas temporales requieren diseño y mantenimiento acordes a su dinámica estacional para evitar problemas de seguridad o vectores, incluyendo, cuando sea necesario, tratamientos de control de mosquitos con larvicidas biológicos como *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (Bti), siguiendo las recomendaciones del Plan de Prevención, Vigilancia y Control de las Enfermedades Transmitidas por Vectores del Ministerio de Sanidad.
5. Pueden surgir conflictos con usos agrícolas y urbanos en zonas de restauración.

Evidencia científica y referencias

Associació La Sabina. (2019). Recuperación y mantenimiento de charcas temporales en ecosistemas estépicos (La Noguera, Lleida). Fundación Biodiversidad – Ministerio para la Transición Ecológica. https://fundacion-biodiversidad.es/proyectos_ficha/recuperacion-mantenimiento-charcas-noguera/

CPIE Bigorre Pyrénées. (2020, septiembre 24). Restauración de charcas/estanques. NaturClima POCTEFA. <https://naturclima-poctefa.eu/restauracion-de-charcas-estanques/>

Federal Emergency Management Agency (FEMA) (2023). Building Community Resilience with Nature-Based Solutions. Strategies for success.



Finlay, J.C., 2020. Targeted wetland restoration could greatly reduce nitrogen pollution. *Nature* 588, 592–593. <https://doi.org/10.1038/d41586-020-03515-7>.

Ministerio de Sanidad. Plan Nacional de Prevención, Vigilancia y Control de las enfermedades transmitidas por vectores. Parte I. Enfermedades transmitidas por Aedes. Parte II: Enfermedades transmitidas por Culex. Abril 2023.

Paiva, R.C.D., Lima, S.G., 2024. A Simple Model of Flood Peak Attenuation. *Water Resour. Res.* 60, e2023WR034692. <https://doi.org/10.1029/2023WR034692>

Standish, R.J., Parkhurst, T., 2024. Interventions for resilient nature-based solutions: An ecological perspective. *J. Ecol.* 112, 2502–2509. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.14377>

UN Environment-DHI, UN Environment and IUCN 2018. *Nature-Based Solutions for Water Management: A Primer*.

Wohl, E., 2021. An Integrative Conceptualization of Floodplain Storage. *Rev. Geophys.* 59, e2020RG000724. <https://doi.org/10.1029/2020RG000724>

WWAP (United Nations World Water Assessment Programme)/UN-Water. 2018. *The United Nations World Water Development Report 2018: Nature-Based Solutions for Water*. Paris, UNESCO.

Zhou, K., Kong, F., Yin, H., Destouni, G., Meadows, M.E., Andersson, E., Chen, L., Chen, B., Li, Z., Su, J., 2024. Urban flood risk management needs nature-based solutions: a coupled social-ecological system perspective. *Npj Urban Sustain.* 4, 25. <https://doi.org/10.1038/s42949-024-00162-z>

2.a.25. Crear humedales urbanos de renaturalización alimentados con agua regenerada

Descripción de la propuesta

Se propone emplear aguas residuales domésticas y escorrentías urbanas, previamente depuradas y regeneradas, para crear pequeños humedales de renaturalización en puntos estratégicos, con objetivos de mejora de la biodiversidad y, cuando proceda, de recarga de acuíferos. Se tomarán como referencia experiencias demostrativas existentes (p. ej., LIFE Renaturwat; LIFE MATRIX).

Complementariamente, se plantea la creación de pequeñas depresiones que funcionen como charcas temporales con importantes beneficios ambientales y servicios ecosistémicos. Estas actuaciones se encuadran en soluciones basadas en la naturaleza, integrables en tramas urbanas y periurbanas.

Acciones clave:

6. Crear humedales urbanos alimentados con agua regenerada y/o escorrentía depurada, siguiendo referencias de proyectos demostrativos.



7. Diseñar e implantar charcas temporales en puntos estratégicos urbanos/periurbanos.
8. Integrar estas actuaciones como soluciones basadas en la naturaleza en el planeamiento y el espacio público.

Mecanismos de implementación:

1. Selección de emplazamientos estratégicos y diseño funcional/ecológico de humedales y charcas.
2. Uso de agua regenerada previamente tratada, conforme a los objetivos ambientales de cada actuación.
3. Replicación de modelos demostrativos existentes (LIFE Renaturwat; LIFE MATRIX).

Ámbito: Urbano y periurbano (espacio público, zonas verdes, corredores fluviales urbanos).

Sectores implicados: Medio ambiente; urbanismo; gestión del agua; biodiversidad; salud pública.

Actores clave: Ayuntamientos, Operadores de depuración, Confederaciones hidrográficas, Áreas de parques y jardines, Universidades y centros de investigación

Limitaciones y advertencias:

1. En el desarrollo urbano son desconocidos, infravalorados o ignorados los beneficios que aportan los humedales, lo que dificulta su implementación.
2. Requiere asegurar la calidad del agua regenerada para los fines previstos, controlar vectores (p. ej. la acumulación de larvas de mosquito en humedales puede aumentar el riesgo de transmisión de patógenos) y gestionar sedimentos/olores.
3. Precisa superficie disponible, mantenimiento regular y coordinación urbanística/ambiental.
4. Los humedales urbanos requieren gestión rutinaria para controlar especies invasoras y proteger especies amenazadas, lo que implica recursos y planificación continua.
5. La recarga asociada debe condicionarse a la idoneidad hidrogeológica y a las autorizaciones pertinentes.
6. Muchos humedales urbanos están expuestos a contaminantes que degradan su calidad ecológica y funcionalidad.



Evidencia científica y referencias

La literatura técnica y los proyectos demostrativos muestran que los humedales urbanos alimentados con agua regenerada mejoran biodiversidad, calidad del agua y pueden favorecer procesos de infiltración controlada.

LIFE Renaturwat: <https://liferenaturwat.com/>

LIFE MATRIX: <https://www.life-matrix-project.eu/>

Restauración de charcas/estanques:

<https://naturclima-poctefa.eu/restauracion-de-charcas-estanques/>

https://fundacion-biodiversidad.es/proyectos_ficha/recuperacion-mantenimiento-charcas-noguera/

Alikhani, S., Nummi, P., Ojala, A., 2021. Urban Wetlands: A Review on Ecological and Cultural Values. *Water* 13, 3301. <https://doi.org/10.3390/w13223301>

Stefanakis, A.I., 2019. The Role of Constructed Wetlands as Green Infrastructure for Sustainable Urban Water Management. *Sustainability* 11, 6981. <https://doi.org/10.3390/su11246981>

Stefanakis, A.I., 2019. The Role of Constructed Wetlands as Green Infrastructure for Sustainable Urban Water Management. *Sustainability* 11, 6981. <https://doi.org/10.3390/su11246981>

Hanford, J.K., Webb, C.E., Hochuli, D.F., 2020. Management of urban wetlands for conservation can reduce aquatic biodiversity and increase mosquito risk. *J. Appl. Ecol.* 57, 794–805. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13576>

Shah, A.M., Liu, G., Chen, Y., Yang, Q., Yan, N., Agostinho, F., Almeida, C.M.V.B., Giannetti, B.F., 2023. Urban constructed wetlands: Assessing ecosystem services and disservices for safe, resilient, and sustainable cities. *Front. Eng. Manag.* 10, 582–596. <https://doi.org/10.1007/s42524-023-0268-y>

2.a.26. Restaurar humedales y espacios fluviales y promover la transición agroecológica para la resiliencia hídrica

Descripción de la propuesta

Se integra la restauración y protección de ecosistemas hídricos con la transición agroecológica para incrementar la retención natural de agua, reducir riesgos de inundación y sequía, mejorar la calidad del recurso y reforzar la resiliencia climática en contextos urbanos y rurales. La propuesta se articula en dos bloques complementarios y no solapados:

1. restauración de humedales y espacios fluviales para devolver espacio y funcionalidad hidromorfológica a las cuencas, y
2. restauración de zonas degradadas y adopción de manejos agroecológicos que aumenten la materia orgánica del suelo (efecto “esponja”), reduzcan la escorrentía y favorezcan la recarga.

Acciones clave:



- Restauración de humedales y zonas húmedas naturales como amortiguadores frente a inundaciones y reservorios en sequía.
- Recuperación de cauces y meandros, devolviendo espacio a la cuenca para recuperar heterogeneidad geomórfica, laminar picos de caudal y reorganizar el drenaje de forma más natural.
- Protección de acuíferos y restauración de vegetación nativa en bordes de ríos para mejorar provisión y calidad del agua, con especial atención a ecosistemas mediterráneos.
- Creación de zonas de amortiguación para flujos laterales que favorezcan conectividad ecológica y disipen energía en eventos extremos.
- Restauración de zonas degradadas y transición agroecológica en áreas agrícolas vulnerables y cuencas estratégicas.
- Fomento de prácticas de manejo agroecológicas que incrementen la materia orgánica del suelo, reduzcan la escorrentía en inundaciones y aumenten la resiliencia a sequías.

Mecanismos de implementación:

- Integración de criterios de resiliencia hídrica basados en naturaleza en la planificación urbana y rural.
- Coordinación interadministrativa entre políticas agrarias, hídricas y climáticas.
- Apoyo integral a agricultores (técnico y económico) para facilitar la adopción de prácticas agroecológicas y la gestión de la incertidumbre en el cambio.
- Trabajo específico con organizaciones agrarias para abordar resistencias sociales y económicas, combatir falsas creencias y evitar discursos culpabilizadores.
- Planificación y mantenimiento a largo plazo de las actuaciones restauradoras para asegurar su funcionalidad.

Ámbito: Nacional, con prioridad en cuencas fluviales y zonas urbanas vulnerables, zonas agrícolas vulnerables y cuencas hidrográficas estratégicas.

Sectores implicados: Agua, ordenación del territorio, agricultura, medio ambiente, cambio climático, desarrollo rural.

Actores clave: MITECO, Confederaciones Hidrográficas, comunidades autónomas, ayuntamientos, Ministerio de Agricultura, cooperativas agrarias, organizaciones ecologistas, propietarios de terrenos, centros de investigación.



Limitaciones y advertencias:

1. Requiere disponibilidad de suelo y coordinación interadministrativa.
2. Pueden surgir conflictos por la disponibilidad de suelo y la competencia con usos agrícolas o urbanos en zonas de restauración, aunque algunas prácticas agrarias tradicionales y agroecológicas pueden ser compatibles (por ejemplo, el sistema del navazo andaluz en zonas inundables costeras).
3. Necesidad de mantenimiento a largo plazo para garantizar funcionalidad.
4. Requiere cambios estructurales en el modelo productivo y apoyo integral a los agricultores (no solo técnico sino también económico).
5. Pueden darse resistencias sociales y económicas en zonas agrícolas intensivas; es clave el trabajo con organizaciones agrarias, abordar falsas creencias sobre la agroecología y evitar discursos culpabilizadores.
6. Necesidad de coordinación entre políticas agrarias, hídricas y climáticas.
7. Las buenas prácticas locales pueden generar efecto imitación y facilitar la adopción de prácticas agroecológicas.

Evidencia científica y referencias

Existe consenso sobre la eficacia de las soluciones basadas en la naturaleza para reducir riesgos hídricos y mejorar la resiliencia climática. Estudios recientes demuestran que:

- Existe consenso sobre la eficacia de las soluciones basadas en la naturaleza para reducir riesgos hídricos y mejorar la resiliencia climática.
- La restauración de humedales reduce picos de inundación y aumenta la capacidad de almacenamiento hídrico.
- Amortiguadores ribereños y bosques nativos mejoran la infiltración, la recarga de acuíferos y la calidad del agua.
- La recuperación de meandros y espacios fluviales disminuye la energía de las avenidas y favorece la biodiversidad.
- La gestión del albedo contribuye a la regulación térmica y a la mitigación del cambio climático.
- La restauración de vegetación nativa y la reducción de biocidas mejoran la infiltración y la calidad del agua.
- Los sistemas agroecológicos incrementan la resiliencia frente a sequías y reducen la dependencia de insumos externos.
- La conservación del suelo es clave para la regulación natural del agua y la recarga de acuíferos.



- Los pagos por servicios ecosistémicos son herramientas efectivas para incentivar prácticas sostenibles.

Referencias científicas y técnicas:

Estrela-Segrelles, C., Gómez-Martínez, G., Pérez-Martín, M.Á., 2023. Climate Change Risks on Mediterranean River Ecosystems and Adaptation Measures (Spain). *Water Resour. Manag.* 37, 2757–2770. <https://doi.org/10.1007/s11269-023-03469-1>

Goyette, J.-O., Savary, S., Blanchette, M., Rousseau, A.N., Pellerin, S., Poulin, M., 2023. Setting Targets for Wetland Restoration to Mitigate Climate Change Effects on Watershed Hydrology. *Environ. Manage.* 71, 365–378. <https://doi.org/10.1007/s00267-022-01763-z>

Griffiths, J., Borne, K.E., Semadeni-Davies, A., Tanner, C.C., 2024. Selection, Planning, and Modelling of Nature-Based Solutions for Flood Mitigation. *Water* 16, 2802. <https://doi.org/10.3390/w16192802>

IPCC, 2019. *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.- O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)]. In press.

Leippert, F., Darmaun, M., Bernoux, M., and Mpheshea, M. 2020. *The potential of agroecology to build climate-resilient livelihoods and food systems*. Rome. FAO and Biovision. <https://doi.org/10.4060/cb0438en>

Mao, D., Wang, Z., Song, K., Yang, H., 2023. Rescue urban wetlands for flood resilience. *Nature* 624, 42–42. <https://doi.org/10.1038/d41586-023-03858-x>

Markus-Michalczyk, H., Michalczyk, M., 2023. Floodplain Forest Restoration as a Nature-Based Solution to Create Climate-Resilient Communities in European Lowland Estuaries. *Water* 15, 440. <https://doi.org/10.3390/w15030440>

Ponzio, K.J., Osborne, T.Z., Davies, G.T., LePage, B., Sundareshwar, P.V., Miller, S.J., Bochnak, A.M.K., Phelps, S.A., Guyette, M.Q., Chowanski, K.M., Kunza, L.A., Pellechia, P.J., Gleason, R.A., Sandvik, C., 2019. Building Resiliency to Climate Change Through Wetland Management and Restoration, in: An, S., Verhoeven, J.T.A. (Eds.), *Wetlands: Ecosystem Services, Restoration and Wise Use*. Springer International Publishing, Cham, pp. 255–309. https://doi.org/10.1007/978-3-030-14861-4_10

Sánchez, R., & Cuellar, M. (2016). Coastal interdune agroecosystems in the Mediterranean: a case study of the Andalusian navazo. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 40(9), 895-921. <https://doi.org/10.1080/21683565.2016.1208706>

UN Environment-DHI, UN Environment and IUCN 2018. *Nature-Based Solutions for Water Management: A Primer*.

Wang, M., Claghorn, J., Zhuo, L., 2025. Investigating the impacts of tributary meander restoration on main channel flood mitigation through computational modelling. *J. Environ. Manage.* 375, 124127. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.124127>

WWAP (United Nations World Water Assessment Programme)/UN-Water. 2018. *The United Nations World Water Development Report 2018: Nature-Based Solutions for Water*. Paris, UNESCO.



2.a.27. Instaurar la gestión ecológica y resiliente de playas frente al cambio climático

Descripción de la propuesta

La propuesta plantea una revisión integral de la gestión de playas en España para garantizar su compatibilidad con los procesos naturales, la conservación de los hábitats y la resiliencia frente a los eventos climáticos extremos.

Acciones clave:

1. Gestión ecológica del material mareal:

- Las inundaciones relámpago y los temporales aportan restos orgánicos (troncos, ramas, hojas) que son esenciales para la dinámica natural del litoral.
- Se propone la prohibición del uso de maquinaria pesada no selectiva en la limpieza de playas y la retirada únicamente de residuos inorgánicos peligrosos (plásticos, metales, vidrio).
- Se recomienda que la fracción orgánica se mantenga parcialmente para preservar nutrientes, favorecer la formación de protodunas y proteger la fauna litoral, especialmente aves amenazadas como el Chorlitejo patinegro (*Anarhynchus alexandrinus*), prestando especial atención a los periodos de nidificación (por ejemplo, primavera-principios de verano), en los que la limpieza debe adaptarse para minimizar molestias y mortalidad directa
- Es esencial desarrollar protocolos operativos claros, incluyendo calendarios estacionales de limpieza y zonas de exclusión temporal, así como la creación de una 'Guía Técnica de Limpieza Selectiva'.

2. Restauración dunar sostenible:

- Revisar los proyectos de restauración dunar para evitar la creación de estructuras artificiales sobredensificadas de vegetación, que afectan negativamente a los hábitats embrionarios y a las especies nidificantes.
- Promover restauraciones basadas en la dinámica natural, con cobertura vegetal moderada y estructuras adaptativas frente a los temporales marítimos. Estas actuaciones deberán basarse en estudios previos mínimos (por ejemplo, topografía detallada, cartografía de hábitats y análisis del balance sedimentario), para evitar afecciones a hábitats prioritarios y garantizar la eficacia de las intervenciones.

3. Gestión adaptativa basada en evidencia:



- Desarrollar mecanismos de gestión de playas que integren variables socioeconómicas y análisis retrospectivos de largo plazo mediante cartografía histórica y sistemas de información geográfica (SIG).
- Incorporar los impactos acumulados del cambio climático y de las infraestructuras portuarias en la planificación y en la Ley de Costas.
- Fomentar estudios públicos, interdisciplinarios y de libre acceso que sirvan como base para decisiones de gestión y restauración.
- En conjunto, este enfoque promueve una gestión costera basada en la ciencia, la ecología y la sostenibilidad, que refuerza la resiliencia natural del litoral y preserva su función ecológica y social.

Mecanismos de implementación:

1. Algunas modificaciones legislativas que sería conveniente revisar son la Ley de Costas (Art. 25 y Art. 44), la Directiva Hábitats (Art. 6), y la Directiva Marco Estrategia Marina.
2. Además, sería conveniente promover una coordinación interadministrativa con la institucionalización de Mesas Técnicas de Gestión Costera por Demarcación mediante Orden Ministerial, con composición equilibrada entre administración, ciencia, sector y sociedad civil, con competencias ejecutivas y rendición de cuentas pública mediante informes anuales.

Ámbito: Litoral nacional, con especial atención a playas naturales, hábitats dunares y zonas protegidas.

Sectores implicados: Medio ambiente, turismo, infraestructuras, biodiversidad, administración local.

Actores clave: MITECO, Demarcaciones de Costas, comunidades autónomas, universidades, ayuntamientos costeros, ONG ambientales y centros de investigación.

Limitaciones y advertencias

- Requiere coordinación entre las administraciones competentes (costas, medio ambiente, municipios) y una revisión normativa que limite el uso de maquinaria pesada y las prácticas de limpieza no selectivas.
- También es necesaria una comunicación efectiva con los sectores turísticos y locales.

Evidencia científica y referencias



Gómez-Serrano, M. Á. (2024a). Improving beach natural debris management for biodiversity conservation. *Trends in Ecology & Evolution* 39: 1063-1065. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2024.09.012>

Gómez-Serrano, M. Á. (2024b). Dune restoration must consider species that need open and early successional dune habitats. *Nature Ecology & Evolution* 8: 1201-1202. <https://doi.org/10.1038/s41559-024-02441-5>

Informes técnicos y publicaciones del portal de investigación de la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT):

Gestión de playas mediante variables socioeconómicas y morfosedimentarias (<https://portalinvestigacion.upct.es/documentos/61860e0c8a2f583ff09b421a>)

Análisis retrospectivo mediante cartografía histórica de infraestructuras portuarias y comportamiento litoral (<https://portalinvestigacion.upct.es/documentos/636fcdadd78e65ef2d8bf2e>)

Informe para el Congreso de los Diputados a través de FECYT sobre gestión de zonas costeras (<https://portalinvestigacion.upct.es/documentos/675fe40ff3d0f955d3a84310>)

2.a.28. Captar nieblas y monitorizar la precipitación horizontal para resiliencia hídrica en contextos donde tenga utilidad para captar agua subterránea

Descripción de la propuesta

Se propone mejorar la monitorización de la precipitación horizontal (niebla) mediante las tecnologías disponibles, acotando su aplicación a contextos muy locales en los que pueda aportar agua relevante para pequeños sistemas de abastecimiento, acuíferos muy locales o demandas muy específicas.

Acciones clave:

1. Instalar estaciones de captación de precipitación horizontal siguiendo las metodologías existentes.
2. Monitorear su aporte a la recarga, humedad del suelo y balance bioclimático.
3. Identificar e inventariar las zonas donde la precipitación horizontal pueda tener una contribución significativa a escala local (acuíferos muy locales, pequeñas cuencas y demandas específicas).
4. Evaluar usos potenciales (agrícolas o de reserva).
5. Describir y adaptar las técnicas y metodologías existentes de captación y monitorización de precipitación horizontal, evaluando su eficiencia en las zonas inventariadas.

Mecanismos de implementación:



1. Despliegue de redes piloto con protocolos CEAM/UV y escalado según resultados.
2. Integración de datos en la planificación hídrica y forestal.

Ámbito: Zonas de montaña y costa con nieblas frecuentes.

Sectores implicados: Agua, Medio ambiente, Forestal, Agricultura

Actores clave: Comunidades autónomas y confederaciones hidrográficas, Centros de investigación (CEAM, universidades), Ayuntamientos y explotaciones agrarias

Limitaciones y advertencias

1. El recurso es altamente dependiente del microclima y la orografía.
2. Requiere series temporales largas y mantenimiento de equipos para evitar sobreestimaciones.
3. La viabilidad económica puede ser limitada en zonas con baja frecuencia de nieblas.

Evidencia científica y referencias

La literatura científica confirma que la precipitación horizontal puede aportar cantidades significativas de agua en ecosistemas de montaña y zonas costeras con nieblas frecuentes, contribuyendo a la humedad del suelo y a la recarga hídrica. Sin embargo, su potencial como recurso hídrico alternativo depende de condiciones locales y de la eficiencia de los sistemas de captación.

Aboal, J.R., Jiménez, M.S., Morales, D., Gil, P., 2000. Effects of thinning on throughfall in Canary Islands pine forest — the role of fog. *J. Hydrol.* 238, 218–230. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(00\)00329-2](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(00)00329-2)

Aboal, J.R., Jiménez, M.S., Morales, D., Hernández, J.M., 1999. Rainfall interception in laurel forest in the Canary Islands. *Agric. For. Meteorol.* 97, 73–86. [https://doi.org/10.1016/S0168-1923\(99\)00083-0](https://doi.org/10.1016/S0168-1923(99)00083-0)

Cereceda, P., Schemenauer, R.S., 1991. The Occurrence of Fog in Chile. *J. Appl. Meteorol. Climatol.* 30, 1097–1105. [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(1991\)030<1097:TOOFIC>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(1991)030<1097:TOOFIC>2.0.CO;2)

Marzol Jaén, M.V., 2002. Fog water collection in a rural park in the Canary Islands (Spain). *Atmospheric Res.* 64, 239–250. [https://doi.org/10.1016/S0169-8095\(02\)00095-9](https://doi.org/10.1016/S0169-8095(02)00095-9)

Marzol, M.V., 2008. Temporal characteristics and fog water collection during summer in Tenerife (Canary Islands, Spain). *Atmospheric Res.*, Third International Conference on Fog, Fog Collection and Dew 87, 352–361. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2007.11.019>

Klemm O, Schemenauer RS, Lummerich A, Cereceda P, Marzol V, Corell D, van Heerden J, Reinhard D, Gherezghiher T, Olivier J, Osses P, Sarsour J, Frost E, Estrela MJ, Valiente JA, Fessehay GM. Fog as a



fresh-water resource: overview and perspectives. *Ambio*. 2012 May;41(3):221-34. doi: 10.1007/s13280-012-0247-8.

Estrela, M.J., Corell, D., Valiente, J.A., Azorin-Molina, C., Chen, D., 2019. Spatio-temporal variability of fog-water collection in the eastern Iberian Peninsula: 2003–2012. *Atmospheric Res.* 226, 87–101. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2019.04.016>

2.a.29. Integrar la gestión activa y conservación de bosques y otras coberturas vegetales para resiliencia hídrica, incluyendo criterios ecológicos

Descripción de la propuesta

Se propone incorporar la gestión forestal activa como pilar en las estrategias de resiliencia hídrica, con enfoque multifuncional (silvicultura de precisión, restauración ecológica y gestión integrada de cuencas) y conservación/gestión activa de bosques de ribera y bosques mixtos. Se integrarán los servicios hidrológicos de los ecosistemas forestales en los Planes Hidrológicos y en la Ordenación del Territorio, reconociendo el papel de bosques, matorrales y pastizales en la regulación del ciclo del agua, la recarga de acuíferos y el control de la erosión. Se establecerán zonas de restauración hidrológico-forestal prioritaria en cabeceras de cuenca y áreas con alta recurrencia de avenidas torrenciales. Se promoverá la gestión del combustible y de la vegetación de ribera basada en criterios ecológicos, favoreciendo vegetación autóctona que retiene suelos, estabiliza márgenes y atenúa crecidas. Se contemplará la gestión forestal eco-hidrológica como herramienta para incrementar, donde sea viable, la recarga de acuíferos y/o el caudal en ríos, identificando zonas potenciales de recarga a nivel provincial y diseñando su gestión.

Acciones clave:

1. Integrar los servicios hidrológicos de los ecosistemas forestales en Planes Hidrológicos y en la planificación territorial.
2. Establecer zonas de restauración hidrológico-forestal prioritaria en cabeceras y áreas con avenidas torrenciales.
3. Gestionar la vegetación de ribera con criterios ecológicos (no limpiezas mecanizadas), favoreciendo especies autóctonas.
4. Identificar zonas potenciales de recarga hídrica y diseñar su gestión eco-hidrológica.
5. Mantener gestión activa de bosques mixtos (sequías) y de ribera (inundaciones).

Mecanismos de implementación:

- Incorporación de estos criterios en los Planes Hidrológicos y en los instrumentos de Ordenación del Territorio.



- Designación administrativa de zonas prioritarias de restauración hidrológico-forestal en cabeceras.
- Programas de gestión de combustible y vegetación de ribera con criterios ecológicos.

Ámbito: Cuencas hidrográficas, cabeceras, riberas y masas forestales.

Sectores implicados: Gestión forestal, Planificación hídrica, Medio ambiente, Ordenación territorial

Actores clave: MITECO, Comunidades autónomas, Confederaciones hidrográficas, Propietarios forestales, Ayuntamientos

Limitaciones y advertencias

- La efectividad depende del contexto eco-hidrológico local y de una correcta identificación de zonas prioritarias.
- El cambio de prácticas (p. ej., abandonar limpiezas mecanizadas de riberas) requiere capacitación y adaptación operativa.
- Se precisan recursos estables y coordinación entre políticas forestales, de agua y de ordenación territorial.

Evidencia científica y referencias

Existe consenso científico en que la gestión forestal activa y la conservación de bosques de ribera mejoran la infiltración, la retención hídrica y la laminación de avenidas. La gestión eco-hidrológica puede aumentar la recarga y el caudal en ríos cuando se aplica en lugares adecuados.

Boudell, J.A., Dixon, M.D., Rood, S.B., Stromberg, J.C., 2015. Restoring functional riparian ecosystems: concepts and applications. *Ecohydrology* 8, 747–752. <https://doi.org/10.1002/eco.1664>

English, C.J., Younger, S.E., Brantley, S.T., Dwivedi, P., Markewitz, D., Cannon, J.B., 2025. Forest land cover optimization for water management in the Ichawaynochaway creek basin. *Sci. Rep.* 15, 21524. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-05677-8>

Feng, T., Zheng, H., Wei, W., Wang, P., Bi, H., Zhang, J., Wei, T., Wang, R., Wang, L., 2025. Natural Forests Accelerate Soil Hydrological Processes and Enhance Water-Holding Capacities Compared to Planted Forests After Long-Term Restoration. *Water Resour. Res.* 61, e2025WR040857. <https://doi.org/10.1029/2025WR040857>

Hayashi, M., 2020. Alpine Hydrogeology: The Critical Role of Groundwater in Sourcing the Headwaters of the World. *Groundwater* 58, 498–510. <https://doi.org/10.1111/gwat.12965>

Patterson, N.K., Dong, X., Lane, B.A., Csank, A., Rood, S.B., Sandoval-Solis, S., 2025. Dendrochronology reveals the response of a riparian forest to water management in an arid river basin. *Ecol. Appl.* 35, e70098. <https://doi.org/10.1002/eap.70098>



Qiu, M.-L., Liu, D.-F., Zhao, Y.-X., Tong, Z.-M., He, J.-H., Fortin, M.-J., Huang, J.-L., 2025. Assessing Assisted Natural Regeneration as a Cost-Efficient Mitigation for Climate Change and Biodiversity Loss in China. *Earths Future* 13, e2024EF005257. <https://doi.org/10.1029/2024EF005257>

Witing, F., Forio, M.A.E., Burdon, F.J., Mckie, B., Goethals, P., Strauch, M., Volk, M., 2022. Riparian reforestation on the landscape scale: Navigating trade-offs among agricultural production, ecosystem functioning and biodiversity. *J. Appl. Ecol.* 59, 1456–1471. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14176>

2.a.30. Proteger y conservar acuíferos y ecosistemas hidrodependientes

Descripción de la propuesta

Se propone una estrategia de conservación y uso conjunto que priorice los acuíferos como reservas hídricas esenciales, atendiendo a su estado cuantitativo y cualitativo y a su papel en el mantenimiento del flujo base y de los ecosistemas dependientes de las aguas subterráneas (EDAS). La estrategia reforzará la ambición de los planes hidrológicos como instrumentos de adaptación, consolidando los límites de extracción ya definidos mediante indicadores como el índice de extracción y ajustándolos a la recarga natural y a los escenarios de cambio climático. Asimismo, impulsará la revisión de concesiones, la garantía de caudales ecológicos y la actuación sobre las presiones que deterioran los acuíferos y humedales, apoyándose en los tests sobre EDAS recogidos en la guía oficial de evaluación del estado. El control de extracciones se apoyará en la definición de límites ecológicos explícitos y en la consideración de umbrales críticos de los ecosistemas hidrodependientes, de modo que se eviten cambios abruptos de estado y otros impactos asociados, como hundimientos del terreno, en un contexto de mayor presión por cambio climático sobre la recarga y las demandas.

La propuesta contempla programas de preservación y recuperación de la calidad de las masas subterráneas, así como acciones de divulgación para “hacer visible lo invisible” y mejorar el conocimiento social del papel de las aguas subterráneas. En este marco, se incluye la protección y recuperación de manantiales y otros Lugares de Interés Hidrogeológico como enclaves clave de geodiversidad, biodiversidad y funcionamiento de los ecosistemas hidrodependientes.

Acciones clave:

1. Aplicar de forma efectiva los límites de extracción ajustados a la recarga natural definidos en la evaluación del estado (incluido el impacto de las extracciones sobre las necesidades ambientales de los EDAS) e incorporar de manera sistemática los bombeos en los balances hídricos.
2. Definir y aplicar umbrales ecológicos explícitos vinculados a la conservación de ecosistemas hidrodependientes; reforzar el control de extracciones.



3. Diseñar planes estratégicos específicos, con líneas de financiación que permitan a diferentes organismos de investigación, como el IGME, participar como actores clave.
4. Revisar concesiones y jerarquizar usos garantizando caudales ecológicos y la protección/recuperación de acuíferos y humedales.
5. Implementar programas de preservación y recuperación de la calidad de las masas subterráneas y acciones de divulgación específica.
6. Establecer un Plan Nacional de Recuperación de Manantiales y Lugares de Interés Hidrogeológico, priorizando los enclaves más degradados o estratégicos y actuando sobre presiones que comprometen su estado cuantitativo y cualitativo y su entorno ecológico.
7. Evaluar e impulsar instrumentos de protección adecuados para los Lugares de Interés Hidrogeológico, en coordinación con las comunidades autónomas, de forma que exista cobertura efectiva frente a presiones y deterioro.
8. Priorizar el abastecimiento de agua agrícola basándose en criterios ambientales y de justicia social. Dentro de esta medida resultaría clave implementar medidas de apoyo a la transición a seco en regiones clave donde exista déficit de provisión de agua, basándose en criterios como la provisión de servicios ecosistémicos, empleo, innovación.

Mecanismos de implementación:

1. Reforzar el papel de los planes hidrológicos como planes de adaptación, utilizando los umbrales piezométricos y los flujos mínimos definidos por los organismos de cuenca en los tests sobre EDAS recogidos en la guía oficial de evaluación del estado, como base para fijar límites de extracción, revisar concesiones y garantizar caudales ecológicos, con coordinación interadministrativa.
2. Desplegar medidas de preservación y recuperación de calidad en masas en mal estado; priorizar acuíferos como reservas estratégicas.
3. Aplicar el control efectivo de extracciones con base en umbrales ecológicos y seguimiento específico. Se recomienda apoyar este seguimiento en redes ya existentes, incluyendo el monitoreo mensual de manantiales realizado por MITECO, reforzándolo donde sea necesario para establecer líneas base y evaluar la efectividad de las actuaciones.

Ámbito: Nacional, con priorización en masas de agua subterránea en mal estado y en entornos de humedales protegidos.

Sectores implicados: Agua; agricultura; medio ambiente; ordenación del territorio; salud pública.



Actores clave: MITECO, IGME-CSIC, Confederaciones Hidrográficas, Comunidades autónomas y ayuntamientos, Comunidades de regantes, Gestores de espacios protegidos

Limitaciones y advertencias

- El establecimiento de límites y umbrales exige información hidrogeológica suficiente y seguimiento continuado.
- La falta de control efectivo de extracciones compromete los resultados.
- Ignorar umbrales ecológicos puede conducir a cambios abruptos en ecosistemas y a daños como hundimientos del terreno.
- La revisión de concesiones y la jerarquización de usos requieren coordinación institucional, transparencia y herramientas de equidad para minimizar conflictos.
- La ausencia de líneas de financiación específicas para realizar las actividades sugeridas.

Evidencia científica y referencias

La priorización de acuíferos, la fijación de límites de extracción basados en la recarga y en umbrales ecológicos, y la integración de estas medidas en los planes de gestión son enfoques ampliamente respaldados por la práctica y por la literatura técnica citada en los aportes.

Baaner, L., Anker, H.T., Ejrnæs, R., 2025. The Water Framework Directive's protection of groundwater-dependent terrestrial ecosystems. *Ambio* 54, 808–817. <https://doi.org/10.1007/s13280-024-02108-2>

Bhalla, S., Cherry, J.A., Konikow, L.F., Taylor, R.G., Parker, B.L., 2025. Peak Groundwater: Aquifer-Scale Limits to Groundwater Withdrawals. *Earths Future* 13, e2025EF006221. <https://doi.org/10.1029/2025EF006221>

Bianchi Janetti, E., M. Riva, A. Guadagnini. (2021). Natural springs protection and probabilistic risk assessment under uncertain conditions, *Science of The Total Environment*, 751, 141430, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141430>

Cid-Fernández, J.A., Araujo Nespereira, P.A., Rodríguez Rajo, F.J. (2025). Aspectos hidrogeológicos en la definición de perímetros de protección de acuíferos termales fisurales del NW de España. *Revista de Derecho, Agua y Sostenibilidad (REDAS)*, 10, 1-18.

Fessahaye, A.K., Xie, Y., Hu, Y., Dai, G., Zheng, H., Teng, W., 2025. Groundwater Over-Extraction: Comprehensive Review of Socio-economic Impacts and Pathways to Sustainable Management. *Eur. J. Theor. Appl. Sci.* 3, 190–211. [https://doi.org/10.59324/ejtas.2025.3\(2\).15](https://doi.org/10.59324/ejtas.2025.3(2).15)

Gebreslassie, H., Berhane, G., Gebreyohannes, T., Hagos, M., Hussien, A., Walraevens, K., 2025. Water Harvesting and Groundwater Recharge: A Comprehensive Review and Synthesis of Current Practices. *Water* 17, 976. <https://doi.org/10.3390/w17070976>

He, X., Bryant, B.P., Moran, T., Mach, K.J., Wei, Z., Freyberg, D.L., 2021. Climate-informed hydrologic modeling and policy typology to guide managed aquifer recharge. *Sci. Adv.* 7, eabe6025. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abe6025>



Li, P., Karunanidhi, D., Subramani, T., Srinivasamoorthy, K., 2021. Sources and Consequences of Groundwater Contamination. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 80, 1–10. <https://doi.org/10.1007/s00244-020-00805-z>

Long, D., Xu, Y., Cui, Yingjie, Cui, Yanhong, Butler, J.J., Dong, L., Wang, L., Liu, D., Wada, Y., Hu, L., Bai, G., Li, B., Wang, S., Nong, X., Cai, Y., Cheng, C., Mu, Y., Qiao, Y., Wang, J., Wang, H., Scanlon, B.R., 2025. Unprecedented large-scale aquifer recovery through human intervention. Nat. Commun. 16, 7296. <https://doi.org/10.1038/s41467-025-62719-5>

Martínez, J., Sánchez, L., del Moral, L., Corominas, J., Aliod, R., Vila, J., Sampedro, D., Gil, S., Roca, F. La, Lafuente, R., Bagué, E., Cabello, V., & Sanchís, C. (2025). Claves para la transición hídrica en el medio agrario. Fundación Nueva Cultura del Agua.

MITECO (2021). Guía para la Evaluación de las Aguas Superficiales y Subterráneas.

Rohde, M.M., Stella, J.C., Singer, M.B., Roberts, D.A., Caylor, K.K., Albano, C.M., 2024. Establishing ecological thresholds and targets for groundwater management. Nat. Water 2, 312–323. <https://doi.org/10.1038/s44221-024-00221-w>

Saito, L., Christian, B., Diffley, J., Richter, H., Rohde, M.M., Morrison, S.A., 2021. Managing Groundwater to Ensure Ecosystem Function. Groundwater 59, 322–333. <https://doi.org/10.1111/gwat.13089>

Saralegui-Díez, P., Aguilera, E., Cerrillo-García, I., González De Molina, M., Guzmán, G. I., López, L., Moranta, J., Morilla, R., Olea, N., Ramos, M., Ramirez, E., Rasero, S., Rivera-Ferre, M., Salazar, S., Salmerón, N., Villasante, S., & Vitoria, J. (2025). Hacia la transformación del sistema alimentario en España: situación actual, impactos y escenarios de futuro. Alimentta.

Stevens, L. E., E. R. Schenk, and A. E. Springer. 2021. Springs ecosystem classification. *Ecological Applications* 31(1): e002218. [10.1002/eap.2218](https://doi.org/10.1002/eap.2218)

Sufyan, M., Martelli, G., Teatini, P., Cherubini, C., Goi, D., 2024. Managed Aquifer Recharge for Sustainable Groundwater Management: New Developments, Challenges, and Future Prospects. Water 16, 3216. <https://doi.org/10.3390/w16223216>

2.a.31. Impulsar la recarga gestionada de acuíferos a escala de cuenca

Descripción de la propuesta

Se propone combinar múltiples sistemas de recarga gestionada de acuíferos. (MAR), distribuidos estratégicamente a escala de cuenca, para captar y almacenar el mayor volumen posible de agua durante eventos de precipitación y disponer de reservas en épocas secas. Esta recarga se realizará desviando parte de los caudales de avenida, cuando sea compatible con los caudales ecológicos, hacia zonas de infiltración y mediante infraestructuras adecuadas que reduzcan la escorrentía superficial y, con ello, el riesgo de inundaciones, incrementando a su vez el flujo base de los ríos en períodos secos.

La propuesta contempla, además, el uso de aguas residuales previamente depuradas y regeneradas para su infiltración en periodos de menor pluviometría, orientándose a aplicaciones no críticas y agrícolas, siempre que, mediante el



tratamiento y evaluación adecuados, se garantice la ausencia de microorganismos y de contaminantes, en especial los emergentes, de forma que no se comprometa la calidad de los acuíferos, contribuyendo a mantener niveles freáticos y la disponibilidad de agua. Se apoya en experiencias consolidadas de recarga en España y en soluciones que, con aguas regeneradas, favorecen la recarga y la disponibilidad hídrica.

Acciones clave:

1. Captar caudales de avenida compatibles con los caudales ecológicos y derivarlos a zonas de infiltración para reducir escorrentía superficial.
2. Implantar sistemas de recarga distribuidos a escala de cuenca (balsas/obras de infiltración adecuadas al contexto).
3. Infiltrar agua regenerada en periodos secos para mantener niveles freáticos y apoyar usos no críticos y agrícolas.
4. Integrar MAR en el paquete de medidas de planificación y gestión “gris-verde-azul”.
5. Diseñar planes estratégicos específicos, con líneas de financiación que permitan a diferentes organismos de investigación, como el IGME, participar como actores clave.

Mecanismos de implementación:

Ámbito: Nacional, con prioridad en cuencas mediterráneas y zonas con riesgo de sequía e inundación.

Sectores implicados: Agua; agricultura; ordenación del territorio; cambio climático; operadores de depuración.

Actores clave: Organismos de cuenca, Comunidades autónomas y ayuntamientos, IGME-CSIC, Operadores de depuración, Organizaciones agrarias

Limitaciones y advertencias

1. La efectividad de MAR depende de la calidad del agua de recarga, de la caracterización hidrogeológica local y del pretratamiento cuando se usan aguas regeneradas, debiendo asegurarse de evitar la infiltración de contaminantes emergentes para no comprometer la calidad de los acuíferos.
2. Requiere control de extracciones, seguimiento de niveles y calidad, y coordinación con la planificación de cuenca para compatibilizar caudales ecológicos y derechos existentes.
3. La ausencia de líneas de financiación específicas para realizar las actividades sugeridas.



Evidencia científica y referencias

La recarga gestionada de acuíferos es una práctica reconocida internacionalmente para aumentar la resiliencia hídrica, reducir riesgos de inundación y mejorar la disponibilidad en sequías, especialmente en regiones mediterráneas.

European Commission. (2021). ARSINOE: Climate resilient regions through systemic solutions and innovations [Project ID: 101037424]. CORDIS. <https://cordis.europa.eu/project/id/101037424>

European Commission. (2023). NATALIE: Accelerating and mainstreaming transformative NATure-bAsed solutions to enhance resiLIence to climate change [Project ID: 101112859]. CORDIS. <https://cordis.europa.eu/project/id/101112859>

European Commission. (2024). GENESIS: Geologically Enhanced NaturE-based Solutions for climate change resiliency of critical water InfraStructure [Project ID: 101157447]. CORDIS. <https://cordis.europa.eu/project/id/101157447>

Bouwer, H., 2002. Artificial recharge of groundwater: hydrogeology and engineering. *Hydrogeol. J.* 10, 121–142. <https://doi.org/10.1007/s10040-001-0182-4>.

Dillon, P., Fernández Escalante, E., Megdal, S.B., Massmann, G., 2020. Managed Aquifer Recharge for Water Resilience. *Water* 12, 1846. <https://doi.org/10.3390/w12071846>.

Houben, T., Pujades, E., Kalbacher, T., Dietrich, P., Attinger, S., 2022. From Dynamic Groundwater Level Measurements to Regional Aquifer Parameters— Assessing the Power of Spectral Analysis. *Water Resour. Res.* 58, e2021WR031289. <https://doi.org/10.1029/2021WR031289>.

Pulido-Eskivil, A. Y., Prado-Hernández, J. V., Buendía-Espinoza, J. C., & García-Núñez, R. M. (2025). Agroforestry Systems Enhance Soil Moisture Retention and Aquifer Recharge in a Semi-Arid Mexican Valley. *Water*, 17(10), 1488. <https://doi.org/10.3390/w17101488>.

PRIMA Foundation. (2024). *WATER4MED: Innovative strategies for managed aquifer recharge and water resilience in Mediterranean regions*. Retrieved from <https://www.water4med.com>

2.a.32. Promover la agricultura resiliente: mejora genética y agrosilvicultura

Descripción de la propuesta

Se propone incentivar la mejora genética de cultivos (genómica, edición genética, selección asistida y bancos de germoplasma locales) para aumentar la tolerancia a déficit hídrico y calor, junto con la recuperación, conservación y uso de variedades tradicionales ya adaptadas a esas condiciones (p. ej., olivar Picual y vid Garnacha). Paralelamente, se promueven prácticas de agrosilvicultura con cubiertas vegetales vivas para mejorar la infiltración, reducir la escorrentía y proteger los suelos, y se apoyará el uso de bioestimulantes de origen biomásico residual, testados en ensayos agronómicos. Asimismo, se impulsará la utilización de razas ganaderas locales —incluidas las amenazadas— mediante programas específicos de apoyo que no recaigan exclusivamente en el



ganadero/a, dado que su adaptación al calor y a sistemas extensivos de secano reduce la dependencia de agua de riego y refuerza la resiliencia hídrica del conjunto agroganadero.

Acciones clave:

1. Programas científico-técnicos y catálogos de variedades tolerantes con respaldo experimental.
2. Incentivos a cubiertas vivas y sistemas agrosilvopastorales en zonas vulnerables.
3. Ensayos y validación de bioestimulantes de origen residual.

Mecanismos de implementación:

- Se pueden explorar ayudas condicionadas a resultados y guías técnicas para adopción.
- Crear redes territoriales de colaboración multiactor (administraciones, organizaciones agrarias, cooperativas, centros de investigación, universidades y asociaciones locales) para la gestión agroforestal integrada y el intercambio de conocimiento científico, técnico y tradicional, evitando duplicidades y reforzando la adopción de prácticas resilientes.

Ámbito: Comarcas agrícolas en cuencas con estrés hídrico.

Sectores implicados: Agricultura, Agua, Desarrollo rural

Actores clave: MAPA, Comunidades autónomas, Comunidades de regantes, Centros de investigación

Limitaciones y advertencias

- La adopción depende de rentabilidad y soporte técnico; la mejora genética requiere salvaguardas regulatorias y evaluación ambiental, así como medidas específicas para evitar la contaminación genética y la erosión de variedades tradicionales y razas locales.
- Las mejoras de rendimiento podrían aumentar superficie/consumo si no hay condicionalidad en ayudas y control de extracciones.

Evidencia científica y referencias

Antolín, M. C., Salinas, E., Fernández, A., Gogorcena, Y., Pascual, I., Irigoyen, J. J., & Goicoechea, N. (2022). Prospecting the resilience of several Spanish ancient varieties of red grape under climate change scenarios. *Plants*, 11(21), 2929. <https://doi.org/10.3390/plants11212929>

Carrillo, L., Baroja-Fernandez, E., Renau-Morata, B., Muñoz, F. J., Canales, J., Ciordia, S., ... & Medina, J. (2023). Ectopic expression of the AtCDF1 transcription factor in potato enhances tuber starch and amino



acid contents and yield under open field conditions. *Frontiers in plant science*, 14, 1010669. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1010669>

Liu R, Zhang Y, Wang Z, Zhang X, Xu W, Zhang J, Zhang Y, Hu B, Shi X, Rennenberg H. Groundcover improves nutrition and growth of citrus trees and reduces water runoff, soil erosion and nutrient loss on sloping farmland. *Front Plant Sci.* 2024 Nov 6;15:1489693. doi: 10.3389/fpls.2024.1489693. PMID: 39568460; PMCID: PMC11576175.

Pulido-Esquivel, A. Y., Prado-Hernández, J. V., Buendía-Espinoza, J. C., & García-Núñez, R. M. (2025). Agroforestry Systems Enhance Soil Moisture Retention and Aquifer Recharge in a Semi-Arid Mexican Valley. *Water*, 17(10), 1488. <https://doi.org/10.3390/w17101488>

Rebollo, V., Saralegui-Díez, P., Ramírez, P., Moranta, J., Guzmán, G., Florido, D., Soto, D., Villasante, S., Gómez, S., Ruiz, R., Murray, I., Baraza, E., Mallol, S., López, L., Tello, E., & Onofre Fullana. (2025). Caracterización del conocimiento ecológico tradicional (CET) asociado a sistemas agroecológicos y pesqueros y su vínculo con el cambio climático. *Alimentta*.

Renau-Morata B. et al (2017). Ectopic Expression of CDF3 Genes in Tomato Enhances Biomass Production and Yield under Salinity Stress Conditions, *Frontiers in Plant Science*, 8. DOI: 10.3389/fpls.2017.00660

Renau-Morata B. et al. (2020). CDF transcription factors: plant regulators to deal with extreme environmental conditions, *Journal of Experimental Botany*, 71, 13. <https://doi.org/10.1093/jxb/eraa088>

Velado-Alonso, Elena, Ignacio Morales-Castilla, and Antonio Gomez-Sal. "The landscapes of livestock diversity: grazing local breeds as a proxy for domesticated species adaptation to the environment." *Landscape Ecology* 37.4 (2022): 1035-1048. <https://doi.org/10.1007/s10980-022-01429-5>

Zenda et al (2023). Opportunities and avenues for achieving crop climate resilience, *Environmental and Experimental Botany*, 213, 105414. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2023.1015414>

Gouriveau, F., Beaufoy, G., Moran, J. M., Poux, X., Herzon, I., de Oliveira, M. I. F., ... & Roglic, M. (2019). What EU policy framework do we need to sustain High Nature Value (HNV) farming and biodiversity? <https://hal.science/hal-02568129/document>

c. RECUPERACIÓN

2.c.1. Aumentar la resiliencia y la seguridad de los puertos pesqueros frente a temporales

Descripción de la propuesta

Los temporales más intensos, la subida del nivel del mar y la mayor frecuencia de marejadas comprometen la seguridad, la continuidad operativa y los costes de mantenimiento de los puertos pesqueros. Se propone un plan de adaptación que refuerce la resiliencia de muelles, varaderos y accesos, con priorización según criticidad del puerto y función social de la flota.

Acciones clave:

1. Medidas de infraestructura: elevación de cotas críticas en muelles y puntos sensibles, mejora del drenaje y bombeo en zonas bajas, refuerzo



- de diques y pantalanés, creación de zonas de abrigo y mejora de accesos para garantizar operatividad durante y tras eventos meteorológicos extremos.
2. Suministro eléctrico desde tierra para buques atracados, permitiendo apagar motores auxiliares durante operaciones en puerto y reduciendo emisiones, ruido y riesgos asociados al uso continuado de combustibles a bordo.
 3. Protocolos de emergencia y refugio para la flota artesanal y puertos con función social clave, incluyendo planes de preaviso y cierre, rutas seguras de entrada, cartografía de zonas de refugio, puntos de amarre reforzados y coordinación con Salvamento Marítimo y Protección Civil.
 4. Gestión y mantenimiento preventivo: inspecciones periódicas post-temporal, planes de reparación rápida de daños críticos, inventarios de repuestos y acuerdos marco de obra para acelerar la vuelta a la normalidad.
 5. Integrar en la gestión de los puertos los sistemas de alerta y operación (AEMET, PORTUS-OSPAC): predicción de oleaje, nivel del mar y viento en la gestión diaria del puerto, umbrales operativos y cuadros de mando para decisiones en tiempo real.

La coordinación con Puertos del Estado y las comunidades autónomas permitirá priorizar inversiones según riesgo y función territorial, aprovechar economías de escala y asegurar criterios técnicos homogéneos en diseño, operación y mantenimiento.

Mecanismos de implementación:

1. Es conveniente que la priorización de puertos se apoye en un análisis multicriterio que combine vulnerabilidad geomorfológica, función social y económica de la flota pesquera, con un especial trato a la artesanal.

Limitaciones y advertencias

- La elevación de cotas y refuerzo de infraestructuras requiere estudios hidrodinámicos específicos y puede tener alto coste económico.
- Las intervenciones sobre diques y obras de abrigo pueden modificar el transporte sedimentario local, aumentando riesgo de erosión en tramos adyacentes o colmatación en dársenas si no se evalúan adecuadamente.
- El suministro eléctrico desde tierra requiere red adecuada y adaptación técnica de los buques, aún limitada en muchos puertos.
- Los protocolos de emergencia deben ser actualizados y ensayados regularmente para garantizar eficacia en eventos extremos.
- La predicción marina integrada requiere datos en tiempo real y modelos locales precisos, aún en desarrollo en varias zonas costeras.



- Los protocolos y medidas diseñados sin participación efectiva del sector pueden generar baja adherencia y resistencia.
- Las acciones pueden enfrentarse a infrutilización si no se acompañan de incentivos económicos claros.

Evidencia científica y referencias

Becker, A., Inoue, S., Fischer, M. et al. (2012) Climate change impacts on international seaports: knowledge, perceptions, and planning efforts among port administrators. *Climatic Change* 110, 5–29. <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0043-7>

European Commission. (2024). European Climate Risk Assessment (EUCRA): Coastal risks, fisheries and aquaculture.

Holbrook, N.J., Scannell, H.A., Sen Gupta, A. et al. (2019). A global assessment of marine heatwaves and their drivers. *Nat Commun* 10, 2624. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-10206-z>

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Working Group II contribution (Coasts and oceans; Europe). IPCC.

Maxwell, S. M., Hazen, E. L., Lewison, R. L., Dunn, D. C., Bailey, H., Bograd, S. J., Briscoe, D. K., Fossette, S., Hobday, A. J., Bennett, M., Benson, S. R., Caldwell, M. R., Costa, D. P., Dewar, H., Eguchi, T., Hazen, L., Abrahms, B., Irvine, L., Mate, B., ... Crowder, L. B. (2015). Dynamic ocean management: Defining and conceptualizing real-time management of the ocean. *Marine Policy*, 58, 42–50. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2015.03.014>

MITECO (2023). Planes de Ordenación del Espacio Marítimo. https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/4resumenejecutivopoem_tcm30-552786.pdf

Villasante S., Macho G., Silva Monalisa R. O., Lopes Priscila F. M., Pita P., Simón A., Balsa J.C., Olabarria C., Vázquez E., Calvo N (2022). Resilience and Social Adaptation to Climate Change Impacts in Small-Scale Fisheries. *Frontiers in Marine Science*. vol 9. doi: 10.3389/fmars.2022.802762

2.c.2. Impulsar investigación sobre el efecto de las cenizas de los incendios sobre la calidad del agua subterráneas y las zonas húmedas

Descripción de la propuesta

Se propone un programa nacional de investigación, análisis y seguimiento de los efectos de las cenizas de incendios forestales sobre acuíferos y ecosistemas dependientes. El programa incluye la implantación de redes de observación en acuíferos afectados, la monitorización de parámetros críticos (conductividad, pH, magnesio y metales pesados) y la elaboración de diagnósticos comparables. A partir de los resultados, se definirán medidas de adaptación, alerta temprana y reordenación de usos. Se contempla la extensión de experiencias piloto (p. ej., CH Miño-Sil) a todo el territorio y la activación de equipos especializados para evaluaciones rápidas (GADE-CSIC).



Acciones clave:

1. Implantar redes de observación posincendio en acuíferos dentro del área de influencia hidrogeológica del fuego.
2. Monitorizar parámetros prioritarios y elaborar diagnósticos comparables.
3. Definir medidas de adaptación y gestión de usos según resultados.
4. Escalar experiencias piloto a nivel nacional.

Mecanismos de implementación:

1. Coordinación entre IGME-CSIC, confederaciones hidrográficas y CCAA, Protección Civil y UME para despliegue y reporte.
2. Activación de equipos GADE-CSIC para evaluaciones rápidas de cara a actuar en la fase inmediatamente posterior al incendio para proteger o restaurar usos de las aguas subterráneas prioritarios, como abastecimientos urbanos o espacios naturales de singular interés.
3. Protocolos homogéneos y trazabilidad de datos en plataformas abiertas.

Ámbito: Nacional, con priorización en áreas de incendios recientes y recurrentes.

Sectores implicados: Agua, Medio ambiente, Protección civil, Ordenación del territorio

Actores clave: IGME-CSIC, Confederaciones hidrográficas, Comunidades autónomas, GADE-CSIC, Ayuntamientos

Limitaciones y advertencias

La heterogeneidad geológica y la dispersión espacial exigen diseños de muestreo específicos y series temporales prolongadas para diferenciar efectos transitorios de tendencias. La implementación requiere recursos técnicos y humanos especializados, así como coordinación interinstitucional.

Evidencia científica y referencias

Condon, L.E., Kollet, S., Bierkens, M.F.P., Fogg, G.E., Maxwell, R.M., Hill, M.C., Fransen, H.-J.H., Verhoef, A., Van Loon, A.F., Sulis, M., Abesser, C., 2021. Global Groundwater Modeling and Monitoring: Opportunities and Challenges. *Water Resour. Res.* 57, e2020WR029500. <https://doi.org/10.1029/2020WR029500>

García-Carmona M, García-Orenes F, Arcenegui V and Mataix-Solera J (2023) The Recovery of Mediterranean Soils After Post-Fire Management: The Role of Biocrusts and Soil Microbial Communities. *Span. J. Soil Sci.* 13:11388. doi: 10.3389/sjss.2023.11388

Jong-Levinger, A., Banerjee, T., Houston, D., Sanders, B.F., 2022. Compound Post-Fire Flood Hazards Considering Infrastructure Sedimentation. *Earths Future* 10, e2022EF002670. <https://doi.org/10.1029/2022EF002670>



Kicińska, A., Pomykała, R., Izquierdo-Díaz, M., 2022. Changes in soil pH and mobility of heavy metals in contaminated soils. Eur. J. Soil Sci. 73, e13203. <https://doi.org/10.1111/ejss.13203>

Lopez, A.M., Avila, C.C.E., VanderRoest, J.P., Roth, H.K., Fendorf, S., Borch, T., 2024. Molecular insights and impacts of wildfire-induced soil chemical changes. Nat. Rev. Earth Environ. 5, 431–446. <https://doi.org/10.1038/s43017-024-00548-8>

Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil (2022–2027). Documento divulgativo. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/agua/temas/planificacion-hidrologica/normativa_ph_mino-sil_tcm30-552972.pdf

Shepherd, H.E.R., Martin, I., Marin, A., Cruijisen, P.M.J.M., Temmink, R.J.M., Robroek, B.J.M., 2023. Post-fire peatland recovery by peat moss inoculation depends on water table depth. J. Appl. Ecol. 60, 673–684. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14360>

d. POLIVALENTE

2.d.1. Mantener reservas estratégicas de agua subterránea como elemento fundamental para la resiliencia hídrica en épocas de sequía

Descripción de la propuesta

Las aguas subterráneas, debido a que tienen más inercia que las superficiales, son estratégicas para un gestión eficiente y sostenible de las sequías en un contexto de creciente escasez debido al Cambio Climático. A pesar de ello, siguen siendo un recurso poco estudiado al que debemos dar visibilidad, tal y como reflejó el lema mundial el agua de la UNESCO 2022, “aguas subterráneas, haciendo visible lo invisible”. Para identificar recursos claves para hacer frente a la escasez en periodos de sequías, se recomienda avanzar en la evaluación de la resiliencia de las masas de aguas subterráneas y sus sondeos. Además, para una gestión más eficiente y sostenible es importante avanzar en el conocimiento de dichas masas y su potencial uso conjunto con aguas superficiales, incluida la recarga artificial. En ese sentido, además del desarrollo de trabajos de monitorización e hidrogeológicos descriptivos, se recomienda avanzar en el desarrollo de herramientas/modelos que ayuden a mejorar el conocimiento y/o a la detección temprana de situaciones de alerta que ayuden a anticipar medidas frente a las sequías

En ese sentido, aunque las Demarcaciones Hidrográficas ya gestionan las masas de agua con unas limitaciones para mantener su buen estado, se propone introducir en la normativa el concepto de reserva estratégica. Además de obligar al mantenimiento de las reservas estratégicas dentro de las competencias de



cada nivel de la administración pública, así como el cumplimiento de la legislación vigente.

Impactos esperados: garantizar normativamente la creación y mantenimiento de una reserva estratégica de agua, crear infraestructuras preparadas para dar abastecimiento en caso de sequía y garantizar su mantenimiento, y equilibrar los desequilibrios ente oferta y demanda del recurso.

Acciones clave:

1. Definir criterios y desarrollar herramientas e indicadores para identificar recursos subterráneos estratégicos y mejorar su planificación y gestión.
2. Introducir en la normativa el concepto de reserva estratégica
3. Realizar un uso más eficiente y sostenible de estos recursos, contribuyendo a garantizar el abastecimiento urbano y reducir los impactos en otros sectores.

Mecanismos de implementación:

Ámbito: Nacional, regional y local.

Sectores implicados: Agua; agricultura; ordenación del territorio; cambio climático.

Actores clave: MITECO, Demarcaciones Hidrográficas, Comunidades autónomas y ayuntamientos, IGME-CSIC.

Limitaciones y advertencias:

- Resistencia del sector agropecuario.
- Aunque suelen ser menos vulnerables a la contaminación que las aguas superficiales, las aguas subterráneas pueden verse afectadas por la contaminación superficial y difusa (por ejemplo, nitratos, plaguicidas o vertidos), por lo que es recomendable establecer medidas de protección específicas en las zonas designadas como reservas estratégicas.
- La sobreexplotación temporal de las aguas subterráneas cerca de las zonas costeras puede provocar la intrusión de agua marina, contaminando los acuíferos y amenazando el suministro de agua, especialmente durante el verano, cuando el turismo aumenta la demanda.

Evidencia científica y referencias



Bentje Brauns, John P. Bloomfield, Joel A. Blackburn; David Pulido-Velazquez, Antonio Juan Collados-Lara, Leticia Baena, J. de Dios Gómez and Juan Grima-Olmedo; Stefan Broda, 2024. CATALOGUE OF VULNERABLE AQUIFERS FOR DROUGHT. Deliverable 4.3 WP4 – Appraisal, Protection and Sustainable Use of Europe’s Groundwater Resources. A Geological Service for Europe (GSEU) (HORIZON-CL5-2021-D3-02-14; 01/10/2022-01/10/2027)

Collados-Lara, Antonio-Juan & Gómez, Juan de Dios & Pulido-velazquez, David & Pardo-Iguzquiza, Eulogio. (2022). An approach to identify the best climate models for the assessment of climate change impacts on meteorological and hydrological droughts. *Natural Hazards and Earth System Sciences*. 22. 599-616. 10.5194/nhess-22-599-2022.

Gómez-Gómez, Juan de Dios & Pulido-velazquez, David & Collados-Lara, Antonio-Juan & Chacón, Francisca. (2022). The impact of climate change scenarios on droughts and their propagation in an arid Mediterranean basin. A useful approach for planning adaptation strategies. *Science of The Total Environment*. 153128. 10.1016/j.scitotenv.2022.153128.

Neves, Maria. (2024). Integrating Standardized Indices and Performance Indicators for Better Drought Assessment in Semi-Arid Coastal Aquifers. *Groundwater for Sustainable Development*. 27. 101341. 10.1016/j.gsd.2024.101341.

Pulido-velazquez, David & Romero, Javier & Collados-Lara, Antonio-Juan & Alcalá, Francisco & Chacón, Francisca & Baena-Ruiz, Leticia. (2020). Using the Turnover Time Index to Identify Potential Strategic Groundwater Resources to Manage Droughts within Continental Spain. *Water*. 12. 3281. 10.3390/w12113281.

2.d.2. Establecer un sistema multidimensional de indicadores de sequía para sectores agrario, ganadero y forestal

Descripción de la propuesta

Se propone desarrollar un sistema multidimensional de indicadores de sequía que traduzca la señal climática en impactos reales sobre agricultura, ganadería, bosques y economía rural. Para ello, se adaptarán al contexto mediterráneo experiencias internacionales exitosas —especialmente el modelo Australian Agricultural Drought Indicators (AADI)— y se implementará un sistema español específico, el SEISAFS, que integre modelos de simulación, teledetección y datos socioeconómicos. El sistema permitirá disponer de indicadores operativos expresados en percentiles históricos (por ejemplo, rendimiento de cultivos, crecimiento de pastos, beneficios netos), así como de indicadores hidroeconómicos (costes de escasez) para priorizar medidas y compensaciones. Servirá de base para coordinar información y decisiones entre administraciones hidráulicas, agrícolas, forestales y sociales, y para activar medidas preventivas y compensatorias tempranas.

Componentes:

- Metodológico (adaptación de buenas prácticas): adaptación al contexto español de metodologías tipo AADI que combinan modelos biofísicos y



económicos (por ejemplo, APSIM, AussieGRASS, GrassGro, farmpredict) e incorporan indicadores hidroeconómicos (costes de escasez).

- Sistema español (SEISAFS):
 - *Agricultura*: modelos de simulación de cultivos mediterráneos (trigo duro, cebada, olivar, viñedo, almendro) adaptados a condiciones locales.
 - *Ganadería y pastos*: modelos de crecimiento y carga ganadera integrados con índices de humedad y forraje.
 - *Bosques y ecosistemas forestales*: integración de datos climáticos y satelitales sobre humedad, biomasa y riesgo de incendio.
 - *Impactos socioeconómicos*: indicadores de renta agraria, empleo rural y precios, vinculando efectos biofísicos y sociales.

Acciones clave:

- Adaptar al contexto mediterráneo la metodología AADI para generar indicadores operativos en percentiles históricos a partir de modelos biofísicos y económicos.
- Desarrollar e integrar el SEISAFS con módulos sectoriales (agricultura, ganadería/pastos, bosques) y un módulo de impactos socioeconómicos.
- Incorporar indicadores hidroeconómicos (costes de escasez) para cuantificar pérdidas y apoyar la priorización de medidas y compensaciones.
- Integrar datos climáticos, edáficos, agronómicos, de teledetección y socioeconómicos con garantías de calidad y resolución.
- Establecer cooperación técnica entre centros de investigación y administraciones para el desarrollo y validación de modelos nacionales equivalentes.

Mecanismos de implementación:

- Establecer procedimientos de coordinación interinstitucional entre administraciones públicas (hidráulicas, agrícolas, forestales y sociales), servicios meteorológicos, centros de investigación y entidades del sector agropecuario.
- Desplegar la infraestructura técnica necesaria para ejecutar modelos biofísicos y económicos y para la integración de datos.
- ValiDAR la robustez, comparabilidad y adecuación sectorial de los indicadores antes de su uso en decisiones y en políticas preventivas y compensatorias.
- Integrar los sistemas de vigilancia meteorológica y agrícola existentes en protocolos operativos sectoriales.

Ámbito: Nacional.



Sectores implicados: Agua, agricultura, ganadería, forestal, cambio climático, economía.

Actores clave: Administraciones públicas competentes en agua, agricultura, montes y políticas sociales; servicios meteorológicos; centros de investigación; entidades del sector agropecuario y forestal.

Limitaciones y Advertencias:

1. Requiere una adaptación metodológica profunda a condiciones mediterráneas y alta capacidad técnica y computacional.
2. Necesita acceso a datos climáticos, edáficos, agronómicos y socioeconómicos de alta resolución y calidad, así como integración de bases existentes y acuerdos de intercambio.
3. Se recomienda coordinación interinstitucional estrecha entre centros de investigación, administraciones públicas, servicios meteorológicos y entidades del sector agropecuario.
4. Complejidad para garantizar indicadores robustos, comparables y adecuados a cada sector.
5. Los indicadores basados únicamente en meteorología (SPI, SPEI) tienen capacidad limitada para reflejar impactos reales en agricultura y silvicultura; su relación con efectos sectoriales varía por región y es menor en zonas frías y húmedas.

Evidencia científica y referencias

Existe reconocimiento del valor de los modelos internacionales, aunque su adopción exige coordinación interinstitucional y adaptación metodológica.

Bachmair, S., Tanguy, M., Hannaford, J., Stahl, K., 2018. How well do meteorological indicators represent agricultural and forest drought across Europe? *Environ. Res. Lett.* 13, 034042. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaafda>

El Kamouni, F.E., Namous, M., Krimissa, S., Eloudi, H., Ismaili, M., Elaloui, A., Ouchkir, I., Nait-Taleb, O., Essbiti, M.C., 2025. Bibliometric and systematic review of agricultural drought assessment and monitoring: trends and techniques. *Mediterr. Geosci. Rev.* <https://doi.org/10.1007/s42990-025-00194-2>

Handbook of Drought Indicators and Indices. World Meteorological Organization (WMO) https://www.drought.gov/sites/default/files/2020-06/GWP_Handbook_of_Drought_Indicators_and_Indices_2016.pdf

Hervás-Gámez, C., Delgado-Ramos, F., 2019. Drought Management Planning Policy: From Europe to Spain. *Sustainability* 11, 1862. <https://doi.org/10.3390/su11071862>

Hughes N., Gaydon D., Gupta M., Schepen A., Tan P., Brent G., Turner A., Bellew S., Soh W.Y., Sharman C., Taylor P., Carter J., Bruget D., Hochman Z., Searle R., Song Y., Mitchell P., Beletse Y., Holzworth D., Guillory L., Brodie C., McComb J., Singh R. (2025). *Monitoring agricultural and economic drought: the Australian Agricultural Drought Indicators (AADI)*. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 25(9): 3461–3482. <https://doi.org/10.5194/nhess-25-3461-2025>



Jiménez-Donaire, M. del P., Giráldez, J.V., Vanwalleghem, T., 2020a. Impact of Climate Change on Agricultural Droughts in Spain. *Water* 12, 3214. <https://doi.org/10.3390/w12113214>

Jiménez-Donaire, M. del P., Tarquis, A., Giráldez, J.V., 2020b. Evaluation of a combined drought indicator and its potential for agricultural drought prediction in southern Spain. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 20, 21–33. <https://doi.org/10.5194/nhess-20-21-2020>

Juan-de-Dios Gomez-Gomez, Antonio-Juan Collados-Lara, David Pulido-Velazquez, et al., 2025. Impact of climate change on droughts and their propagation in an alpine-semiarid basin in Granada, Spain. Does the snow component help to anticipate adaptation strategies? <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2025.102834>

Kulkarni, S., Sawada, Y., Bayissa, Y., Wardlow, B., 2025. Global assessment of socio-economic drought events at the subnational scale: a comparative analysis of combined versus single drought indicators. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 29, 4341–4370. <https://doi.org/10.5194/hess-29-4341-2025>

Le, T., Sun, C., Choy, S., Kuleshov, Y., & Tran, T. D. (2024). Agricultural drought risk assessments: a comprehensive review of indicators, algorithms, and validation for informed adaptations. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 15(1). <https://doi.org/10.1080/19475705.2024.2383774>

Pedro-Monzonís M., Solera A., Ferrer J., Estrela T., Paredes-Arquiola J. (2015). *A review of water scarcity and drought indexes in water resources planning and management. Journal of Hydrology*, 527: 482–493.

Torelló-Sentelles, H., Franzke, C.L.E., 2022. Drought impact links to meteorological drought indicators and predictability in Spain. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 26, 1821–1844. <https://doi.org/10.5194/hess-26-1821-2022>

Vicente-Serrano S.M., Domínguez-Castro F., Reig F., Beguería S., Tomas-Burguera M., Latorre B., Peña-Angulo D., Noguera I., Rabanaque I., Luna Y., Morata A., El Kenawy A. (2022). *A near real-time drought monitoring system for Spain using automatic weather station network. Atmospheric Research*, 271. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2022.106095>

2.d.3. Mejorar la gobernanza para la implementación de estrategias de adaptación local relevantes para la planificación hidrológica

Descripción de la propuesta

Se propone reforzar los espacios de gobernanza ya existentes en las demarcaciones hidrográficas, en particular los Consejos del Agua de Demarcación, y, cuando sea necesario, complementarlos con espacios adicionales de transmisión de conocimiento, deliberación, y negociación orientados a impulsar la implementación de medidas de adaptación relevantes para la planificación hidrológica frente a sequía e inundaciones. Estos espacios de gobernanza se diseñarán como instancias de coordinación multinivel, articulando de forma sistemática la participación de la Administración General del Estado, las comunidades autónomas, las entidades locales, las autoridades de cuenca, protección civil y los principales usuarios del agua, que permitan incorporar también a la ciudadanía no organizada.



Los espacios de gobernanza permanentes y legitimados a nivel de cuenca pueden ayudar que las estrategias de resiliencia de diferentes sectores integren de manera rigurosa el análisis y la gestión del riesgo climático, la caracterización exhaustiva de las funciones ecológicas del paisaje, los costes de transición hacia usos del territorio menos vulnerables y las oportunidades de adaptación de manera integrada y transversal. Asimismo, estos espacios de gobernanza permitirían adoptar el enfoque de la gestión adaptativa, que requiere establecer programas de seguimiento de la implementación de medidas, incluyendo indicadores que revelen la interacción entre medidas (cobeneficios, efectos indeseados e interdependencias).

Se espera como resultado la gestión del agua como eje vertebrador de la adaptación al cambio climático de los territorios, el refuerzo del impulso de iniciativas sectoriales y la optimización de recursos invertidos para la reducción de la vulnerabilidad a los impactos de sequías e inundaciones.

Acciones clave:

1. Establecer espacios de gobernanza compartida donde administraciones, ciencia, empresas y ciudadanía diseñen conjuntamente estrategias, incorporando procesos formales de deliberación que permitan la participación también de ciudadanía no organizada.
2. Proveer acceso a toda información multidisciplinaria relevante, incluyendo el conocimiento local. Es urgente establecer mecanismos que permitan capitalizar resultados de la investigación y de proyectos de ciencia aplicada en la planificación.
3. Incorporar técnicos de investigación y universidades en los equipos redactores del planeamiento urbanístico, junto con procesos de participación ciudadana, permitiendo el codiseño de estrategias integradas entre sectores, la corresponsabilización de su ejecución y el análisis multidimensional de los impactos.
4. Desarrollar proyectos participativos de ordenación territorial del agua que involucren de forma activa a comunidades rurales en la gestión de cuencas, la prevención de inundaciones y la adaptación a las sequías, utilizando metodologías de mediación y participación social.
5. Garantizar financiación estable y mecanismos de evaluación periódica para las estructuras de gobernanza multinivel.
6. Incorporar y reforzar, en coherencia con los procedimientos de participación pública ya existentes en la elaboración de los planes hidrológicos, procesos de participación ciudadana (participación reglada)



que operen bidireccionalmente: por un lado, sumando la experiencia y conocimiento de la sociedad civil (asociaciones vecinales, grupos ecologistas, etc.); y por otro, mejorando las capacidades, conocimientos y resiliencia de esos mismos vecinos y agentes sociales gracias a su participación en los procesos.

7. Crear protocolos de coordinación y actuación frente a episodios de sequía e inundación, basados en mejores prácticas nacionales e internacionales, que definan flujos de información, responsabilidades y mecanismos de decisión para garantizar respuestas rápidas, efectivas y coordinadas.

Mecanismos de implementación:

Ámbito: Nacional, regional y local.

Sectores implicados: Agua, urbanismo, medio ambiente, protección civil.

Actores clave: MITECO, comunidades autónomas, ayuntamientos, universidades, empresas del agua, organizaciones sociales.

Limitaciones y advertencias

- Riesgo de procesos participativos formales sin impacto real si no se asignan recursos y competencias claras.
- Necesidad de coordinación efectiva entre niveles administrativos y actores diversos.

Evidencia científica y referencias

Broekman, A., Garofano-Gomez, V., Martinez-Capel, F., Sanchez-Plaza, A. Espacios de gobernanza para la adaptación al cambio global en ríos mediterráneos: el proyecto REDAPTA en las cuencas de los ríos Tordera y Serpis. *RestauraRios* 2021, 2, 1. <https://doi.org/10.51443/restaurarios.2021.01>.

Broekman A, Sánchez A, García-Narcué C, Bonet Beltrán J.(2023). La adaptación y el papel de la ciencia en la toma de decisiones: el caso de la estrategia de mitigación y adaptación de la comarca del Maresme. Sánchez Gallardo, L. (Coord.). (2023). *Mirando a los ríos desde el mar. Viejos y nuevos debates para una transición hídrica justa*. Editum. Ediciones de la Universidad de Murcia; Fundación Nueva Cultura del Agua. <https://doi.org/10.6018/editum.3003>.

Climate-ADAPT (EEA) 'Multi-level climate governance supporting local action' (2018)

Cremades, R., Sanchez-Plaza, A., J Hewitt, R., et al. (3/9), Guiding cities under increased droughts: The limits to sustainable urban futures, *Ecological Economics*,189, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107140>.



Herrera, M. (2020). *El conflicto en la gobernanza de los territorios rurales. Un marco global desde la mediación y la participación social*. Fundación. [10.13140/RG.2.2.32254.51527](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.32254.51527) IPCC, 2019. *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendía, V. Masson-Delmotte, H.- O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)]. In press

Libro Verde de la Gobernanza del Agua en España (MITECO, 2020).

N. C. Tudose, M. Marin, S. Cheval, H. Mitter, A. Broekman, A. Sanchez-Plaza, C. Ungurean, S. Davidescu. 2023. Challenges and opportunities of knowledge co-creation for the water-energy-land nexus. *Climate Services* DOI: [10.1016/j.cliser.2023.100340](https://doi.org/10.1016/j.cliser.2023.100340).

Sanchez-Plaza, A.; Broekman, A.; Retana, J., et al. (2/11) Participatory Evaluation of Water Management Options for Climate Change Adaptation in River Basins. *Environments* 2021, 8, 93. <https://doi.org/10.3390/environments8090093>

2.d.4. Gestionar la pesca y la acuicultura de forma adaptativa al cambio climático

Descripción de la propuesta

El aumento de la temperatura del océano y las olas de calor marinas están modificando la distribución y productividad de los recursos pesqueros, con desplazamientos horizontales (hacia latitudes septentrionales) y verticales (a mayor profundidad), además de cambios temporales, como la prolongación de la época estival que altera los ciclos vitales y reproductivos. Estos fenómenos, junto con la acidificación y la reducción de oxígeno, incrementan la mortalidad en granjas marinas y amenazan la estabilidad económica del sector y el abastecimiento alimentario. Los eventos extremos presentan dos tipologías con impactos diferenciados:

- Temporales de otoño/invierno, que afectan la seguridad en la mar y las infraestructuras.
- Olas de calor marinas, que comprometen la fisiología y supervivencia de especies.

Acciones clave:

1. Se propone una gestión pesquera y acuícola adaptativa, basada en información ambiental en tiempo real y en la integración de ciencia y práctica local.
2. En el ámbito de la pesca: incorporar señales oceánicas (temperatura superficial, contenido de calor, corrientes, productividad primaria) en los planes de gestión y en las decisiones sobre esfuerzo y zonas de pesca; ajustar temporadas según pronósticos y desplazamientos de los recursos; establecer áreas móviles o temporales de explotación; reforzar la



- cogestión con cofradías y organizaciones de productores para mejorar la respuesta local; e implantar protocolos de seguridad diferenciados para temporales y episodios de calor extremo.
3. En cuanto a la acuicultura: identificar emplazamientos más resilientes para granjas marinas (mayor profundidad, tasa de renovación y corrientes), fomentar la mejora genética para tolerancia térmica y resistencia a patógenos en especies prioritarias, optimizar el manejo alimentario y la densidad de cultivo durante episodios cálidos, y establecer protocolos de oxigenación y gestión de mortalidad coordinados con autoridades sanitarias y ambientales. Es conveniente que estos protocolos se definían por especie, sistema productivo y región, utilizando rangos de referencia revisables y evitando la fijación de umbrales únicos a escala nacional
 4. Reforzar el uso de servicios oceanográficos operativos (boyas, satélites, modelos de predicción) y redes de observación costera, con acceso a información procesable para flotas, cofradías y operadores acuícolas. Por ejemplo, mediante productos operativos como mapas de anomalías térmicas, indicadores de riesgo simplificados y avisos específicos por zona.
 5. Crear una Red de Agentes de Gestión Adaptativa de técnicos permanentes, integrada en administraciones autonómicas y municipales.

Con ello se busca proteger la seguridad y la viabilidad económica del sector, reducir pérdidas y mantener el abastecimiento, alineando la toma de decisiones diarias con la evidencia climática y promoviendo una gestión flexible, basada en datos y en la cooperación entre ciencia, administración y actores del mar.

Limitaciones y advertencias

- La respuesta ecológica de los recursos pesqueros al cambio climático es incierta y puede variar significativamente entre especies, regiones y profundidades.
- La fragmentación competencial entre el Estado, la Unión Europea y las comunidades autónomas puede dificultar la adopción de medidas adaptativas en plazos cortos.
- La mejora genética en acuicultura requiere tiempo y una gestión estricta con criterios de bioseguridad para evitar riesgos asociados.
- La información ambiental en tiempo real depende de redes de observación robustas, aún incompletas en varias zonas costeras, lo que limita la capacidad de respuesta inmediata.
- La falta de datos consolidados dificulta la planificación a largo plazo; es recomendable reforzar las observaciones y el seguimiento científico,



incorporando explícitamente los impactos del cambio climático en los dictámenes y recomendaciones.

- Persisten dificultades para predecir a corto plazo las condiciones ambientales y la evolución de los stocks pesqueros, lo que exige estrategias flexibles y adaptativas.
- La efectividad de la gestión adaptativa depende de la implicación del sector pesquero, especialmente el artesanal/artes menores; se requiere diseñar mecanismos de acercamiento y diálogo para atender sus demandas más allá del cambio climático y garantizar su compromiso con la cogestión.
- La implementación de protocolos y medidas adaptativas puede generar costes adicionales y requerir capacitación técnica, lo que implica apoyo financiero y logístico.

Evidencia científica y referencias

Elliott L. Hazen et al., A dynamic ocean management tool to reduce bycatch and support sustainable fisheries. *Sci. Adv.* 4, eaar3001(2018). doi:10.1126/sciadv.aar3001

European Commission. (2024). European Climate Risk Assessment (EUCRA): Coastal risks, fisheries and aquaculture.

Holbrook, N.J., Scannell, H.A., Sen Gupta, A. et al. (2019). A global assessment of marine heatwaves and their drivers. *Nat Commun* 10, 2624. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-10206-z>

Holbrook, N. J., Sen Gupta, A., Oliver, E. C. J., Hobday, A. J., Benthuyssen, J. A., Scannell, H. A., Smale, D. A., & Wernberg, T. (2020). Keeping pace with marine heatwaves. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1, 482-493. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0068-4>

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Working Group II contribution (Coasts and oceans; Europe)*. IPCC.

Maxwell, S. M., Hazen, E. L., Lewison, R. L., Dunn, D. C., Bailey, H., Bograd, S. J., Briscoe, D. K., Fossette, S., Hobday, A. J., Bennett, M., Benson, S. R., Caldwell, M. R., Costa, D. P., Dewar, H., Eguchi, T., Hazen, L., Abrahms, B., Irvine, L., Mate, B., ... Crowder, L. B. (2015). Dynamic ocean management: Defining and conceptualizing real-time management of the ocean. *Marine Policy*, 58, 42–50. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2015.03.014>

Smale, D. A., Wernberg, T., Oliver, E. C. J., Thomsen, M. S., Harvey, B. P., Straub, S. C., Burrows, M. T., Alexander, L. V., Benthuyssen, J. A., Donat, M. G., Feng, M., Hobday, A. J., Holbrook, N. J., Perkins-Kirkpatrick, S. E., Scannell, H. A., Payne, B. L., & Moore, P. J. (2019). Marine heatwaves threaten global biodiversity and the provision of ecosystem services. *Nature Climate Change*, 9(4), 306–312. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0412-1>

2.d.5. Coordinación y refuerzo de la planificación, predicción y respuesta ante los riesgos costeros y marítimos

Descripción de la propuesta



La propuesta plantea la necesidad de coordinar y reforzar la planificación, la predicción y la respuesta ante riesgos climáticos extremos (inundaciones, tsunamis, temporales y subida del nivel del mar).

Acciones clave:

1. Investigación y conocimiento aplicado:
 - Ampliación de los estudios técnicos y científicos del IGME y el Consorcio de Compensación de Seguros a todo el territorio, integrando incertidumbre climática, nuevos desencadenantes (volcanismo, deslizamientos, hidratos de gas) y cambios en los usos del suelo.
2. Publicación abierta y actualización periódica de resultados para su uso en planificación territorial y gestión del riesgo.
3. Definir ciclos de revisión y actualización (p. ej., cada 5–10 años según producto) para evitar obsolescencia de cartografías, protocolos y herramientas
4. Coordinación y respuesta operativa:
 - Estandarización del Sistema de Mando de Incidentes (SMI) como doctrina nacional obligatoria en emergencias costeras

Elaboración de Guías Nacionales de Evacuación con cartografía, señalética y mensajes unificados, complementadas con programas de formación y certificación para todos los niveles de emergencia.

5. Infraestructura digital y tecnológica:
 - Creación de una plataforma que integre datos de puertos, boyas, satélites y modelos oceanográficos.
 - Implementación de la RedUxS Costa, una red de vehículos no tripulados (aéreos, marinos y submarinos) para monitorización ambiental, cartografía postevento y respuesta de emergencia.
6. Desarrollo de Sistemas de Gobernanza Adaptativa (SGARC) basados en umbrales científicos dinámicos y protocolos automatizados de actuación.
7. Adaptación ecológica e innovación híbrida:
 - Restauración de playas y humedales mediterráneos con criterios científicos.
 - Implantación de soluciones híbridas (rompeolas vivos, dunas urbanas, humedales de mitigación) que combinen ingeniería convencional y naturaleza.
 - Integración de gemelos digitales costeros, laboratorios vivos y mecanismos de gobernanza adaptativa para una gestión dinámica y participativa.
8. Prevención y vigilancia climática:



- Creación de un sistema nacional de vigilancia costera inteligente, con indicadores meteoroclimáticos, variables oceanográficas y un sistema de banderas unificado para actividades recreativas y profesionales.

En conjunto, esta estrategia propone un marco para mejorar la anticipación, coordinación y respuesta ante riesgos costeros climáticos, priorizando un enfoque preventivo, interoperable y sostenible. Ámbito: Nacional, con despliegue prioritario en zonas de alta vulnerabilidad costera (Mediterráneo, Golfo de Cádiz, Cornisa Cantábrica e islas).

Limitaciones y advertencias

- Requiere una gobernanza multinivel, coordinación interministerial y una inversión sostenida en infraestructura digital, ecológica y formativa. En particular, debe diferenciarse inversión inicial (CAPEX) de costes recurrentes (OPEX) y asegurar financiación estable de operación y mantenimiento, para evitar que plataformas y redes queden infrutilizadas o degradadas tras la fase de despliegue.
- La fragmentación institucional puede obstaculizar su eficacia si no se define un marco de competencias claro.

Evidencia científica y referencias

México – *NOM-010-SSPC-2019, Sistema de Mando de Incidentes.*

Nueva Zelanda – *Tsunami Evacuation Directors Guideline (DGL 08-25).*

EE.UU. – *ICS/FEMA, Incident Command System.*

BarentsWatch (Noruega); Watermanagementcentrum Nederland (Países Bajos); CIOOS (Canadá); Copernicus Marine Service (UE).

NOAA – *Uncrewed Systems Operations Center (EE.UU.).*

EMSA – *RPAS Service (UE).*

Sistema de Gestión Costera de los Países Bajos; Thames Estuary 2100 (UK); National Weather Service (EE.UU.); Proyecto EU-FP7 THESEUS.

Schuerch et al. (2025). *Communications Earth & Environment*, 6(1), 128.

Engineering With Nature (USACE, EE.UU.); *North Portsea Island Coastal Defence Scheme* (UK).

OCDE (2024). *Dynamic Adaptive Policy Pathways (DAPP) Framework.*

Comisión Europea (2023). *Taxonomía de Tecnologías Verdes*



2.d.6. Establecer el almacenamiento distribuido multipropósito (incluye depósitos antiincendios)

Descripción de la propuesta

Se propone desplegar sistemas distribuidos de almacenamiento, redistribución y aprovechamiento del agua (p. ej., depósitos de retención en trama urbana y periurbana) y construir depósitos antiincendios alimentados con aguas regeneradas o excedentes pluviales, situados estratégicamente para operaciones de extinción y refresco preventivo.

Acciones clave:

1. Implantar depósitos de retención en puntos críticos urbanos.
2. Crear depósitos antiincendios con suministro de aguas regeneradas o pluviales.
3. Integrar estas infraestructuras en planes de emergencia.

Mecanismos de implementación:

Se contempla una planificación basada en riesgo y accesibilidad de equipos de emergencia.

Ámbito: Urbano, periurbano y rural estratégico.

Sectores implicados: Gestión del agua, Protección civil, Urbanismo, Bomberos

Actores clave: Ayuntamientos, Comunidades autónomas, Confederaciones hidrográficas, Servicios de emergencias

Limitaciones y advertencias

Requiere suelo y mantenimiento; la calidad del agua para ciertos usos debe garantizarse; coordinación con drenaje urbano y SUDS.

Evidencia científica y referencias

Aksoy, E., Kocer, A., Yilmaz, İ., Akçal, A. N., & Akpınar, K. (2023). Assessing Fire Risk in Wildland–Urban Interface Regions Using a Machine Learning Method and GIS data: The Example of Istanbul’s European Side. *Fire*, 6(10), 408. <https://doi.org/10.3390/fire6100408>

Alfaro, M., Santander, P., Fuertes, G., Ternero, R., & Vargas, M. (2024). Water Reservoir Placement Methodology for Forest Firefighting: A Case Study of Valparaíso, Chile. *Forests*, 15(1), 201. <https://doi.org/10.3390/f15010201>

Arabatzis, G., Kolkos, G., Stergiadou, A., Kantartzis, A., & Tampekis, S. (2024). Optimal Allocation of Water Reservoirs for Sustainable Wildfire Prevention Planning via AHP-TOPSIS and Forest Road Network Analysis. *Sustainability*, 16(2), 936. <https://doi.org/10.3390/su16020936>



Durán Flores, A. I. P., Favereau Monti, M. J., Lorca Gálvez, Á. H., Vicuña Díaz, S., Melo Contreras, Ó. A., & Negrete Pincetic, M. A. (2024). *Evaluation of multipurpose reservoir operating policies at basin and electric power system scales*. <https://doi.org/10.1061/JWRMD5.WRENG-6349>

Quon, H., & Jiang, S. (2023). Decision making for implementing non-traditional water sources: A review of challenges and potential solutions. *Npj Clean Water*, 6(1), 56. <https://doi.org/10.1038/s41545-023-00273-7>

Ramalho, A. H. C., Silva, E. F. da, Silva, J. P. M., Fiedler, N. C., Maffioletti, F. D., Biazatti, L. D., Moreira, T. R., Juvanhol, R. S., & Santos, A. R. dos. (2021). Allocation of water reservoirs to fight forest fires according to the risk of occurrence. *Journal of Environmental Management*, 296, 113122. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113122>

Ramm, K., & Smol, M. (2024). The potential for water recovery from urban waste water—The perspective of urban waste water treatment plant operators in Poland. *Journal of Environmental Management*, 358, 120890. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120890>



EJE 3: Proteger a la ciudadanía de las olas de calor

a. PREVENCIÓN

3.a.1. Potenciar el reverdecimiento urbano y las zonas de sombra

Descripción de la propuesta

La renaturalización a través de las soluciones basadas en la naturaleza es esencial para la mitigación y la mejora de la adaptación de las ciudades al cambio climático. La capacidad de las zonas arboladas urbanas de reducir la temperatura se ha determinado que varía entre 5 a 16 grados centígrados, dependiendo de las especies elegidas y su distribución en los espacios urbanos.

Se propone impulsar la transición hacia ciudades más verdes a través del reverdecimiento urbano y el desarrollo de la silvicultura urbana, con el fin de reducir el efecto isla de calor: plantación de más árboles y zonas verdes, y creación de cinturones verdes periurbanos, corredores de sombra en los barrios, creación de una red de refugios bioclimáticos e implementación de la regla del 3-30-300, que establece que cada ciudadano debería: a) ver al menos 3 árboles desde su casa, b) vivir en un barrio con un 30% de cobertura vegetal, y c) residir a menos de 300 metros de una zona verde de calidad. Estos espacios actúan como escudos frente al calor extremo y como lugares de refugio y convivencia, y el arbolado viario incide de forma relevante sobre la temperatura de las fachadas cercanas. Este desarrollo debe basarse en la probabilidad de presencia futura (uso de variedades genéticas con mayor probabilidad de supervivencia).

Los pasos concretos incluyen: 1) Ampliar y proteger los espacios verdes urbanos. 2) Crear cinturones verdes en torno a las ciudades. 3) Establecer los requerimientos de arbolado y sombra en el urbanismo local.

Acciones clave:

1. Priorizar la reducción de la superficie sellada dentro de los núcleos urbanos y su reemplazo por áreas permeables y vegetación. Para realizar esta priorización, se recomienda utilizar la tecnología LiDAR (Light Detection and Ranging), que posibilita la morfometría urbana y la localización de islas de calor intraurbanas.
2. Realizar diagnosis sobre una eventual red de espacios exteriores públicos con potencialidad de funcionar como refugios bioclimáticos (i.e. espacios con capacidad de disminuir la temperatura básicamente a través de la



- vegetación y la permeabilización del suelo) e implementar mejoras para tener esa red de espacios bioclimáticos funcional y que esté distribuida equitativamente en cada ciudad.
3. Ampliar y renaturalizar los espacios verdes urbanos creando una red de infraestructura verde urbana, a través de nodos y corredores conectados, distribuida de manera equitativa en el ámbito urbano y conectada con el ámbito periurbano, que genere espacios renaturalizados a diferentes escalas y fomente la biodiversidad. Para este propósito, se propone recuperar espacios urbanos en desuso, sobre todo en el tejido urbano más consolidado y compacto.
 4. Integrar indicadores cuantificables de salud pública y adaptación climática en la planificación urbana, con el fin de acompañar el desarrollo e impacto de las medidas desarrolladas. Un ejemplo de estos indicadores es la regla 3-30-300.
 5. Incentivar la creación de cubiertas verdes en estructuras privadas tanto horizontales (tejados, azoteas, terrazas) como verticales (muros, fachadas) que amortigüen los picos de temperatura diaria y estacional.
 6. Incentivar la creación y mantenimiento de infraestructuras verdes productivas basadas en agroecología (huertos urbanos, parques comestibles, agricultura y agroforestería periurbana).

Los impactos esperados son multifactoriales: el arbolado descende la temperatura en varios grados (el enfriamiento más sustancial ocurre en niveles de cobertura arbórea a partir del 30-40%), lo que disminuye el efecto isla de calor, mejora la calidad del aire y contribuye a captar CO₂. Además, potencia el bienestar físico y mental de la población, asociándose a una mayor esperanza de vida y menores problemas de salud física y mental. Los espacios de confort bioclimático integran beneficios ambientales, sociales y sanitarios, convirtiéndose en elementos estratégicos de las ciudades sostenibles.

Limitaciones y advertencias

1. La implantación de la cobertura vegetal del 30% en climas áridos o semiáridos y el mantenimiento de parques y zonas verdes requerirá una gestión hídrica eficiente y una inversión continua en especies adaptadas y sistemas de riego sostenible.
2. Aunque en el exterior de edificios las zonas verdes ayudan a reducir la temperatura ambiental gracias a la sombra y la evapotranspiración (esto puede disminuir el riesgo de calor extremo en áreas urbanas), en el interior de edificios no tienen un impacto significativo (la temperatura interior depende más de sistemas de climatización y del diseño del edificio que de las zonas verdes externas).
3. La reducción del asfalto y el incremento de la superficie arbolada pueden generar resistencia en las políticas de movilidad y aparcamiento a nivel local.



4. Se trata de procesos graduales, ya que los árboles necesitan años para madurar y ofrecer una sombra y evapotranspiración significativas.
5. Hay que prestar atención al confort nocturno. Varios estudios recientes han evidenciado que la mortalidad asociada a las oleadas de calor se concentra en gran parte durante la noche, cuando la falta de enfriamiento urbano agrava el estrés térmico. La investigación ha mostrado que mientras durante el día la cobertura arbórea desempeña un papel clave en la reducción de la temperatura por sombreado, durante la noche son los espacios con mayor presencia de estratos arbustivos los que contribuyen más efectivamente al descenso térmico. Por eso, la configuración de la vegetación (por ejemplo, proporción y disposición de vegetación arbolada/arbustiva) dentro de los entornos de confort bioclimático debería tener en cuenta esta dualidad diurno-nocturna para garantizar un confort térmico continuado y efectivo.

Evidencia científica y referencias

Konijnendijk, C. C., & Lei, Y. (2023). Evidence-based guidelines for greener, healthier, more resilient neighbourhoods: Introducing the 3–30–300 rule. Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1007/s11676-022-01523-z>

Nieuwenhuijsen, M. J. (2020). Urban and transport planning pathways to carbon neutral, liveable and healthy cities; A review of the current evidence. Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105661>

Nieuwenhuijsen, M. J., Dadvand, P., Márquez, S., Bartoll, X., Barboza, E. P., Cirach, M., Borrell, C., & Zijlema, W. L. (2022). *The evaluation of the 3-30-300 green space rule and mental health*. Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114387>

Wu, Y., Wen, B., Ye, T., Huang, W., Liu, Y., Gasparini, A., Sera, F., Tong, S., Lavigne, E., Roye, D., Achilleos, S., Ryti, N., Pascal, M., Zeka, A., De' Donato, F., Pereira da Silva, S. N., Madureira, J., Mistry, M., Armstrong, B., Bell, M. L., Schwartz, J., Guo, Y., & Li, S. (2025). Estimating the urban heat-related mortality burden due to greenness: A global modelling study. *The Lancet Planetary Health*, 9(10), e760–e769. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(25\)00062-2](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(25)00062-2)

Konijnendijk, C. C., & Lei, Y. (2023). Evidence-based guidelines for greener, healthier, more resilient neighbourhoods: Introducing the 3–30–300 rule. Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1007/s11676-022-01523-z>

Nieuwenhuijsen, M. J. (2020). Urban and transport planning pathways to carbon neutral, liveable and healthy cities; A review of the current evidence. Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105661>

Nieuwenhuijsen, M. J., Dadvand, P., Márquez, S., Bartoll, X., Barboza, E. P., Cirach, M., Borrell, C., & Zijlema, W. L. (2022). *The evaluation of the 3-30-300 green space rule and mental health*. Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114387>

Lungman, T., Cirach, M., Marando, F., Pereira Barboza, E., Khomenko, S., Masselot, P., Quijal-Zamorano, M., Mueller, N., Gasparini, A., Urquiza, J., Heris, M., Thondoo, M., & Nieuwenhuijsen, M. (2023). Cooling cities through urban green infrastructure: A health impact assessment of European cities. *The Lancet*, 401(10377), 577–589. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(22\)02585-5](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(22)02585-5)

López-Bueno, J. A., Díaz, J., Sánchez-Guevara, C., Sánchez-Martínez, G., Franco, M., Gullón, P., Núñez Peiró, M., Valero, I., & Linares, C. (2020). The impact of heat waves on daily mortality in districts in Madrid:



The effect of sociodemographic factors. *Environmental Research*, 190, 109993. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109993>

Mora-Esteban, R., Conejo-Arrabal, F., Castro-Bonaño, J. M., & Díaz-López, C. (2024). Urban adaptation to climate change: Climate refuge networks as a strategy to mitigate thermal stress. SSRN. <https://doi.org/10.2139/ssrn.5342422>

Wu, Y., Wen, B., Ye, T., Huang, W., Liu, Y., Gasparrini, A., Sera, F., Tong, S., Lavigne, E., Roye, D., Achilleos, S., Rytí, N., Pascal, M., Zeka, A., De' Donato, F., Pereira da Silva, S. N., Madureira, J., Mistry, M., Armstrong, B., Bell, M. L., Schwartz, J., Guo, Y., & Li, S. (2025). Estimating the urban heat-related mortality burden due to greenness: A global modelling study. *The Lancet Planetary Health*, 9(10), e760–e769. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(25\)00062-2](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(25)00062-2)

Alcázar, S. S., Olivieri, F., & Neila, J. (2016). Green roofs: Experimental and analytical study of its potential for urban microclimate regulation in Mediterranean–continental climates. *Urban Climate*, 17, 304–317. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2016.02.004>

Cai, L., Feng, X.-P., Yu, J.-Y., Xiang, Q.-C., & Chen, R. (2019). Reduction in carbon dioxide emission and energy savings obtained by using a green roof. *Aerosol and Air Quality Research*, 19(11), 2432–2445. <https://doi.org/10.4209/aaqr.2019.09.0455>

Bevilacqua, P., Bruno, R., & Arcuri, N. (2020). Green roofs in a Mediterranean climate: Energy performances based on in-situ experimental data. *Renewable Energy*, 152, 1414–1430.

López-García et al. (2020): 6 Ámbitos de gobernanza en las Políticas Alimentarias Urbanas: Una mirada operativa. *Estudios Geográficos* 81(289):e051.

López-García and González de Molina (2020): Co-producing agro-food policies for urban environments: towards agroecology-oriented local food systems. En *Urban Agroecology*, Boca Ratón, FL, EEUU: CRC Press.

Richmond, I. C., Paulauskas, M. A., Padvaiskas, E., González Sinisterra, L. C., Hutt-Taylor, K., Robitaille, A. L., & Ziter, C. D. (2025). Land-use history causes differences in park nighttime cooling capacity and forest structure. *Ecological Applications*, 35(5), e70082.

Ziter, C. D., Pedersen, E. J., Kucharik, C. J., & Turner, M. G. (2019). Scale-dependent interactions between tree canopy cover and impervious surfaces reduce daytime urban heat during summer. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(15), 7575–7580.

3.a.2. Priorizar la calidad de la vegetación urbana para la adaptación climática

Descripción de la propuesta

La propuesta consiste en implementar una política pública de gestión sostenible del arbolado urbano, priorizando la calidad ecológica y funcional de las especies vegetales frente a su mera cantidad. Esta medida busca mejorar el confort térmico humano, reducir el impacto de olas de calor y fortalecer la resiliencia urbana frente a eventos climáticos extremos.

Acciones clave:



1. Inventariar el arbolado urbano existente, evaluando edad, estado sanitario, capacidad de enfriamiento, longevidad y resistencia al estrés climático. Conviene identificar los obstáculos para su desarrollo óptimo (tipología y tamaño de alcorque, falta de suelo estructural, riego inadecuado, poda sistemática, etc.).
2. Determinar la respuesta del crecimiento del arbolado urbano al cambio climático de las últimas décadas mediante el monitoreo del crecimiento y variables ambientales in situ, así como estudios retrospectivos.
3. Seleccionar especies óptimas para nuevas plantaciones, considerando criterios como área foliar, distribución de hojas, capacidad de interceptación de radiación solar, contribución a reducir la contaminación del aire y tolerancia a sequías y vientos. También los criterios climáticos (y particularmente proyecciones futuras), que valoren la probabilidad de supervivencia en la nueva normalidad climática y la eliminación de especies invasoras.
4. Proteger los árboles maduros bien desarrollados por su valor de salud pública. Se recomienda evitar políticas de tala o sustitución de arbolado.
5. Diseñar planes de conservación y renovación progresiva del arbolado envejecido o ineficiente, evitando pérdidas abruptas de cobertura vegetal. Para ello, es necesario garantizar un espacio adecuado a cada árbol plantado, considerando su desarrollo futuro.
6. Integrar la planificación de las zonas verdes en la planificación urbana, priorizando corredores verdes, zonas de sombra en espacios públicos y entornos escolares, teniendo en cuenta la equidad ambiental entre diferentes zonas urbanas y teniendo en cuenta a las comunidades.
7. Establecer mecanismos de seguimiento y evaluación, con participación ciudadana y colaboración interinstitucional.

Con esta propuesta, se prevé una reducción significativa de los días de calor letal, una mejora del confort térmico en espacios públicos, un fortalecimiento de la resiliencia urbana frente a eventos climáticos extremos y la optimización del uso de infraestructuras verdes en los espacios urbanos.

Limitaciones y advertencias

1. Algunas posibles barreras a tener en cuenta serían: la selección de especies, el suministro de árboles, el ciclo de vida de los árboles y la aceptación por parte de la comunidad.
2. Es recomendable adoptar la óptica de gestión sostenible del agua de riego y de las propias especies. Al respecto, es conveniente estudiar cómo afectan las restricciones de consumo de agua en épocas de sequía a los distintos tipos de vegetación (por ejemplo, las restricciones al uso recreativo).
3. Considerar la potencial alergenicidad de algunas especies, especialmente si han sido empleadas intensivamente en el espacio urbano.



4. Se recomienda que la distribución del verde urbano sea equitativa, priorizando los barrios de mayor vulnerabilidad social ya que los residentes de esas zonas dependen más directamente del espacio público.

Evidencia científica y referencias

Esperon-Rodriguez, M., Gallagher, R., Calfapietra, C., Paloma Cariñanos, Dobbs, C., Eleuterio, A.A., Rodriguez, D.E., Jahani, A., Litvak, E., Livesley, S.J., Manoli, G., Marchin, R.M., McPhearson, T., Messier, C., Johan Östberg, Roman, L.A., Russo, A., Saffariha, M., Shackleton, C. and Henrik Sjöman (2025). Barriers and opportunities for resilient and sustainable urban forests. *Nature Cities*. [online] doi:<https://doi.org/10.1038/s44284-025-00212-2>.

Giraldo-Charria, D. L., Escobedo, F. J., Clerici, N., & Quesada, B. (2025). Urban forests mitigate extreme heat exposure in a vulnerable tropical city. *Urban Climate*, 59, 102311. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2025.102311>

Jeong, J., & Park, C. R. (2023). Developing a mapping procedure for urban forests using online map services and Sentinel-2A images. *Urban Forestry & Urban Greening*, 89, 128095. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.128095>

Rahman, M.A., Arndt, S., Bravo, F., Cheung, P.K., Natalie van Doorn, Franceschi, E., Miren del Río, Livesley, S.J., Moser-Reischl, A., Nayanesh Pattnaik, Rötzer, T., Paeth, H., Pauleit, S., Preisler, Y., Pretzsch, H., Puay Yok Tan, Cohen, S., Szota, C. and Torquato, P.R. (2024). More than a canopy cover metric: Influence of canopy quality, water-use strategies and site climate on urban forest cooling potential. *Landscape and urban planning*, 248, pp.105089–105089. doi:<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2024.105089>.

Schwaab, J., Meier, R., Mussetti, G., Seneviratne, S., Bürgi, C. and Davin, E.L. (2021). The role of urban trees in reducing land surface temperatures in European cities. *Nature Communications*, [online] 12(1). doi:<https://doi.org/10.1038/s41467-021-26768-w>.

Sciencedirect.com. (2025). Urban Forestry & Urban Greening | Urban Forests: From Heat Mitigation to Public Health | ScienceDirect.com by Elsevier. [online] Available at: <https://www.sciencedirect.com/special-issue/10W52575D6J> [Accessed 13 Oct. 2025].

Singh, A.K., Shukla, S., Singh, M.K., Singh, A., Singh, R. and Singh, B.K. (2024). Urban Forests: Importance, Challenges and Opportunities. pp.23–45. doi:https://doi.org/10.1007/978-3-031-67837-0_2.

Wang, C., Ren, Z., Chang, X., Wang, G., Hong, X., Dong, Y., Guo, Y., Zhang, P., Ma, Z. and Wang, W. (2023). Understanding the cooling capacity and its potential drivers in urban forests at the single tree and cluster scales. *Sustainable Cities and Society*, [online] 93, p.104531. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104531>.

Calderón-Angelich A., Anguelovski I., Connolly, J. J. T., Baró F. (2023). Greening plans as (re)presentation of the city: towards an inclusive and gender-sensitive approach to urban greenspaces (2023) *Urban Forestry and Urban Greening*

Kocher P, Horna V, Leuschner C (2012) Environmental control of daily stem growth patterns in five temperate broad-leaved tree species. *Tree Physiologist* 32:1021–1032.

Miyahara, A.A.L., Paixão, C.P., dos Santos, D.R., Pagin-Cláudio, F., da Silva, G.J., Bertoleti, I.A.F., de Lima, J.S., da Silva, J.L., Candido, L.F., Siqueira, M.C., Silva, R.P., Racanelli, Y.R. & Locosselli, G.M. (2022) Urban dendrochronology toolkit for evidence-based decision-making on climate risk, cultural heritage,



environmental pollution, and tree management – A systematic review. *Environmental Science & Policy*, 137, 152-163.

3.a.3. Promover la regeneración urbana y arquitectónica para la adaptación climática

Descripción de la propuesta

La propuesta plantea una estrategia integrada de regeneración urbana y arquitectónica para mitigar el efecto isla de calor y mejorar la resiliencia climática, especialmente en el Mediterráneo y el sur de España. Se propone reorientar el planeamiento urbanístico con el fin de incorporar criterios de adaptación climática. Se propone incentivar la intervención sobre el Suelo Urbano Consolidado, mediante la elaboración y desarrollo de Planes Rehabilitación Integrada en la escala de barrio. En aquellos ámbitos en los que no sea necesaria la intervención en la edificación se podrán desarrollar Planes Especiales de renaturalización del espacio público. En cualquier caso, siempre se pueden realizar operaciones concretas de reurbanización con criterios de sostenibilidad que ya se desarrollan en las ciudades españolas. Como ejemplo, se puede señalar la política de las Superilles del Ayuntamiento de Barcelona (<https://ajuntament.barcelona.cat/superilles/es>).

En el ámbito residencial, se propone la regeneración (rehabilitación y reforma) del parque de viviendas existente, con intervenciones que fomenten la flexibilidad espacial, la recuperación y renaturalización de espacios exteriores generosos, y el diseño de viviendas flexibles que respondan a situaciones de emergencia y nuevas necesidades como el teletrabajo o la convivencia intergeneracional.

En el ámbito urbano, se plantea aplicar el enfoque Km0, utilizando recursos locales y soluciones basadas en la naturaleza, como cubiertas verdes horizontales y verticales en estructuras públicas y privadas. Esto incluye el uso de tierra (por su capacidad de estabilizar temperaturas extremas), morteros de cal (por su regulación higrotérmica y propiedades bactericidas) y madera (por su captura de CO₂), e implementar soluciones de "pavimentos fríos" (*cool pavements*) en la reurbanización del suelo para sustituir el asfalto oscuro.

Con esta propuesta, se podría reducir el efecto isla de calor, mejorar la eficiencia energética y del confort térmico, fortalecer la resiliencia habitacional y urbana, promover la equidad territorial y social y reducir las emisiones y conseguir una mejora de la calidad ambiental.

Limitaciones y advertencias

1. Las medidas propuestas asociadas a "reurbanización/naturalización" del espacio público se puede realizar mediante proyectos de urbanización



- ordinarios o mediante el desarrollo de Planes Especiales. No se necesita necesariamente la revisión de los Planes Generales de Ordenación Municipal (PGOM), que regulan el suelo urbano consolidado (que sería un proceso lento, complejo, y con dificultades de implementación).
2. Cabe señalar que el norte no está preparado para grandes sequías o olas de calor más extremos, y hay retos específicos en ciudades monumentales con presencia de granito. Las medidas deben tener en cuenta que las olas de calor cada vez afectarán mayor territorio.
 3. El uso de materiales tradicionales y la regeneración del parque de viviendas requieren una alta inversión inicial, idealmente respaldada por mecanismos de financiación pública.
 4. Aunque los pavimentos fríos son eficaces para reducir la temperatura superficial, su impacto en la temperatura del aire ambiente puede ser modesto, lo que requiere combinarlos con infraestructura verde para lograr beneficios microclimáticos más amplios.
 5. En el diseño e implementación de este tipo de medidas se debe tener en cuenta el posible efecto rebote (o paradoja de Jevons), por el cual las intervenciones que mejoran la eficiencia energética podrían incentivar un incremento en el consumo, reduciendo el impacto esperado (Freire-González, 2023). Esto hace conveniente implementar políticas complementarias que limiten dicho riesgo (Font Vivanco et al., 2016).

Evidencia científica y referencias

Domingo Calabuig, D., & Rivera Linares, J. (2023). Design strategies for circularity: Km0 architecture in the Spanish Mediterranean. *Open House International*. <https://doi.org/10.1108/OHI-03-2023-0012>

Yang, J., Wang, Y., & Kaloush, K. E. (2015). Environmental impacts of reflective materials: Is high albedo a 'silver bullet' for mitigating urban heat island? *Renewable Energy*, 73, 106–113. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.01.085>

Gilabert, J., Ruiz, M., & Martí, P. (2021). Abating heat waves in a coastal Mediterranean city: What can cool roofs and vegetation contribute? *Urban Climate*, 37, 100863. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2016.02.004>

M. Demuzere, K. Orru, O. Heidrich, E. Olazabal, D. Geneletti, H. Orru, A.G. Bhave, N. Mittal, E. Feliu, M. Faehnle (2014). Mitigating and adapting to climate change: Multi-functional and multi-scale assessment of green urban infrastructure. *Journal of Environmental Management*, 146, 107-115. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.07.025>

European Environment Agency Report (2020). Urban adaptation in Europe: how cities and towns respond to climate change. ISBN: 978-92-9480-270-5. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/urban-adaptation-in-europe>

Freire-González, J. (2023). Rebound effect and the Jevons Paradox. In Padilla Rosa, E., and RamosMartín, J. (Eds.), *Elgar Encyclopedia of Ecological Economics* (pp. 453–459). Edward Elgar Publishing.

Font Vivanco, D., Kemp, R., van der Voet, E., (2016). How to deal with the rebound effect? A policy-oriented approach. *Energy Policy* 94, 114–25.



3.a.4. Desarrollar programas de adaptación justa a las temperaturas extremas

Descripción de la propuesta

El contexto es la necesidad de adaptar los hogares a la emergencia climática, caracterizada por olas de calor intensas y la persistencia de la vulnerabilidad ante el frío, todo ello agravado por las desigualdades socioeconómicas, con el fin de proteger y mejorar la salud de la población. La capacidad de adaptación varía significativamente: los hogares más ricos invierten en refrigeración y aislamiento, mientras que los más pobres permanecen más expuestos a los efectos de las temperaturas extremas en la salud. El objetivo es promover la equidad en la adaptación autónoma, garantizando la asequibilidad de la refrigeración y el confort térmico, sin incrementar la pobreza energética.

Acciones clave:

1. Ofrecer ayudas económicas a hogares con bajos ingresos para afrontar los costes energéticos durante los meses cálidos, garantizando su acceso al uso del aire acondicionado. Esto se basa en la evidencia de que la expansión de mecanismos de refrigeración residencial reduce la mortalidad asociada al calor.
2. Acompañar la expansión del aire acondicionado con la promoción de sistemas eficientes y refrigeración pasiva. Esto ayuda a mitigar el incremento de las facturas energéticas y la presión sobre las infraestructuras que conlleva la adaptación autónoma.
3. Ofrecer ayudas económicas a hogares con bajos ingresos para la mejora del aislamiento de las viviendas.

Esta medida podría reducir la mortalidad por calor, mejorar el confort y la salud en hogares vulnerables, prevenir el aumento de la pobreza energética y ayudar a una mejor gestión de la demanda eléctrica en picos.

Limitaciones y advertencias

1. La adaptación autónoma, si no se acompaña de medidas de eficiencia, incrementa las facturas energéticas y la presión sobre las infraestructuras. El diseño de las ayudas debe ser preciso para garantizar la asequibilidad ante el cambio de demanda de calefacción a frío.
2. Existe el riesgo de que la adaptación autónoma, aunque mejore el confort, se limite a los hogares más ricos, dejando a los más pobres expuestos. Si las subvenciones e incentivos no se diseñan cuidadosamente, podrían reforzar desigualdades existentes.



3. Para que una política funcione bien, no es suficiente con dinero y apoyo institucional, además es clave involucrar el conocimiento local y a las personas directamente afectadas.
4. En personas adultas mayores, la baja participación en estos programas puede deberse a errores al identificar a los beneficiarios, así como a temores sobre molestias por las obras, riesgos para la salud o posibles aumentos en los costos.
5. Por su coste energético y en materiales, es necesaria cautela sobre la expansión del aire acondicionado individual. Se sugiere priorizar las soluciones centralizadas integradas con la calefacción y la producción de agua caliente.
6. Se recomienda combinar las políticas de adaptación de las viviendas con políticas de vivienda que eviten procesos de gentrificación climática que supongan el desplazamiento o expulsión de la población más precaria.

Evidencia científica y referencias

Achebak, H., Rey, G., Lloyd, S.J., Quijal-Zamorano, M., Fernando Méndez-Turrubiates, R., Ballester, J., 2023. Drivers of the time-varying heat-cold-mortality association in Spain: A longitudinal observational study. *Environ. Int.* 182, 108284. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.108284>

Armstrong, D., Winder, R., Wallis, R., 2006. Impediments to policy implementation: The offer of free installation of central heating to an elderly community has limited uptake. *Public Health* 120, 161–166. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2005.07.004>

Cedeño Laurent, J.G., Williams, A., Oulhote, Y., Zanobetti, A., Allen, J.G., Spengler, J.D., 2018. Reduced cognitive function during a heat wave among residents of non-air-conditioned buildings: An observational study of young adults in the summer of 2016. *PLoS Med.* 15, e1002605. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002605>

López-Bueno, J.A., Díaz, J., Sánchez-Guevara, C., Sánchez-Martínez, G., Franco, M., Gullón, P., Núñez Peiró, M., Valero, I., Linares, C., 2020. The impact of heat waves on daily mortality in districts in Madrid: The effect of sociodemographic factors. *Environ. Res.* 190, 109993. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109993>

Maller, C.J., Strengers, Y., 2011. Housing, heat stress and health in a changing climate: promoting the adaptive capacity of vulnerable households, a suggested way forward. *Health Promot. Int.* 26, 492–498. <https://doi.org/10.1093/heapro/dar003>

Sera, F., Hashizume, M., Honda, Y., Lavigne, E., Schwartz, J., Zanobetti, A., Tobias, A., Iñiguez, C., Vicedo-Cabrera, A.M., Blangiardo, M., Armstrong, B., Gasparrini, A., 2020. Air Conditioning and Heat-related Mortality: A Multi-country Longitudinal Study. *Epidemiol. Camb. Mass* 31, 779–787. <https://doi.org/10.1097/EDE.0000000000001241>

Anguelovski, I., Kotsila, P., Lees, L., Triguero-Mas, M., & Calderon-Argelich, A. (2025). From heat racism and heat gentrification to urban heat justice in the USA and Europe. *Nature Cities*, 2, 8–16.



3.a.5. Reforzar las Zonas de Bajas Emisiones (ZBE) Urbanas

Descripción de la propuesta

Implementación de las Zonas de Bajas Emisiones (ZBE) en las ciudades que no lo han hecho. Esta medida sería una mejora estructural de la calidad del aire por la ZBE permanente y mejora de la salud de la población residente en las zonas ZBE. Las zonas de bajas emisiones son una oportunidad para liberar parte del suelo dedicado a calzada y aparcamiento, con el fin de desarrollar programas de renaturalización del espacio público.

Limitaciones y advertencias

1. Considerar el impacto de las zonas de bajas emisiones sobre la salud psicosocial de la población residente en las zonas adyacentes.
2. Considerar el impacto sobre la salud de las poblaciones vulnerables de las restricciones al tráfico durante las olas de calor.
3. Considerar la necesidad de potenciar y fortalecer el transporte público y métodos alternativos de transporte. Acompañar todas las acciones con campañas dirigidas a residentes, trabajadores y propietarios de negocios en las zonas afectadas, fomentando la comprensión, aceptación y participación.

Evidencia científica y referencias

Botezat E, Linares X, Salvador P, Navas MA, Díaz J, López-Bueno JA. Short-term effects of air pollution and heat waves on emergency hospital admissions due to specific causes on days with advections of particulate matter due to biomass combustion in Spain. *Science of The Total Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.179560>. 981, 15 June 2025, 179560

Chamberlain, R.C., Fecht, D., Davies, B. and Filippidis, F.T. (2023). Health effects of low emission and congestion charging zones: a systematic review. *The Lancet. Public health*, 8(7), pp.e559–e574. doi:[https://doi.org/10.1016/s2468-2667\(23\)00120-2](https://doi.org/10.1016/s2468-2667(23)00120-2).

Cuerdo-Vilches T, Díaz J JA López-Bueno, Luna MY, Navas MA, Mirón IJ, Linares C. Impact of urban heat islands on morbidity and mortality in heat waves: observational time series analysis of Spain's five cities. *Science of the Total Environment*. 890 (2023) 164412. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164412>

EEA. (2020). *Thermal Comfort Indices - Universal Thermal Climate Index, 1979-2020*. Climate-ADAPT, European Environment Agency (EEA).

EEA. (2024). *Europe's air quality status 2024*. (Briefing no 06/2024). European Environment Agency (EEA).

Knobel, P., Maneja, R., Bartoll, X., Alonso, L., Bauwelinck, M., Valentin, A., Zijlema, W., Borrell, C., Nieuwenhuijsen, M. and Dadvand, P. (2021). Quality of urban green spaces influences residents' use of these spaces, physical activity, and overweight/obesity. *Environmental Pollution*, 271, p.116393. doi:<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116393>.

Moral-Carcedo, J. (2022). Dissuasive effect of low emission zones on traffic: the case of Madrid Central. *Transportation*. doi:<https://doi.org/10.1007/s11116-022-10318-4>.



Opbroek, J., Evelise Pereira Barboza, Nieuwenhuijsen, M., Payam Dadvand and Mueller, N. (2024). Urban green spaces and behavioral and cognitive development in children: A health impact assessment of the Barcelona 'Eixos Verds' plan (Green Axis Plan). *Environmental Research*, 244, pp.117909–117909. doi:<https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.117909>.

Pérez, K., Palència, L., López, M. J., León-Gómez, B. B., Puig-Ribera, A., Gómez-Gutiérrez, A., Nieuwenhuijsen, M., Carrasco-Turigas, G., & Borrell, C. (2025). Environmental and health effects of the Barcelona superblocks. *BMC Public Health*, 25(1). <https://doi.org/10.1186/s12889-025-21835-z>.

Ruiz-Páez R, Díaz J, López-Bueno JA, Saez M, Barceló MA, Navas MA, Linares C. Economic estimation and impact of air pollution and temperature extremes on emergency hospital admissions in Spain. *Sciences of the Total Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.178867>. 968 (2025) 178867

Ruiz-Páez R, Díaz J, López-Bueno JA, Navas MA, Mirón IJ, Martínez GS, Luna MY, Linares C. Does the meteorological origin of heat waves influence their impact on health? A 6-year morbidity and mortality study in Madrid (Spain). *Sciences of the Total Environment*. 855 (2023) 158900. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158900>.

Salvador, C., Gullón, P., Franco, M. and Vicedo-Cabrera, A.M. (2023). Heat-related first cardiovascular event incidence in the city of Madrid (Spain): Vulnerability assessment by demographic, socioeconomic, and health indicators. *Environmental Research*, 226, p.115698. doi:<https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.115698>.

Zhu, R., Wong, M.S., Guilbert, É. and Chan, P.-W. (2017). Understanding heat patterns produced by vehicular flows in urban areas. *Scientific Reports*, [online] 7(1), p.16309. doi:<https://doi.org/10.1038/s41598-017-15869-6>.

b. RESPUESTA

3.b.1. Crear una red de refugios climáticos para la protección frente a olas de calor extremas

Descripción de la propuesta

Desarrollo de una red extensa y funcional de refugios climáticos en ciudades y pueblos, especialmente en zonas con alta probabilidad de olas de calor. Se recomienda que estos espacios estén climatizados, abiertos las 24 horas y accesibles a toda la ciudadanía, con especial atención a colectivos vulnerables como personas mayores, mujeres embarazadas y personas sin recursos. Estos espacios deben garantizar condiciones adecuadas de temperatura, ventilación, agua potable, energía y comunicaciones, junto con capacidad logística para cubrir necesidades básicas (alimentación, descanso, higiene y aseo) y prestar atención sanitaria inicial.

Se propone:

1. Establecer normativamente los estándares técnicos mínimos, las competencias de las diferentes administraciones, y crear un registro y una coordinación nacional permanente de estos refugios.



2. Aprovechar infraestructuras existentes, priorizando hospitales, centros de salud, bibliotecas, escuelas, centros comunitarios, estaciones de transporte, pabellones deportivos y, cuando proceda, centros comerciales.
3. Dotar a estas infraestructuras de sistemas de acondicionamiento térmico y de humedad que reduzcan la dependencia de sistemas de climatización intensivos, y se alimenten preferentemente por energías renovables. Además, se plantea la creación de zonas de sombra con fuentes y asientos en el exterior de estos equipamientos. Estos espacios deben ser integrados en una red urbana que asegure la posibilidad de recorridos protegidos para acceder no solo a los refugios climáticos como al resto de espacios que la ciudadanía utiliza en su vida cotidiana.
4. Identificar los refugios a través de análisis SIG que combinen mapas de islas de calor con indicadores de vulnerabilidad geográfica y socioeconómica.
5. Establecer convenios cuando sea necesario y planes operativos para definir horarios, personal responsable y servicios mínimos. Se priorizará la apertura extendida en las horas de máximo calor, incluyendo fines de semana y festivos.
6. Vincular la activación de los refugios a los niveles de aviso definidos en los planes sanitarios.
7. Incluir en los mensajes de alerta información sobre la existencia y localización de los refugios cercanos.

A través de esta medida, se espera reducir el estrés térmico y favorecer la mejora de la salud pública, la protección inmediata frente a eventos extremos de calor, la mejora del confort urbano y de la calidad de vida y la reducción de desigualdades en la exposición al riesgo climático.

Limitaciones y advertencias

1. Viabilidad económica y logística: La dotación, mantenimiento y operación 24h de una red extensa de refugios climatizados con accesibilidad universal requiere una inversión inicial elevada.
2. Viabilidad política y competencial: Requiere una coordinación rigurosa entre las administraciones locales (ayuntamientos), las comunidades autónomas (salud, bienestar social) y la administración central (financiación, directrices). La apertura 24h puede enfrentar resistencias logísticas o de seguridad.
3. Advertencia de sostenibilidad: El uso de climatización puede aumentar la demanda energética si no se acompaña de una estrategia de eficiencia energética y el uso exclusivo de energías renovables o biomasa sostenible.
4. Riesgo de inequidad territorial: riesgo de concentración de refugios en grandes ciudades, mientras municipios pequeños quedan desatendidos o



dependen de soluciones ad hoc. Se recomienda establecer criterios de equidad que aseguren una cobertura mínima en territorio disperso.

5. Estigmatización: se recomienda establecer estrategias para evitar la percepción de los refugios como recursos “para otros”.

Evidencia científica y referencias

La literatura científica y técnica respalda ampliamente la necesidad de infraestructuras urbanas adaptadas para proteger a la población con mayor riesgo de vulnerabilidad frente a olas de calor, especialmente en contextos mediterráneos.

Amorim-Maia A.T., Anguelovski I., Connolly J., Chu E., 2023. Seeking refuge? The potential of urban climate shelters to address intersecting vulnerabilities, *Landscape and Urban Planning*, Volume 238, 2023, 104836, ISSN 0169-2046. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2023.104836>.

Berisha, V., and Coauthors, 2017. Assessing Adaptation Strategies for Extreme Heat: A Public Health Evaluation of Cooling Centers in Maricopa County, Arizona. *Wea. Climate Soc.*, 9, 71–80, <https://doi.org/10.1175/WCAS-D-16-0033.1>.

Morelli TL, Daly C, Dobrowski SZ, Dulen DM, Ebersole JL, et al. (2016) Managing Climate Change Refugia for Climate Adaptation. *PLOS ONE* 11(8): e0159909. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0159909>

Esperon-Rodriguez, M., Gallagher, R. V., Lenoir, J., Barradas, V. L., Beaumont, L. J., Calfapietra, C., Cariñanos, P., Livesley, S. J., Jungma, T., Manoli, G., Marchin, R. M., McPhearson, T., Messier, C., Nieuwenhuijsen, M., Power, S. A., Rymer, P. D., & Tjoelker, M. G. (2025). Urban heat in global cities and the role of nature-based solutions in mitigating future climate risks. *Environmental Research: Climate*, 4(2), 023001. <https://doi.org/10.1088/2752-5295/adcb61> Widerynski, S.; Schramm, P. J.; Conlon, K. C.; Noe, R. S.; Grossman, E.; Hawkins, M.; Nayak, S. U.; Roach, M.; Hiltz, A. S. 2017. Use of Cooling Centers to Prevent Heat-Related Illness: Summary of Evidence and Strategies for Implementation. National Center for Environmental Health (U.S.). Division of Environmental Hazards and Health Effects. URL: <https://stacks.cdc.gov/view/cdc/47657>

3.b.2. Preparar a centros educativos e instalaciones deportivas ante olas de calor para garantizar la continuidad de los servicios y su uso como refugio climático

Descripción de la propuesta

Existe consenso sobre la importancia de mantener una óptima climatización (calidad del aire interior y confort térmico) en los centros educativos y las instalaciones deportivas, ya que influye directamente en la salud y el aprendizaje, y es clave para garantizar la continuidad educativa y de las actividades deportivas ante emergencias climáticas, como una ola de calor. Además, unas infraestructuras educativas y deportivas resilientes pueden servir como refugio climático teniendo en cuenta que, en el periodo vacacional amplio, cuando no está la comunidad educativa y cesan muchas actividades deportivas, podrían aprovecharse esos espacios. Asimismo, la adaptación climática de los entornos escolares a través de soluciones basadas en la naturaleza mejora el confort



térmico exterior y proporciona múltiples beneficios al desarrollo físico, mental y emocional. Todo ello es clave para garantizar el bienestar, así como la continuidad educativa y de las actividades deportivas ante emergencias climáticas, como una ola de calor. Además, unas infraestructuras educativas y deportivas resilientes pueden servir como refugio climático teniendo en cuenta que, en los fines de semana y el periodo vacacional amplio, cuando no está la comunidad educativa y cesan muchas actividades deportivas, podrían aprovecharse esos espacios como refugios climáticos.

Acciones clave:

- Tener en cuenta que los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC, por sus siglas en inglés) en los edificios educativos son fundamentales para garantizar una adecuada calidad del aire interior y el confort térmico, ambos directamente vinculados con el bienestar y el rendimiento académico del estudiantado. La ventilación mecánica asegura de forma constante el cumplimiento de los estándares de IAQ y confort, mientras que la ventilación natural solo resulta eficaz en climas templados y suele fallar en condiciones más extremas. Por ello se señala que la ventilación mecánica garantiza mejores condiciones que la natural, sobre todo en climas extremos, y que el control dinámico es necesario para gestionar las variaciones de CO₂ generadas por la alta ocupación y los horarios de clase.
- Mejorar la climatización y el aislamiento en los edificios e infraestructuras educativas con soluciones efectivas y sostenibles basadas en la naturaleza (priorizar la rehabilitación con adaptación climática, considerando la descarbonización), favorecer el reverdecimiento, una buena circulación de aire ventilación natural cruzada y mecánica (con ventiladores de techo), instalación de persianas en el exterior o cortinas para bloquear la luz solar directa, pinturas reflectante en el techo y superficies oscuras, cubiertas vegetales.
- Transformar los patios escolares en refugios climáticos, proporcionando espacios seguros y cómodos para el recreo, la enseñanza de asignaturas y la socialización comunitaria y mejorando la resiliencia urbana al calor (reducir el efecto isla de calor). Para maximizar su impacto, es necesario mantener y mejorar la infraestructura verde y azul, priorizando la plantación de árboles, el acceso al agua y la "deshormigonización", incorporando vegetación y suelo permeable, y aumentar la concienciación y participación comunitaria en el programa.
- Soluciones de diseño e ingeniería para que los estadios modernos se conciban con características adaptativas al clima, como distribuciones optimizadas para la ventilación, la sombra y la eficiencia energética y de la gestión del agua. Entre las estrategias se incluyen la orientación de los edificios según los patrones locales de viento, el uso de materiales y estructuras que reduzcan la demanda energética y la integración de



infraestructura verde (como fachadas vegetales o elementos acuáticos) para mitigar el calor y las inundaciones.

- Implementación de mejoras en la infraestructura, como suelos permeables para absorber el agua en caso de inundaciones, mejor aislamiento, sistemas avanzados de refrigeración y sistemas de alerta temprana frente a eventos meteorológicos extremos. Asimismo, las soluciones digitales (equipos deportivos inteligentes y programas en línea) ayudan a mantener la participación durante condiciones climáticas adversas.

Limitaciones y advertencias

- Los sistemas HVAC son grandes consumidores de energía, lo que convierte su operación y gestión eficientes en un aspecto clave tanto en construcciones nuevas como en proyectos de rehabilitación. Estos sistemas consumen buena parte de la energía en estos edificios, pero el uso de estrategias avanzadas de control y la modernización con equipos eficientes pueden reducir significativamente el consumo energético sin comprometer el confort térmico.
- Garantizar el mantenimiento continuo que necesitan estos equipos puede ser complejo, pues requiere del compromiso y la coordinación de distintas administraciones.
- La conversión de centros educativos en refugios climáticos exige una planificación técnica, logística y comunitaria rigurosa, así como garantizar previamente su adecuación estructural, energética y organizativa, y evitar situarlos en áreas expuestas a eventos extremos.
- Se recomienda establecer protocolos claros de uso en periodos no lectivos, asegurar la coordinación interinstitucional y prever recursos para mantenimiento y seguridad. Sin estas condiciones, la medida podría generar tensiones en la comunidad educativa y comprometer su efectividad.
- La conversión de las instalaciones deportivas en refugios climáticos implica una planificación técnica, logística y comunitaria rigurosa, así como garantizar previamente su adecuación estructural, energética y organizativa. Se deben establecer protocolos claros de asegurar la coordinación interinstitucional y prever recursos para mantenimiento y seguridad. Sin estas condiciones, la medida podría generar tensiones en la comunidad local y comprometer su efectividad.

Evidencia científica y referencias

Akkose, G., Akgul, C., & Dino, I. (2021). Educational building retrofit under climate change and urban heat island effect. *Journal of Building Engineering*, 40, 102294. <https://doi.org/10.1016/J.JOBE.2021.102294>



Baibak, D. (2022). Adaptation of sports and leisure complexes network in Ukrainian cities to climate change. *Modern Construction and Architecture*. <https://doi.org/10.31650/2786-6696-2022-2-9-19>

Cho, J., Heo, Y., & Moon, J. (2023). An intelligent HVAC control strategy for supplying comfortable and energy-efficient school environment. *Advanced Engineering Informatics*, 55, 101895. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2023.101895>

D'Agostino, D., Minelli, F., & Minichiello, F. (2025). HVAC system energy retrofit for a university lecture room considering private and public interests. *Energies*, 18(6), 1526. <https://doi.org/10.3390/en18061526>

Dingle, G. W., & Stewart, B. (2018). Playing the climate game: Climate change impacts, resilience and adaptation in the climate-dependent sport sector. *Managing Sport and Leisure*, 23(4–6), 293–310. <https://doi.org/10.1080/23750472.2018.1527715>

Dingle, G., Dickson, G., & Stewart, B. (2022). Major sport stadia, water resources and climate change: Impacts and adaptation. *European Sport Management Quarterly*, 23, 59–81. <https://doi.org/10.1080/16184742.2022.2092169>

Franco, A., Bartoli, C., Conti, P., Miserocchi, L., & Testi, D. (2021). Multi-objective optimization of HVAC operation for balancing energy use and occupant comfort in educational buildings. *Energies*, 14(10), 2847. <https://doi.org/10.3390/EN14102847>

Franco, A., Miserocchi, L., & Testi, D. (2021). HVAC energy saving strategies for public buildings based on heat pumps and demand controlled ventilation. *Energies*, 14(17), 5541. <https://doi.org/10.3390/en14175541>

Gallego Sánchez-Torija, J., Arranz, B., Oteiza, I., Alonso, C., & Martín-Consuegra, F. (2022). Evaluación del confort térmico y la calidad de aire en centros docentes públicos en Madrid. Estudio de tres casos durante un año. *Informes de la Construcción*, *74*(566), e456. <https://doi.org/10.3989/ic.87607>

Grand-Meyer, E., Ivanova, I., & Gras-Velázquez, A. (2025). Policy brief for ministries of education: nature-based climate shelters in schools. *Zenodo*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14966969>

Hosamo, H., Svennevig, P., Svidt, K., Han, D., & Nielsen, H. (2022). A digital twin predictive maintenance framework of air handling units based on automatic fault detection and diagnostics. *Energy and Buildings*, 266, 111988. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.111988>

Jia, L., Han, J., Chen, X., Li, Q., Lee, C., & Fung, Y. (2021). Interaction between thermal comfort, indoor air quality and ventilation energy consumption of educational buildings: A comprehensive review. *Buildings*, 11(12), 591. <https://doi.org/10.3390/buildings11120591>

Jindal, A., Kumar, N., & Rodrigues, J. (2018). A heuristic-based smart HVAC energy management scheme for university buildings. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 14(11), 5074–5086. <https://doi.org/10.1109/TII.2018.2802454>

Jurbala, P., & Mallen, C. (2020). Summer sport and climate change (pp. 126–139). <https://doi.org/10.4324/9781003003694-7>

Kellison, T., & Orr, M. (2020). Climate vulnerability as a catalyst for early stadium replacement. *International Journal of Sports Marketing and Sponsorship*. <https://doi.org/10.1108/ijms-04-2020-0076>

Lamberti, G., Salvadori, G., Leccese, F., Fantozzi, F., & Bluysen, P. (2021). Advancement on thermal comfort in educational buildings: Current issues and way forward. *Sustainability*, 13(18), 10315. <https://doi.org/10.3390/su131810315>



Lan, H., Hou, H., Gou, Z., Wong, M., & Wang, Z. (2023). Computer vision-based smart HVAC control system for university classroom in a subtropical climate. *Building and Environment*, 238, 110592. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110592>

Maiques, M., Tarragona, J., Gangoellés, M., & Casals, M. (2024). Energy implications of meeting indoor air quality and thermal comfort standards in Mediterranean schools using natural and mechanical ventilation strategies. *Energy and Buildings*, 304, 115076. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.115076>

Mallen, C., & Dingle, G. (2021). Organizing sport for climate related adaptations: Lessons from the water and forestry industries. *Sustainability*, 13(18), 10462. <https://doi.org/10.3390/su131810462>

Mallen, C., Dingle, G., & McRoberts, S. (2023). Climate impacts in sport: Extreme heat as a climate hazard and adaptation options. *Managing Sport and Leisure*, 30(2), 207–224. <https://doi.org/10.1080/23750472.2023.2166574>

Merema, B., Saelens, D., & Breesch, H. (2022). Demonstration of an MPC framework for all-air systems in non-residential buildings. *Building and Environment*, 207, 109053. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109053>

Miao, S., Gangoellés, M., & Tejedor, B. (2023). Data-driven model for predicting indoor air quality and thermal comfort levels in naturally ventilated educational buildings using easily accessible data for schools. *Journal of Building Engineering*, 78, 108001. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.108001>

Monge Barrio, A., (2023). Así adaptamos colegios y patios escolares a las olas de calor. *The Conversation*. <http://theconversation.com/asi-adaptamos-colegios-y-patios-escolares-a-las-olas-de-calor-215964>

Mura, R., Vicentini, F., & Portaluri, G. (2022). Managing climate crisis in the sport sector: New challenges and opportunities for sports organisations. En R. Culasso & M. Antonelli (Eds.), *Business under crisis*, Vol. I (pp. 93–108). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-76567-5_7

Naveed, M., & Jaradat, S. (2025). Energy efficiency in educational building: A case study of HVAC and lighting retrofits. *International Journal of Research Publication and Reviews*, 6(4), 1430. <https://doi.org/10.55248/gengpi.6.0425.1430>

Norouzi, P., Maalej, S., & Mora, R. (2023). Applicability of deep learning algorithms for predicting indoor temperatures: Towards the development of digital twin HVAC systems. *Buildings*, 13(6), 1542. <https://doi.org/10.3390/buildings13061542>

Orr, M., Inoue, Y., Seymour, R., & Dingle, G. (2022). Impacts of climate change on organized sport: A scoping review. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 13(3), e760. <https://doi.org/10.1002/wcc.760>

Sanz-Mas, M., Continente, X., Brugueras, S., Marí-Dell'Olmo, M., Oliveras, L., López, M.J., (2025). Evaluating the effect of green, blue, and grey measures for climate change adaptation on children's well-being in schoolyards in Barcelona. *Landsc. Urban Plan.* 253. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2024.105206>

Sekulova, F., Colacios, R., & Ruiz-Mallén, I. (2025). COOLSCHOOLS Policy recommendations on nature-based climate-adaptive schoolyards. *Zenodo*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15011549>

Tagliabue, L., Cecconi, F., Rinaldi, S., & Ciribini, A. (2021). Data driven indoor air quality prediction in educational facilities based on IoT network. *Energy and Buildings*, 236, 110782. <https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2021.110782>



Ubalde, M., 2023. Taking Care of Children During Heat Waves: What Can Schools Do? ISGLOBAL - Barc. Inst. Glob. Health. URL <https://www.isglobal.org/healthisglobal/-/custom-blog-portlet/ninos-y-olas-de-calor-que-se-puede-hacer-en-las-escuelas->

Werner, K. (2024). The need to (climate) adapt: Perceptions of German sports event planners on the imperative to address climate change. *Frontiers in Sports and Active Living*, 6, 1505372. <https://doi.org/10.3389/fspor.2024.1505372>

Xie, D., Yu, L., Jiang, T., & Zou, Y. (2018). Distributed energy optimization for HVAC systems in university campus buildings. *IEEE Access*, 6, 59141–59151. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2872589>

Xiong, D., Cheng, K., & Chen, J. (2023). Climate-adaptive design strategies of sports stadia in a hot summer and cold winter zone: A case study of Nanjing. *Buildings*, 13(9), 2238. <https://doi.org/10.3390/buildings13092238>

Zhang, Q., Luo, L., Guan, X., Cao, Y., Lin, Y., & Xiong, Y. (2025). Risk aversion or adaptation? Public choices in sports participation under climate risks. *Frontiers in Public Health*, 13, 1578845. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1578845>

Baró, F., Camacho, D.A., Perez del Pulgar, C., Ruiz-Mallén, I., García-Serrano, P. (2022). Nature-Based Climate Solutions in European Schools: A Pioneering Co-designed Strategy Towards Urban Resilience. In: Ruiz-Mallén, I., March, H., Satorras, M. (eds) *Urban Resilience to the Climate Emergency*. The Urban Book Series. Springer, Cham.

Blanc, N., Clauzel, C., About, C., Riché, A.L, Gippet, M., Bortolamiol, S. (2025) Schoolyards greening for connecting people and nature: an example of nature-based solutions? *npj Urban Sustain* 5, 64.

d. POLIVALENTE

3.d.1. Fortalecer la resiliencia sanitaria ante olas de calor y crear un censo de personas vulnerables

Descripción de la propuesta

La propuesta plantea una estrategia integral para reforzar la resiliencia del sistema sanitario ante olas de calor extremas, mediante la adaptación de infraestructuras, reorganización de recursos humanos, y protección de poblaciones vulnerables. Este tipo de fenómenos incrementa el riesgo, entre otros, de golpes de calor, deshidratación severa, agravamiento de patologías respiratorias, cardiovasculares y renales, y cáncer de piel. Se propone implementar planes de emergencia específicos en hospitales, residencias de mayores y centros de día, incluyendo protocolos operativos, triaje eficiente, y coordinación con refugios climáticos, para garantizar la continuidad asistencial incluso en condiciones críticas de temperatura.

Se destaca la necesidad de crear un censo priorizado de alta vulnerabilidad al calor, combinando datos sanitarios, sociosanitarios, habitacionales y climáticos, respetando la legislación de protección de datos. Este censo permitiría identificar y contactar rápidamente a personas en riesgo (mayores, enfermos crónicos,



personas sin hogar etc.), utilizando dispositivos de teleasistencia para enviar alertas, para facilitar su evacuación a espacios climatizados.

Además, se propone la reorganización de recursos humanos sociosanitarios durante los meses de verano, anticipando el aumento de la demanda asistencial y la posible ausencia de profesionales por vacaciones. También se incluyen medidas como la telerrehabilitación, la monitorización remota y el despliegue de unidades móviles de rehabilitación en zonas rurales afectadas.

Esta medida plantearía una reducción de la mortalidad y morbilidad asociada al calor extremo, la mejora de la capacidad de respuesta del sistema sanitario y asistencial, una mayor protección efectiva de colectivos vulnerable y una mejor coordinación interinstitucional para la gestión de emergencias climáticas.

Limitaciones y advertencias

1. La efectividad del sistema de alerta depende de la cooperación fluida entre las agencias meteorológicas y los servicios sanitarios y sociales autonómicos.
2. La adaptación y mantenimiento de la resiliencia hospitalaria y asistencial requiere un flujo de inversión estable.
3. Se recomienda que los sistemas de monitorización a distancia y telerrehabilitación prevean mecanismos para evitar que la brecha digital excluya a la población más anciana, con menos recursos o en situación administrativa irregular.
4. Las muertes atribuidas a calor moderado, no solo extremo, también son significativas.

Evidencia científica y referencias

Achebak, H., Rey, G., Chen, Z.-Y., Lloyd, S. J., Quijal-Zamorano, M., Méndez-Turrubiates, R. F., & Ballester, J. (2024). Heat exposure and cause-specific hospital admissions in Spain: A nationwide cross-sectional study. *Environmental Health Perspectives*, 132(5), 1–11. doi: 10.1289/EHP13254.

Ballester, J., Quijal-Zamorano, M., Méndez-Turrubiates, R. F., et al. (2023). Heat-related mortality in Europe during the summer of 2022. *Nature Medicine*, 29(7), 1857–1866, <https://doi.org/10.1038/s41591-023-02419-Z>.

Bobb, J. F., Obermeyer, Z., Wang, Y., et al. (2014). Cause-specific risk of hospital admission related to extreme heat in older adults. *JAMA*, 312(24), 2659–2667, doi: [10.1001/jama.2014.15715](https://doi.org/10.1001/jama.2014.15715).

Brooks, K., Landeg, O., Kovats, S., Sewell, M., & O'Connell, E. (2023). Heatwaves, hospitals and health system resilience in England: A qualitative assessment of frontline perspectives from the hot summer of 2019. *BMJ Open*, 13(3), e068298, doi: 10.1136/bmjopen-2022-068298.

Park, J., Kim, A., Kim, Y., et al. (2024). Association between heat and hospital admissions in people with disabilities in South Korea: A nationwide, case-crossover study. *The Lancet Planetary Health*, 8(4), e217–e224, DOI: [10.1016/S2542-5196\(24\)00027-5](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(24)00027-5).



Tobías, A., Íñiguez, C., & Royé, D. (2025). *Mortalidad atribuible al calor en España durante el verano de 2025*. *Gaceta Sanitaria*, 39, 102530. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2025.102530>

De Gea Grela, P., Sánchez-González, D., & Gallardo Peralta, L. P. (2024). Urban and Rural Environments and Their Implications for Older Adults' Adaptation to Heat Waves: A Systematic Review. *Land*, 13(9), 1378. <https://doi.org/10.3390/land13091378>.

Zimmermann, M., et al. (2024). Building climate-resilient health systems: WHO operational framework. *World Health Organization*. <https://www.who.int/publications/i/item/operational-framework-for-building-climate-resilient-health-systems>.

EEA. (2024). The impact of heat on health: Surveillances and preparedness (Web report No. 20-2024), <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/the-impacts-of-heat-on-health>.

EEA. (2022). Climate change impacts and vulnerability in Europe 2022. European Environment Agency. <https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/climate-change-impacts-risks-and-adaptation>.

IPCC. (2022). Climate Change 2022: Impacts, adaptation, and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>

Sanchez Martinez, G., de'Donato, F., & Kendrovski, V. (Eds.) (2021). Heat and health in the WHO European Region: updated evidence for effective prevention. World Health Organization Regional Office for Europe. https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/245310872/Heat_and_Health_WHO_UNEP_DTU_2021.pdf

Sánchez Martínez, G., Kendrovski, V., Salazar, M. A., De'Donato, F., & Boeckmann, M. (2022). Heat-health action planning in the WHO European Region: Status and policy implications. *Environmental Research*, 214(1), 113709. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113709>

Linares, C., Díaz, J., Negev, M., Martínez, G. S., De'Donato, F., et al. (2020). Impacts of climate change on the public health system in Spain: Adaptation strategies. *Environmental Research*, 182, 109086. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109086>

de Freitas Sampaio, J., & Pauvret, T. (2025). Nexus of vulnerabilities and rise of urban necropolitics: susceptibility to heat stress and difficulties accessing healthcare, a study of the living conditions of immigrants in Paris. *Climate and Development*, 1–13. <https://doi.org/10.1080/17565529.2025.2551957>.

Kabisch, N., Korn, H., Stadler, J., & Bonn, A. (Eds.). (2017). Nature-based solutions to climate change adaptation in urban areas: Linkages between science, policy and practice. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-56091-5>

IEA. (2021). The future of cooling in a changing climate. International Energy Agency. <https://www.iea.org/reports/the-future-of-cooling>

JRC. (2025). Urban heat islands: Managing extreme heat to keep cities cool. Joint Research Centre, European Commission. https://joint-research-centre.ec.europa.eu/publications/urban-heat-islands-managing-extreme-heat-keep-cities-cool_en

3.d.2. Desarrollar un sistema integral de mapeo y monitorización de calor extremo, y fortalecer la alerta temprana de calor con enfoque biometeorológico y comunicación adaptada

Descripción de la propuesta



La propuesta busca proteger la salud pública frente a riesgos derivados del calor extremo mediante un marco integral que articule el diagnóstico científico y la alerta temprana. La combinación de recursos existentes con otros en desarrollo permitiría un salto cualitativo hacia un sistema de monitorización y alerta temprana más robusto, equitativo y ajustado a la realidad territorial, reforzando la capacidad de anticipación frente a episodios de calor extremo y mejorando la protección de la ciudadanía.

Acciones clave:

1. Monitorización y alerta reforzada: integrar y combinar la información de la aplicación MACE (Mortalidad Atribuible al Calor en España), en funcionamiento desde el 2023, y el Atlas de los Determinantes Sociales de la Salud en España (ATLASDSS), actualmente en desarrollo, como sistemas complementarios de vigilancia en salud pública para monitorizar y anticipar escenarios de riesgo. Se debe ampliar el sistema MoMo (ISCI) basado en el Índice Kairós (que tiene en cuenta sexo, grupo de edad y fecha, para cada CCAA y provincia) incorporando indicadores de salud mental y laboral (estrés térmico, absentismo, accidentes), permitiendo respuestas más rápidas y precisas. Se propone, además, desplegar un sistema de vigilancia sanitaria en zonas rurales durante las campañas agrícolas, con unidades móviles de salud. Asimismo, se recomienda incorporar en estos mapas la monitorización de contaminantes atmosféricos, dado que la concentración de algunos de ellos presenta correlaciones positivas con episodios de calor extremo.
2. Diagnóstico y cartografía multidimensional: Crear un mapa multidimensional de vulnerabilidad al calor que integre factores fisiológicos (edad, enfermedades), condiciones de vivienda (ineficiencia térmica, falta de refrigeración), y restricciones socioeconómicas (pobreza energética) y contaminación atmosférica. Es conveniente que esta cartografía sea de alta resolución para identificar el patrón de sobrecalentamiento urbano (efecto isla de calor) y áreas críticas, utilizando el Índice de Vulnerabilidad al Calor (HVI) y el Índice de Vulnerabilidad Social (IVS). Se propone desarrollar iniciativas similares a PIMA Adapta costas o al Índice de Vulnerabilidad al Cambio Climático (IVAC) del Área Metropolitana de Barcelona para financiar estos estudios en todas las CCAA.

Además, se pretende una transformación integral del actual Sistema de Alerta Temprana (SAT) de calor, superando la "falacia ecológica" para ofrecer una protección efectiva a nivel individual y poblacional. La medida central es la transición a un enfoque biometeorológico. Esto implica reemplazar las alertas basadas únicamente en la temperatura por sistemas que utilizan índices de confort térmico que incluyen variables críticas como la humedad y el viento. El objetivo es emitir una alerta personalizada e individualizada que defina la vulnerabilidad a nivel de individuo, considerando sus patologías previas y comorbilidades.



Para mejorar el indicador de alerta, se propone utilizar las temperaturas percibidas (con diferentes índices) e incluir los datos nocturnos, realizándolas de manera individualizada por grupos de riesgo y áreas. Estas alertas deben coordinarse con los sistemas de salud de las comunidades autónomas y no solo desde las agencias meteorológicas. Se recomienda dar soporte al desarrollo y expansión de herramientas operacionales como *Forecaster.health* para incluir humedad (con índices como WBGT) y, con investigación adicional, combinar los efectos de la contaminación atmosférica con los extremos de temperatura y otros determinantes sociales de la salud.

Una segunda línea de acción es establecer una comunicación efectiva y accesible. Es conveniente que la información llegue a tiempo, utilice múltiples canales (medios tradicionales, redes sociales, sistemas de alerta móvil) y esté adaptada al lenguaje de cada grupo social. Se recomienda traducir el mensaje en consejos prácticos que indiquen qué hacer y dónde acudir, y que estén disponibles en diferentes idiomas. Además, se implementará un protocolo para turistas extranjeros (cuya realidad de riesgo es a menudo infraestimada), donde el nivel de aviso más bajo (amarillo) active una alerta en su terminal con un enlace a una web que geocalice los refugios climáticos más cercanos disponibles y abiertos. Esta función de geocalización también se incorporará a las alertas de nivel rojo para la ciudadanía española.

Impactos esperados: Reducción significativa de la morbilidad y mortalidad durante las olas de calor, mejora de la coherencia territorial y de la legitimidad social de las políticas, y construcción de territorios más resilientes y equitativos.

Limitaciones y advertencias

1. La integración de datos sanitarios individuales (patologías y comorbilidades) para generar alertas personalizadas requiere abordar desafíos significativos en la protección de datos (RGPD) y establecer marcos de colaboración sólidos entre las agencias meteorológicas y los sistemas de salud.
2. La implementación del sistema *Forecaster.health* para combinar los efectos de la contaminación atmosférica con los extremos de temperatura aún requiere cierto grado de investigación y soporte.

Existe el riesgo de fatiga de alerta en la población si los mecanismos de comunicación multicanal e hiperdirigidos no se diseñan con sencillez, claridad y precisión. Para mitigar este riesgo, se recomienda que las alertas se emitan desde el sistema de salud y estén altamente personalizadas, considerando tanto las condiciones de salud de cada persona como las características de su vivienda.



3. La coordinación entre las agencias meteorológicas y los sistemas de salud de las CCAA, que es fundamental para este enfoque, exige un cambio institucional y una asignación de recursos considerables.
4. Es recomendable asegurar la formación adecuada del personal sanitario y la difusión efectiva de recomendaciones prácticas, lo cual requiere inversión sostenida.
5. La cartografía de alta resolución y los modelos predictivos requieren inversión inicial en tecnología (IA, satélites).

El éxito de la medida requiere una fuerte coordinación entre las comunidades autónomas y la Administración General del Estado. En ese sentido el ATLASDSS ya cuenta con un respaldo institucional amplio a escala local, autonómica y nacional, lo que garantiza su viabilidad, alineación estratégica y potencial de integración dentro de los sistemas de vigilancia y alerta existentes.

6. Esta medida requiere ser integrada en la propuesta 8.a.1., más amplia y de mayor alcance, con el fin de evitar duplicidades metodológicas, inconsistencias en los flujos de datos y pérdida de eficacia en la capacidad de anticipación.

Evidencia científica y referencias

Åström, D. O., Tornevi, A., Ebi, K. L., Rocklöv, J., & Forsberg, B. (2016). *Evolution of minimum mortality temperature in Stockholm, Sweden, 1901–2009*. *Environmental Health Perspectives*, 124(6), 740–744. <https://doi.org/10.1289/ehp.1409558>

Baldwin, J. W., Benmarhnia, T., Ebi, K. L., Lutsko, N. J., & Vanos, J. K. (2023). Humidity's role in heat-related health outcomes: A heated debate. *Environmental Health Perspectives*, 131(5), 055001. <https://doi.org/10.1289/EHP11807>

Brimicombe, C., Runkle, J. D., Tuholske, C., Domeisen, D. I., Gao, C., Toftum, J., & Otto, I. M. (2024). Preventing heat-related deaths: the urgent need for a global early warning system for heat. *PLoS Climate*, 3(7), e0000437. <https://doi.org/10.1371/journal.pclm.0000437>

Carmona, R., Díaz, J., Mirón, I. J., Ortiz, C., Luna, M. Y., & Linares, C. (2016). *Mortality attributable to extreme temperatures in Spain: A comparative analysis by city*. *Environment International*, 91, 22–28. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.02.018>

Díaz Jiménez, J., Linares Gil, C., Tobías, A., & Carmona, R. (2005). *Impacto de las temperaturas extremas en la salud pública: futuras actuaciones*. *Revista Española de Salud Pública*, 79(2), 145–157. <https://doi.org/10.1590/S1135-57272005000200004>

Kunst, A. E., Looman, C. W. N., & Mackenbach, J. P. (1993). *Outdoor air temperature and mortality in The Netherlands: a time series analysis*. *American Journal of Epidemiology*, 137(3), 331–341. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a116666>

López-Bueno, J. A., Díaz, J., Follos, F., Vellón, J. M., Navas, M. A., Culqui, D., Luna, M. Y., Sánchez-Martínez, G., & Linares, C. (2021). *Evolution of the threshold temperature definition of a heat wave vs. evolution of the minimum mortality temperature: a case study in Spain during the 1983–2018 period*. *Environmental Sciences Europe*, 33(1). <https://doi.org/10.1186/s12302-021-00542-7>



Li, Ying; Odamne, Emmanuel A.; Silver, Ken; and Zheng, Shimin. 2017. Comparing Urban and Rural Vulnerability to Heat-Related Mortality: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Global Epidemiology and Environmental Health*. <https://doi.org/10.29199/GEEH.101016>

Matthews, T. K., Wilby, R. L., & Murphy, C. (2017). Communicating the deadly consequences of global warming for human heat stress. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(15), 3861-3866. <https://doi.org/10.1073/pnas.1617526114>

Plan Nacional de Actuaciones Preventivas de los efectos del exceso de temperaturas sobre la salud de 2025 de España. (2025). *Plan Nacional de Actuaciones Preventivas de los efectos del exceso de temperaturas sobre la salud*.

Sáez, M., Sunyer, J., Castellsagué, J., Murillo, C., & Antó, J. M. (1995). *Relationship between weather temperature and mortality: a time series analysis approach in Barcelona*. *International Journal of Epidemiology*, 24(3), 576–582. <https://doi.org/10.1093/ije/24.3.576>

Wu, X., Wang, J., Ge, Y. et al. Future heat-related mortality in Europe driven by compound day-night heatwaves and demographic shifts. *Nat Commun* 16, 7420 (2025). <https://doi.org/10.1038/s41467-025-62871-y>

Pantavou, K., Fillon, A., Li, L. et al. Thermal indices for assessing the impact of outdoor thermal environments on human health: a systematic review of epidemiological studies. *Int J Biometeorol* 69, 1843–1866 (2025). <https://doi.org/10.1007/s00484-025-02948-x>

Satterthwaite, D., Archer, D., Colenbrander, S., Dodman, D., Hardoy, J., Mitlin, D., & Patel, S. (2020). Building resilience to climate change in informal settlements. *One Earth*, 2(2), 143-156. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.02.002>

Stewart, I. D., & Oke, T. R. (2012). Local climate zones for urban temperature studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93(12), 1879–1900. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>

Voogt, J. A., & Oke, T. R. (2003). Thermal remote sensing of urban climates. *Remote Sensing of Environment*, 86(3), 370–384.

Solano D, Solans M, Perafita X, Ruiz-Comellas A, Saez M, Barceló MA. A spatiotemporal Bayesian hierarchical model of heat-related mortality in Catalonia, Spain (2012--2022): The role of environmental and socioeconomic modifiers [Internet]. arXiv; 2025 (cited 2025 Nov 24). Available from: <http://arxiv.org/abs/2511.17148>

Daponte-Codina A, Cabrera-León A, Mateo-Rodríguez I, Campoy F, Perafita X, Saez M, Barceló MA, et al. Atlas de los determinantes sociales de la salud en España. Evolución y variabilidad entre Comunidades Autónomas. Granada: Escuela Andaluza de Salud Pública; 2023.

Forecast.Health. <https://forecaster.health>

PIMA Adapta Costas. <https://visors.icgc.cat/PIMA-AdaptaCostas/#7.51/41.731/1.513>



EJE 4: Establecer un sistema de ayudas económicas, incentivos fiscales y servicios reforzados en el mundo rural para potenciar su poblamiento, robustecer su contribución a la protección y restauración de la naturaleza, y favorecer su adaptación a los diferentes escenarios que plantea el cambio climático

a. PREVENCIÓN

4.a.1. Reforzar las infraestructuras críticas y los servicios clave para la resiliencia climática del medio rural

Descripción de la propuesta

La despoblación y el deterioro de los servicios básicos en el medio rural han generado una situación crítica: territorios con un papel estratégico en la protección ambiental y climática se encuentran debilitados, sin capacidad para sostener a sus comunidades ni para ejercer plenamente su función como garantes de servicios ecosistémicos. Cuando el territorio rural carece de infraestructuras adecuadas —como sanidad, educación, conectividad digital o vivienda digna—, se produce un círculo vicioso de abandono, envejecimiento poblacional y pérdida de actividad económica, que compromete tanto la seguridad alimentaria como la resiliencia climática del país.

La revitalización de estas infraestructuras no es solo una cuestión de equidad territorial, sino una condición estructural para la adaptación al cambio climático. Un territorio rural activo, con servicios públicos funcionales y comunidades empoderadas, puede:

- Prevenir incendios forestales mediante el uso sostenible del monte y la gestión agroforestal.
- Conservar la biodiversidad y los paisajes en mosaico que interrumpen la continuidad del combustible vegetal.
- Capturar carbono en suelos vivos y ecosistemas restaurados.



- Regular el ciclo del agua, reduciendo el riesgo de inundaciones y sequías.
- Actuar como nodo logístico y social en situaciones de emergencia climática.

Además, la mejora de servicios básicos permite atraer y fijar población joven, fomentar el teletrabajo, impulsar el emprendimiento verde y garantizar que las inversiones en transición ecológica se traduzcan en beneficios reales para las comunidades locales. Sin médicos, escuelas, transporte público o conexión a internet, las subvenciones y proyectos climáticos pierden eficacia y legitimidad.

Por ello, esta propuesta plantea una estrategia integral que refuerce los pilares de la vida rural —salud, educación, transporte, digitalización, vivienda, energía y empleo— y promueva una gobernanza territorial adaptativa, participativa y resiliente. Solo con territorios vivos y cuidados será posible afrontar los desafíos climáticos de forma justa, eficaz y duradera.

Salud

1. Mejora de la infraestructura sanitaria en zonas rurales, adaptada a las características culturales y geográficas de cada comunidad. Impulso de la telemedicina mediante conectividad digital adecuada.
2. Formación y redes de apoyo para profesionales sanitarios rurales.
3. Participación comunitaria en el desarrollo de servicios de salud, fortaleciendo el tejido social.

Educación

1. Mantenimiento de escuelas rurales y oferta de actividades complementarias para evitar la migración de familias.
2. Formación en sostenibilidad, bioeconomía y gestión del agua a través de Centros Rurales de Innovación Climática, garantizando la participación paritaria y activa de personas mayores y mujeres del lugar en su gestión y operación, y la valoración de sus conocimientos del contexto local.

Digitalización

1. Mejora de la conectividad digital como condición para el teletrabajo, el emprendimiento y el acceso a servicios.
2. Desarrollo de infraestructuras para nómadas digitales y jóvenes emprendedores.
3. Promoción del modelo de *coliving* rural y de la Red de Espacios Rurales Inteligentes.

Energía



1. Acceso garantizado a fuentes de energía distribuida renovable y al autoconsumo.
2. Impulso de proyectos de biomasa como fuente energética local, con apoyo técnico y logístico (y bioetanol para autoconsumo para tractores, con cultivos que formen parte de las rotaciones en las fincas).

Empleo y economía rural

1. Fomento del empleo verde vinculado a la restauración ambiental, energías limpias y gestión sostenible del paisaje.
2. Apoyo a cooperativas rurales y proyectos de economía circular.
3. Puesta en marcha y recuperación de infraestructuras locales para el sector agroganadero y forestal (mataderos, aserraderos, obradores).
4. Programas de formación y apoyo para promover el relevo generacional en negocios rurales, integrando a personas jóvenes emprendedores y potenciando su sostenibilidad, innovación y competitividad. Estos programas buscan evitar el cierre de negocios rurales viables que aportan valor al territorio, cuando sus actuales impulsores se retiran y no existe relevo que garantice su continuidad. Al mismo tiempo, representan una oportunidad para atraer y fijar población joven en el medio rural, brindándoles la posibilidad de dar un nuevo impulso a estos negocios mediante la mejora de su sostenibilidad ambiental, su capacidad innovadora y su competitividad.
5. Apoyo y organización logística con la puesta en marcha de *food hubs* o centros logísticos compartidos, infraestructuras claves para mejorar la viabilidad del sector productivo a través del apoyo a sectores agrarios. Estos centros sirven como forma de apoyar la oferta agregada, la eficiencia logística, la formación, etc.
6. Soporte de la transformación alimentaria compartida (obradores compartidos), que reducen el coste de transformación y permiten retener mayor valor añadido, algo que juega en beneficio de las comunidades rurales dedicadas a la producción agrícola.

Conservación del territorio

1. Incorporar y reforzar servicios de cuidados socioambientales como infraestructura esencial y crítica en la planificación de la transición justa, para reducir la sobrecarga de cuidados sobre las mujeres en los territorios afectados (TJC, 2023; Shiva, 2016; Mies, 2014; Pearse, 2017; UN Women, 2022).
2. Establecer la figura de profesionales cuidadores del territorio (“centinelas ambientales”) como parte de la infraestructura climática, garantizando participación paritaria y activa de mujeres rurales del lugar en su gestión y operación (Herrero & Gago, 2023; Shiva, 2016).
3. Apoyo en la gestión colectiva de residuos agrícolas, urbanos o metropolitanos: compostaje comunitario, recogida puerta a puerta,



gestión diferenciada para compostaje desde los municipios, etc. Esto implica la promoción y planificación de la gestión de residuos orgánicos con una óptica de recirculación hacia los agroecosistemas.

Turismo rural en zonas despobladas

El turismo rural puede ser una herramienta eficaz para la regeneración de zonas despobladas, contribuyendo a la diversificación económica y a la conservación del medio ambiente:

1. Desarrollo de infraestructuras sostenibles: Incentivar la construcción y renovación de alojamientos y servicios turísticos utilizando materiales sostenibles y energías renovables.
2. Promoción de productos turísticos locales: Fomentar la creación de productos turísticos que destaquen los recursos naturales, culturales y gastronómicos locales.
3. Capacitación y apoyo a emprendedores locales: Ofrecer formación y apoyo a emprendedores locales para el desarrollo de iniciativas turísticas sostenibles.

Gobernanza territorial

1. Coordinación entre administraciones públicas, sector agrario, salud pública y protección civil.
2. Participación ciudadana en la planificación territorial y en el seguimiento ambiental.
3. Apoyo estructural a municipios rurales para impulsar corredores agroforestales y cinturones verdes periurbanos.

Mecanismos de implementación:

1. Coordinación interministerial entre MITECO, Ministerio de Sanidad, Ministerio de Educación, Ministerio de Agricultura y Ministerio de Asuntos Económicos.
2. Integración en los planes nacionales de adaptación, transición energética y desarrollo rural.
3. Financiación mediante fondos europeos (FEDER, PAC, Pacto Rural, Fondo Social Europeo Plus -FSE+-, Fondo de Transición Justa) y presupuestos autonómicos.

Ámbito: Nacional, con prioridad en zonas rurales en riesgo de despoblación y alta exposición climática.

Sectores implicados: Infraestructuras, sanidad, educación, energía, agricultura, ganadería, forestal, desarrollo rural, cambio climático.



Actores clave: Ministerios de Transición Ecológica, Agricultura, Transportes, Sanidad y Educación; comunidades autónomas; diputaciones; ayuntamientos rurales; cooperativas; asociaciones de mujeres rurales; plataformas de innovación social.

Limitaciones y advertencias

La mejora de servicios básicos requiere planificación territorial, financiación estable y voluntad política. Es fundamental evitar la fragmentación institucional, garantizar la equidad territorial y asegurar que las inversiones respondan a las necesidades reales de las comunidades rurales.

Además, en cuanto al turismo rural, presenta riesgos de estacionalidad, fuga de rentas y precarización laboral si la demanda se concentra y el valor añadido se externaliza (p. ej., plataformas). Sin límites de capacidad de carga y gestión hídrico-ambiental, puede aumentar la presión sobre agua, residuos y biodiversidad, así como la huella de transporte. Las ayudas pueden generar dependencia y desplazamiento residencial (gentrificación rural) sin salvaguardas. Se requiere gobernanza local, evaluación ambiental estratégica y seguimiento de indicadores (empleo, agua, residuos, vivienda) para prevenir efectos no deseados. Conflictos de interés, y otros impactos.

Evidencia científica y referencias

La literatura científica y técnica destaca que:

- La resiliencia climática requiere territorios vivos y poblados, no espacios vacíos colonizados por infraestructuras (Esparcia, 2019).
- El refuerzo de servicios básicos es condición necesaria para la fijación de población y la prevención de incendios (Fundación Pau Costa, 2023).
- La inversión en infraestructuras rurales genera un efecto multiplicador en empleo y cohesión territorial, especialmente si se vincula a la transición agroecológica (Rivera-Ferre et al., 2023; Verkuil et al., 2024).

Esparcia, J. (2019). *La resiliencia territorial frente al cambio climático*.

Alamá-Sabater, L., Budí, V., Roig-Tierno, N., García-Álvarez-Coque, J.M., 2021. Drivers of depopulation and spatial interdependence in a regional context. *Cities* 114, 103217. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2021.103217>

García Fernández, C., Peek, D., 2023. Connecting the Smart Village: A Switch towards Smart and Sustainable Rural-Urban Linkages in Spain. *Land* 12, 822. <https://doi.org/10.3390/land12040822>

López-García, D., García-García, J., García-García, V., Rada-Sereno, O., Vázquez-Macías, G., 2025. What is transformative in participatory approaches to territorial agroecological transitions? A systematization of five case studies in Spain. *Agroecol. Sustain. Food Syst.* 49, 1177–1215. <https://doi.org/10.1080/21683565.2025.2456946>



Loras-Gimeno, D., Díaz-Lanchas, J., Gómez-Bengoechea, G., 2025. Rural depopulation in the 21st century: A systematic review of policy assessments. *Reg. Sci. Policy Pract.* 17, 100176. <https://doi.org/10.1016/j.rspp.2025.100176>

Martínez-Carrasco Pleite, F., Colino Sueiras, J., 2024. Rural Depopulation in Spain: A Delphi Analysis on the Need for the Reorientation of Public Policies. *Agriculture* 14, 295. <https://doi.org/10.3390/agriculture14020295>

Meneses, G.A.C., Cortijo, M.C.G., Valero, J.S.C., Monteagudo, I.C., 2025. Keys to mitigating rural depopulation. The case of Castilla-La Mancha (Spain). <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-6972099/v1>

Moreno, M., Bertolín, C., Arlanzón, D., Ortiz, P., Ortiz, R., 2023. Climate change, large fires, and cultural landscapes in the mediterranean basin: An analysis in southern Spain. *Heliyon* 9, e16941. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16941>

Newman Thacker, F.E., Bartholomeus, H., Rosell Ibarz, M., Llorc Marín, J., Stoof, C.R., 2025. Characterising land cover—wildfire interactions in Catalonia and their implications for resilience. *Fire Ecol.* 21, 31. <https://doi.org/10.1186/s42408-025-00372-5>

Rodríguez-Álvarez, J., Casares-Gallego, M.A., López-Bahut, E., Santos Vázquez, M. de los Á., Seoane Prado, H., Rocamonde-Lourido, J., 2024. An Integrated Planning Methodology for a Just Climatic Transition in Rural Settlements. *Buildings* 14, 4036. <https://doi.org/10.3390/buildings14124036>

San-Martín González, E., Soler-Vaya, F., 2024. Depopulation determinants of small rural municipalities in the Valencia Region (Spain). *J. Rural Stud.* 110, 103369. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2024.103369>

Wolpert, F., Quintas-Soriano, C., Pulido, F., Huntsinger, L., Plieninger, T., 2022. Collaborative agroforestry to mitigate wildfires in Extremadura, Spain: land manager motivations and perceptions of outcomes, benefits, and policy needs. *Agrofor. Syst.* 96, 1135–1149. <https://doi.org/10.1007/s10457-022-00771-6>

Donadei et al. El papel de la vivienda en la revitalización de ámbitos rurales en situación de declive demográfico. Identificación de Buenas Prácticas en España. *Hábitat y sociedad*, ISSN-e 2173-125X, Nº. 16, 2023, págs. 191-227.

Ocsko E. et al. Preparatory Action – Smart Rural Areas in the 21st Century – Final Report. Directorate-General for Agriculture & Rural Development. European Commission, Brussels, 2023.

Ministerio para la Transición Ecológica y Reto demográfico. Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030. Madrid, 20 enero 2020.

Moglia, M.; Hopkins, J.; Bardoel, A. Telework, Hybrid Work and the United Nation's Sustainable Development Goals: Towards Policy Coherence. *Sustainability* 2021, 13, 9222

IPCC, 2022: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., doi:10.1017/9781009325844.

Directrices de la OMS sobre el desarrollo, la captación, la contratación y la retención del personal de salud en las zonas rurales y remotas. World Health Organization; Ginebra, 2021. ISBN-13: 978-92-4-003648-2.

Sustainable Development and Rural Tourism in Depopulated Areas (España) López-Sanz, J. M., Penelas-Leguía, A., Gutiérrez-Rodríguez, P., & Cuesta-Valiño, P. (2021). *Land*, 10(9), 985. <https://www.mdpi.com/2073-445X/10/9/985>



An ecological perspective for analysing rural depopulation and abandonment. Lloret, F., Escudero, A., Valladares, F., et al. (2024). *People and Nature*, 6(2), 490-506. <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/pan3.10606>

Yayo Herrero y Verónica Gago (2023). *Ecofeminismos. La sostenibilidad de la vida*. *Comillas Journal of International Relations*, ISSN 2386-5776, Nº. 28, 2023 (Ejemplar dedicado a: Perspectives, Areas and Challenges around the 2030 Agenda in the Post-Pandemic Context; IV-V), págs. 118-119

Akkerman, R., & Cruijssen, F. (2024). Food Loss, Food Waste, and Sustainability in Food Supply Chains. In Y. Bouchery, C. J. Corbett, J. C. Fransoo, & T. Tan (Eds.), *Sustainable Supply Chains*. Springer.

Berti, G., and C. Mulligan. (2016). Competitiveness of small farms and innovative food supply chains: The role of food hubs in creating sustainable regional and local food systems. *Sustainability* 8 (7):616.

Fernández-Casal, L., & Pinedo-Gil, J. (2023). Fostering the Urban food System transformation through Innovative Living Labs Implementation. Deliverable 1.9: Evaluation Framework WP1 Task 1.5.

Fresco, L. O. (2023). Science and Innovations for Food Systems Transformation. In *Science and Innovations for Food Systems Transformation*.

Ioannis, M., George, M., & Socrates, M. (2019). A community-based Agro-Food Hub model for sustainable farming. *Sustainability (Switzerland)*, 11(4).

Mattijssen, T. J. M., Buse, C., Ciravegna, E., Meulman, F., Polman, N., Dijkshoorn-Dekker, M., Eriksen, N. A., Høyrup, J. F. C., Nicolaisen, L., Kristensen, N. H., Hansen, S. R., Ørneborg, B. F., Juhl, P. A., Garvey, C. H., & Khatri, P. (2024). The scalability of urban food systems - innovations lessons learnt in 11 European cities Food Trails project, Deliverable 6.2. Wageningen Economic Research.

Poças Ribeiro, A., Harmsen, R., Feola, G., Rosales Carréon, J., & Worrell, E. (2020). Organising Alternative Food Networks (AFNs): Challenges and Facilitating Conditions of different AFN types in three EU countries. *Sociologia Ruralis*.

Sala, S., Anton, A., McLaren, S. J., Notarnicola, B., Saouter, E., & Sonesson, U. (2017). In quest of reducing the environmental impacts of food production and consumption. *Journal of Cleaner Production*, 140, 387–398.

4.a.2. Impulsar la movilidad sostenible y equitativa en territorios rurales mediante transporte a demanda y soluciones de movilidad compartida

Descripción de la propuesta

El Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible impulsará el acceso a una movilidad sostenible, asequible y equitativa en los territorios rurales y periurbanos vulnerables mediante la implantación de servicios de transporte a demanda y de movilidad compartida adaptados a sus características demográficas y territoriales.

La medida promoverá la colaboración entre administraciones estatales, autonómicas y locales para extender estos servicios allí donde no existan o resulten insuficientes, incorporando medidas como modelos innovadores de



movilidad a la demanda y movilidad compartida, como el taxi o coche compartido y el alquiler público de bicicletas eléctricas, con el fin de reducir la pobreza de transporte, mejorar la accesibilidad a servicios esenciales y disminuir la dependencia del vehículo privado en entornos de baja densidad.

Limitaciones y advertencias

Las principales limitaciones derivan de la viabilidad operativa y financiera en contextos de muy baja densidad: la demanda irregular eleva costes por pasajero-km y puede comprometer la continuidad del servicio sin subsidios estables y métricas de desempeño claras. La coordinación multinivel y la integración tarifaria/tecnológica (reservas, pagos, información en tiempo real) son críticas; de lo contrario, proliferan soluciones fragmentadas y poco fiables. Existen riesgos de exclusión por brecha digital, género, edad o discapacidad si no se ofrecen canales analógicos, accesibilidad universal y gobernanza participativa. Por último, los beneficios climáticos netos dependen de factores como ocupación real, mix energético y sustitución efectiva del vehículo privado; sin monitorización rigurosa, cabe sobreestimar impactos y subestimar efectos rebote.

Evidencia científica y referencias

Dado que son medidas relativamente recientes, no hay un amplio consenso en cuanto a que potencien el poblamiento en zonas rurales. Sin embargo, es una medida con múltiples beneficios en la sostenibilidad que puede facilitar retener a la población. La literatura muestra que los servicios de movilidad a demanda y movilidad compartida pueden mejorar la accesibilidad y la inclusión social en las zonas rurales y de baja densidad, especialmente para los grupos vulnerables. Sin embargo, la evidencia sobre su efectividad para retener población y reducir la despoblación es menos sólida, y la mayoría de los estudios indican que estos servicios son una condición necesaria pero no suficiente para lograr la estabilidad demográfica.

El éxito de este tipo de intervenciones depende en gran medida del contexto local, la gobernanza, la integración con otros servicios y la superación de barreras como la exclusión digital y la baja demanda.

Aunque algunos programas piloto y estudios de caso muestran resultados prometedores, los desafíos persistentes, como la sostenibilidad financiera, la aceptación por parte de los usuarios y las limitaciones de infraestructura, suelen restringir la escalabilidad y el impacto a largo plazo de estos servicios. La literatura aboga por enfoques más amplios y multisectoriales que combinen las soluciones de movilidad con estrategias integrales de desarrollo rural.

Knierim, L., & Schlüter, J. (2021). The attitude of potentially less mobile people towards demand responsive transport in a rural area in central Germany. *Journal of Transport Geography*. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2021.103202>.



Poltimäe, H., Rehema, M., Raun, J., & Poom, A. (2022). In search of sustainable and inclusive mobility solutions for rural areas. *European Transport Research Review*, 14. <https://doi.org/10.1186/s12544-022-00536-3>.

Schasché, S., Sposato, R., & Hampl, N. (2022). The dilemma of demand-responsive transport services in rural areas: Conflicting expectations and weak user acceptance. *Transport Policy*. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2022.06.015>.

Sörensen, L., Bossert, A., Jokinen, J., & Schlüter, J. (2021). How much flexibility does rural public transport need? – Implications from a fully flexible DRT system. *Transport Policy*, 100, 5-20. <https://doi.org/10.1016/J.TRANPOL.2020.09.005>.

4.a.3. Crear biodistritos o ecorregiones de producción, transformación y consumo agroalimentario

Descripción de la propuesta

Se propone impulsar biodistritos o ecorregiones como centros de innovación agroecológica, con participación de comunidades autónomas y diputaciones provinciales, asegurando que en cada uno exista al menos un laboratorio vivo agroecológico vinculado a centros de investigación y administraciones públicas. Existe el impulso de la creación y mantenimiento de biodistritos a través de la asociación ARA junto con la Junta de Andalucía (LEADER).

Es recomendable relocalizar los sistemas alimentarios (Sistemas Alimentarios Territorializados) como mecanismo para transitar hacia un sistema alimentario realmente sostenible, con producción de base agroecológica que apoye las pequeñas y medianas explotaciones e industrias familiares que producen alimentos ligados al territorio (ecológico, ganadería extensiva, agroforestal, alimentos de montaña, pesca sostenible, entre otros) y favorecer los modelos de comercialización en canales cortos de proximidad y comunitarios (Centros Agroecológicos de Distribución, CAD), así como modelos ligados a la Economía Social y Solidaria (E.S.S). Es fundamental que en toda esta transición se potencie y acompañe la participación del sector productivo y la gobernanza multiactor de las estructuras de decisión, producción, logística y comercialización, cambio cultural, etc.

Las herramientas de EA (Educación Ambiental para la sostenibilidad) pueden acompañar y facilitar todo este proceso.

Acciones clave:

1. Creación de biodistritos coordinados con las administraciones locales.
2. Implantación de laboratorios vivos agroecológicos.
3. Colaboración con centros de investigación y agentes sociales.



4. Establecer políticas locales y regionales que favorezcan los canales cortos de comercialización (con estructuras logísticas comunitarias como cooperativas, CAD, *food hubs* sostenibles,...), los mercados directos de productores, la pequeña elaboración y transformación alimentaria local en infraestructuras públicas (obradores compartidos, salas de despiece, etc) y la gestión compartida de tierras y maquinarias (espacios test agrarios, bancos de tierras, etc), así como el emprendimiento en el sector agrícola, ganadero y de pequeña transformación alimentaria.
5. Priorizar el apoyo a la actividad agroalimentaria de pequeña y mediana escala vinculada a producción ecológica certificada como sistema prioritario con reconocida capacidad de mitigación y adaptación. Apoyo a la creación de circuitos cortos de comercialización de productos agroecológicos (creación de CAD). La producción ecológica es el único sistema sostenible oficialmente reconocido en UE con capacidad demostrada de mitigación y adaptación. Debe ser recomendable que se priorice en políticas de apoyo al mundo rural, especialmente para pequeños y medianos productores que son mayoritarios en sistemas extensivos resilientes.
6. Trabajar a nivel de biodistrito el cambio cultural hacia dietas alimentarias más sostenibles y saludables, facilitando el acceso a las personas consumidoras de alimentos locales, de temporada y de calidad.
7. Favorecer la compra pública alimentaria de productos locales y agroecológicos en comedores escolares, residencias, hospitales y centros sanitarios, eventos de la administración, etc.
8. Generar estructuras de gobernanza multiactor para los biodistritos y sus espacios de actuación (producción, transformación, logística y distribución, comercialización, cambio cultural y educación ambiental, seguimiento y evaluación, etc).

Limitaciones y advertencias

La implementación generalizada enfrenta desafíos: en la transferencia de conocimientos, el apoyo a políticas y la adaptación socioeconómica, lo que requiere estrategias integradas, participativas y contextualizadas para su éxito.

Una ventana de oportunidad es la participación de España en el partenariado de agroecología, que trabaja en el impulso de laboratorios vivos agroecológicos.

Evidencia científica y referencias

HLPE. 2019. Agroecological and other innovative approaches for sustainable agriculture and food systems that enhance food security and nutrition. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security, Rome.



Kerr, R. B., Postigo, J. C., Smith, P., Cowie, A., Singh, P. K., Rivera-Ferre, M., ... & Neufeldt, H. (2023). Agroecology as a transformative approach to tackle climatic, food, and ecosystemic crises. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 62, 101275. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2023.101275>

Rastorgueva, N., Bassignana, C. F., Angarita, E., Fasso, A., Hassink, J., Goris, M., ... Migliorini, P. (2025). Agroecological Living Labs as entry points for transition towards sustainable food systems: a novel framework for the evaluation of living labs at different scales. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 1–34. <https://doi.org/10.1080/21683565.2025.2477215>

FAO (2025). Agroecology Knowledge Hub. <https://www.fao.org/agroecology/home/en/>. Rome: FAO.

LEADER: <https://www.andaluciarural.org/biodistritos-una-apuesta-de-leader-para-vivir-y-comer-mejor-con-productos-locales/>

Simón Rojo, M (2022): Planeamiento urbanístico de Sistemas Alimentario Agroecológicos. Manual Práctico. Red de Municipios por la agroecología.

López-García, D. & M. González de Molina, 2021. An operational approach to Agroecology-Based Local Agri-Food Systems. Sustainability, 13(15), 8443;

González de Molina, M. & D. Lopez-Garcia (2021) Principles for designing Agroecology-based Local (territorial) Agri-food Systems: a critical revision, Agroecology and Sustainable Food Systems, 45(7):1050-1082, DOI: 10.1080-21683565.2021.1913690

Espluga-Trenc, Josep, L. Calvet-Mir, D. López-García, M. Di Masso, A. Pomar & G. Tendero, (2021) Local Agri-Food Systems as a Cultural Heritage Strategy to Recover the Sustainability of Local Communities. Insights from the Spanish Case. Sustainability 13(11), 6068.

López-García, D., García-García, J., García-García, V., Rada-Sereno, O., & Vázquez-Macías, G. (2025). What is transformative in participatory approaches to territorial agroecological transitions? A systematization of five case studies in Spain. Agroecology and Sustainable Food Systems, 1–39.

Daniel López-García, María Carrascosa-García, (2024). Sustainable food policies without sustainable farming? Challenges for agroecology-oriented farmers in relation to urban (sustainable) food policies, Journal of Rural Studies, 105: 103160.

López-García, D. & M. González de Molina, 2021. An operational approach to Agroecology-Based Local Agri-Food Systems. Sustainability, 13(15), 8443;

López-García, D. N. Alonso-Leal, V. García-García, J. Molero-Cortés, J. García-Fernández, L. Arroyo-Escudero y P.M. Herrera (2020) 6 Ámbitos de gobernanza en las Políticas Alimentarias Urbanas: Una mirada operativa. Estudios Geográficos 81(289), e051.

López-García, D. y González de Molina, M., (2020): Co-producing agro-food policies for urban environments: towards agroecology-oriented local food systems. En Cohen, H., Ehgerer, M. y Gliessman, S.R. (Coords.): Urban Agroecology. Boca Ratón, FL, EEUU: CRC Press.

Espluga Trenc, J., D. López-García, L. Calvet-Mir, M. Di Masso, A. Pomar-León, G. Tendero-Acín (2019) Agroecología y dinamización de la cultura local. Para afrontar el despoblamiento y promover el desarrollo rural sostenible. Revista PH, 98: 108-130. DOI: 10.33349-2019.98.4468

González de Molina, M., D. López García y G.I. Guzmán Casado, 2017. Politizando el consumo alimentario: estrategias para avanzar en la transición agroecológica. Redes, 22,2, pp. 31-53.



López García, D., J. Del Valle y S.S. Velázquez, 2015. Híbridas y multicanal. Estrategias alternativas de distribución para el mercado español de alimentos ecológicos hortofrutícolas. Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros, 341: 49-80

Callau, S., Montasell, J., & Roca, A. (2022). Alimentem Barcelona. Guia pràctica per impulsar estratègies alimentàries locals (BCN Smart Rural, p. 452). Diputació de Barcelona.

CDI advisory, LEI International Policy, Posthumus, H., Bosselaar, J., Brouwer, H., De Steenhuijsen Piters, B., Bodnár, F., Newton, J., Dhamankar, M., Dengerink, J., Van Vugt, S., Visser, D., & De Roo, N. (2021). Herramientas para la toma de decisiones en Sistemas Alimentarios. Wageningen Centre for Development Innovation.

Fuentes Hinojosa, A. A. (2022). Diagnóstico de las políticas alimentarias locales desarrolladas en municipios del medio rural del Estado español. Universidad Internacional de Andalucía.

Bados-Blanco, A., Carrascosa García, M., & López García, D. (2023). Abastecer a los municipios a través de la agroecología. Manual práctico sobre políticas públicas comprometidas con la producción agroalimentaria sostenible, saludable, local y justa. Red de Municipios por la Agroecología.

FRICVAM Bretagne. (2019). Accompagner les territoires vers des Stratégies Alimentaires Territoriales. Retour d'expérience sur un processus d'apprentissage. FRICVAM Bretagne.

DE PAR EN PAR, Consultoría en Cláusulas Sociales y Transparencia, & Lesmes Zabalegui, S. (n.d.). Guía de compra pública responsable y del fomento de la contratación pública de entidades y empresas de la Economía Social. Ley 9-2017, de 8 de noviembre de Contratos del Sector Público. CEPES, Confederación Empresarial Española de la Economía Social. Retrieve

4.a.4. Promover la capacitación climática del medio rural: parcelas piloto, rebaños concejiles y vecinales, tutores locales y difusión de buenas prácticas

Descripción de la propuesta

Los agricultores adoptan con mayor facilidad las medidas de adaptación cuando disponen de referentes cercanos, pruebas en condiciones reales y acompañamiento práctico (ejemplo existente: red de espacios test agrarios en Cataluña, XETAC). Se propone una red estatal de demostración y formación, articulada con cooperativas, escuelas agrarias y grupos de innovación, que ofrezca módulos breves y repetibles en: eficiencia hídrica, soluciones basadas en la naturaleza en finca, seguridad y salud ante el calor, planes de autoprotección, seguros y gestión de riesgos, y diversificación de cultivos y variedades. Por su carácter transversal, esta medida es esencial para que la implementación del resto de propuestas sea eficaz, al proporcionar las competencias y referencias prácticas necesarias para su adopción generalizada.

El enfoque es eminentemente aplicado: parcelas demostrativas por comarca, tutores locales (agricultores y ganaderos con experiencia contrastada) con microbecas por horas de mentoría, materiales sencillos (guías de “primer paso”



y listas de verificación) y acreditación de competencias para quienes completan los itinerarios.

La red ampliará su alcance a personas trabajadoras del sector agrario, no solo titulares o técnicos, ofreciendo formación práctica en seguridad laboral, ergonomía en condiciones de calor, manejo de emergencias y respuesta ante eventos climáticos adversos. Se incluirán certificaciones de competencias climáticas —por ejemplo, “operador/a de finca climáticamente segura”— que reconozcan la cualificación del trabajador en adaptación y prevención.

Cada comarca contará con un catálogo de buenas prácticas adaptado a su realidad (suelo, agua, cultivos, orografía), dando visibilidad a jóvenes y mujeres rurales como agentes de cambio y reforzando la justicia climática en el medio rural. La red medirá adopción y resultados (agua ahorrada, erosión evitada, siniestralidad), permitiendo que las ayudas y servicios públicos prioricen lo que demuestra eficacia.

La medida también contempla crear líneas específicas de apoyo integral (técnico, formativo, financiero) para jóvenes emprendedores en actividades de prevención: pastoreo, gestión forestal sostenible, producción agroecológica y bioeconomía circular. Apoyar el emprendimiento juvenil en sectores clave para la prevención contribuye a fijar población, reducir abandono territorial y mantener paisajes gestionados. Apostar de un modo real por incentivos que impulsen asentamiento de población en el medio rural: menores cuotas de autónomos para emprendedores-as o empresas que se instalen y desarrollen su actividad en municipios menores de 1000 habitantes, menores cuotas de pago de electricidad para aquellos territorios, etc.

También se propone establecer servicios permanentes de asistencia técnica y asesoramiento especializado, asentados en cada territorio, para productores en transición agroecológica, agroforestería, diversificación de productos forestales, adaptación climática y diversificación productiva. Los productores necesitan acompañamiento técnico especializado continuado (asesores en transición agroecológica) para transitar hacia sistemas más resilientes y sostenibles y que fomenten grupos de aprendizaje y formación entre pares, capacitando a los propios agricultores y ganaderos en la formación de sus semejantes.

Por el lado de la ganadería, se propone estudiar a fondo las distintas posibilidades y articular nuevas normativas que puedan implementarse en el territorio y que respondan a tres posibles modelos de rebaño comunal: rebaños concejiles, vecinales y sistemas mixtos. En los rebaños en que las entidades locales intervienen en la propiedad y/o la gestión del ganado deben desarrollarse regulación y protocolos administrativos que incluyan aspectos como seguros,



bajas, vacaciones, indicadores de resultados, financiación, venta de productos, continuidad ante cambios políticos, etc. Esta medida incluye la conveniencia de buscar nuevas fuentes de financiación pública para que los ayuntamientos reciban ayudas para afrontar los gastos.

En cuanto a la ganadería extensiva, no solo se debe apostar por rebaños comunales, sino apoyar la estabilidad económica, social y territorial de las personas ganaderas ya asentadas en los pueblos y generar propuestas de colaboración con las entidades locales para el control de la vegetación frente a incendios forestales, pagados como un servicio ecosistémico de las ganaderías particulares.

También se valora desarrollar servicios estables de mediación socioambiental para la resolución de conflictos entre conservación, producción, usos del territorio y convivencia con fauna Silvestre. La gestión de conflictos ambientales es clave para conseguir consensos en gestión territorial, puesto que se mezclan muchos usos a veces con gestiones contrapuestas. El aumento de la ganadería extensiva necesita de condiciones de protección y convivencia con la fauna salvaje, para evitar conflictos posteriores.

Asimismo, es importante articular mecanismos de cogestión de servicios locales (agua, pastos, bosques) apoyando a montes comunales y grupos locales. El trabajo en terrenos comunales y gobernanza muestra que la cogestión aumenta la resiliencia y la capacidad de respuesta local. Implicar a los sectores productivos en la gobernanza de sus recursos asegura una gestión más sostenible y adaptada a cada territorio.

Por último, es recomendable hacer partícipe a la población local de los planes de defensa locales y de autoprotección que exige la ley, pero que no suelen hacerse con la participación de la ciudadanía. Para estos procesos, es conveniente articular procesos amplios de participación para formar, capacitar y hacer responsables a la población local de su autoprotección frente a los riesgos. Y estos procesos participados, al igual que la redacción técnica de los planes, es recomendable que sean costeados con fondos públicos gestionados por las entidades locales.

Limitaciones y advertencias

Las principales limitaciones se derivan de la heterogeneidad territorial y la transferibilidad parcial de resultados: sin diseños experimentales mínimos y protocolos de evaluación comparables, los aprendizajes de parcelas piloto pueden no ser extrapolables y conducir a recomendaciones sesgadas. La calidad y continuidad de tutores locales requiere gobernanza, acreditación y financiación estables; de lo contrario, la red se fragiliza y degenera en acciones



puntuales sin seguimiento. Existen riesgos de exclusión (brecha digital, género y tamaño de explotación) y de captura por proveedores si no se establecen criterios transparentes y auditorías externas. Por último, medir impacto (ahorro de agua, erosión evitada, siniestralidad) implica sistemas de datos robustos y atribución creíble; sin ellos, se sobrestiman beneficios y se dificulta la priorización costo-efectiva.

Evidencia científica y referencias

La capacitación agraria, la coproducción de conocimiento y los servicios climáticos aceleran la adopción y mejoran la eficacia de las medidas. Además, se reconoce su papel transversal como condición habilitante para que las demás acciones de adaptación alcancen resultados sostenibles y medibles en el territorio.

European Commission. (2024). European Climate Risk Assessment (EUCRA).

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Working Group II contribution (Europe; Livelihoods; Adaptation barriers and enablers). IPCC.

Kangogo, D., Dentoni, D., & Bijman, J. (2021). Adoption of climate-smart agriculture among smallholder farmers: Does farmer entrepreneurship matter? *Land Use Policy*, 109, 105666. <https://doi.org/10.1016/J.LANDUSEPOL.2021.105666>

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2021). Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021–2030 (PNACC-2). Gobierno de España.

Prokopy, L. S., Floress, K., Klotthor-Weinkauff, D., & Baumgart-Getz, A. (2008). Determinants of agricultural best management practice adoption: Evidence from the literature. *Journal of Soil and Water Conservation*, 63(5), 300–311. <https://doi.org/10.2489/jswc.63.5.300>

Van den Berg, H., Phillips, S., Dicke, M., & Fredrix, M. (2020). Impacts of farmer field schools in the human, social, natural and financial domain: A qualitative review. *Food Security*, 12, 1443-1459. <https://doi.org/10.1007/s12571-020-01046-7>

Vaughan, C., Dessai, S., & Hewitt, C. (2018). Surveying climate services: What can we learn? *Weather, Climate, and Society*, 10(2), 373–395. <https://doi.org/10.1175/WCAS-D-17-0030.1>

Williams, T. G., Bui, S., Conti, C., Kefeli, S., Milone, D. H., Viegas Guerreiro, A., ... & McElwee, P. (2023). Synthesising the diversity of European agri-food systems: A meta-study of actors and power-laden interactions. *Global Environmental Change*, 83, 102746. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2023.102746>

Mireia Llorente, Leticia C. Marín, Pedro M. Herrera, Julio Majadas y Hugo Majadas 2024. Pastorear en tiempos de cambio. Plan de Acción Estratégica para la adaptación de la ganadería extensiva al cambio climático. Documento de síntesis. Fundación Entretantos. Valladolid.PAE-Proyecto-LiveAdapt-ES.pdf

García-Fernández, J. (ed.) (2020) Acercar campo y ciudad. Algunas reflexiones compartidas. Cuadernos Entretantos 7. Fundación Entretantos.

Herrera P.M., García, J. Turiño M. (2019) Marcar la diferencia, un primer paso para reconocer las producciones extensivas. Revista AE. Nº 38. SEAE.



López-García et al. (2021): Las transiciones hacia la sostenibilidad como procesos de final abierto. Dinamización Local Agroecológica con horticultores convencionales periurbanos. Boletín AGE 88.

López-García (2020): Who is the subject of agroecological transitions? Local Agroecological Dynamization and the plural subject. Landbauforschung 70(2):36-42.

López García, D., B. Pontijas, M. González de Molina, M. Delgado, G.I. Guzmán Casado y J. Infante Amate (2018) Saltos de escala... ¿hacia dónde? El papel de los actores convencionales en los sistemas alimentarios alternativos. Ager 25,1: 99-127

Informe Píldora Verde 5: Mecanismos de influencia entre pares para la adopción de prácticas agronómicas sostenibles. 2024, Fundación Entretantos.

Acebes et al. (2024): Unveiling human-wildlife interactions in the context of livestock grazing abandonment. People and Nature.

Herrera, Pedro M. (2020) El conflicto en la gobernanza de los territorios rurales. [I] Un marco global desde la mediación y la participación social. Fundación Entretantos.

La mirada mediadora en los conflictos socioambientales (2021) Alonso Leal, N., Campos Fernández de Piérola, S., Majadas Andray, J., Piñeiro García de León, C., Sampedro Ortega, Y. Cuadernos Entretantos nº 10. Fundación Entretantos.

Foro de Reflexión para la Prevención Integral de los Incendios Forestales (2023) Prevenir los incendios, una responsabilidad colectiva. Propuestas para la prevención integral de los incendios forestales en tiempos de emergencia climática y despoblación en el medio rural. Edita Fundación Entretantos.

4.a.5. Fomentar el empleo verde y las industrias rurales sostenibles a través de productos forestales y agroindustriales de alto valor añadido

Descripción de la propuesta

Se propone promover un modelo de desarrollo rural basado en la valorización económica de productos forestales y agroindustriales con alto valor añadido, integrando principios de economía circular, sostenibilidad ambiental y cohesión territorial. La viabilidad económica de la gestión forestal es crítica en zonas afectadas por despoblación y abandono del monte. Para revertir esta tendencia, es necesario diversificar los modelos de negocio forestal y agropecuario, incorporando no solo la producción de madera, sino también resinas, setas, corcho, biochar, ecoturismo y servicios ecosistémicos certificados, así como el potencial de empleo asociado a la ganadería extensiva en superficies forestales

Mediante la adopción de prácticas sostenibles en la gestión forestal es posible conseguir que los bosques sigan almacenando carbono, mientras conservan su capacidad de proporcionar otros bienes y servicios ecosistémicos en beneficio de las generaciones actuales y futuras. Además, contribuye a aumentar la resiliencia de los mismos frente a incendios forestales o frente al abandono forestal o al despoblamiento rural.



Por otro lado, el informe Global Entrepreneurship Monitor (GEM) España 2023-2024 señala que la tasa de abandono o cierre de iniciativas emprendedoras asciende al 3,5 %, lo que pone de relieve la importancia de fortalecer las fases de crecimiento y sostenibilidad empresarial. La transformación de residuos agrícolas y forestales ofrece un amplio potencial de aplicación en distintos sectores más allá de la construcción sostenible. Actualmente existen empresas que utilizan ya una tecnología que hace posible transformar residuos orgánicos en materiales 100% naturales y compostables mediante biotecnología de hongos, impulsando una economía circular y sostenible y contribuyendo a sustituir el plástico y la madera en sectores como el *packaging*, la construcción o el mobiliario, contribuyendo así a generar y/o consoliDAR oportunidades económicas sostenibles en el territorio.

Acciones clave:

1. Fomento de mercados de productos derivados de la madera con alto poder de sustitución frente a materiales intensivos en carbono, como los utilizados en construcción.
2. Fomento de la compra pública de leña, madera y madera contralaminada para uso estructural en la construcción para impulsar la demanda de productos forestales sostenibles mediante la compra pública, incluyendo madera estructural y madera contralaminada (CLT), así como leña, pellet y carbón vegetal, reforzando la gestión activa del monte y la bioeconomía.
3. Compra pública de productos locales, de calidad y ecológicos en restauración pública para que un porcentaje mínimo y creciente de productos locales, de calidad y ecológicos se adquieran en la restauración pública (escuelas, hospitales, residencias, etc.), siguiendo el ejemplo de Francia. Esta medida tiene también un papel educativo, al promover la alimentación saludable y de proximidad en los comedores escolares, y refuerza los circuitos cortos y sostenibles de producción.
4. Programas para la creación de industrias rurales que transformen residuos agrícolas y forestales en materiales para la construcción sostenible (paneles de paja, composites de jacinto de agua, aislantes de typha), así como para el desarrollo de soluciones de *packaging* sostenible, como envases elaborados mediante biotecnología de hongos, entre otros.
5. Impulso de la producción de biochar como fertilizante y tecnología de emisiones negativas, con potencial de financiación internacional.
6. Apoyo a la rehabilitación energética con materiales naturales, vinculada a la arquitectura vernácula y al empoderamiento comunitario.
7. Establecimiento de redes de producción local de pellets y otros biocombustibles sólidos para calefacción rural.
8. Creación de un marco legal estatal que reconozca el valor estratégico del sector primario diverso, localizado y sostenible.
9. Diseño de incentivos fiscales y financieros para la puesta en valor de productos forestales madereros y no madereros.



10. Programa de financiación plurianual para proyectos de restauración ecológica y creación de empresas de restauración ambiental.
11. Establecimiento de titulaciones regladas y formación de carácter profesional en conocimientos relacionados con quemas prescritas, resalveos, desbroces selectivos y gestión pastoral con fines ambientales. Es preciso reconocer oficialmente la formación de las Escuelas de Pastores para reforzar su valor social y profesional.
12. Promoción de negocios de ganadería extensiva en terrenos forestales para la generación de empleo rural.
13. Diferenciación de los productos y servicios de la ganadería extensiva frente a la ganadería intensiva e industrial, para facilitar su consumo y mejorar con ello su rentabilidad.
14. Fomento de agrupaciones de productores para la comercialización, distribución y logística de sus productos a nivel local, favoreciendo los canales cortos de comercialización (CCC)
15. Favorecer la transformación de los productos del monte y alimentarios en infraestructuras de transformación artesanal locales o comarcales, de gestión compartida y participada por las propias personas productoras (obradores compartidos, salas de despiece, mataderos, centros agroecológicos de distribución -CAD-, aserraderos, etc).
16. Crear programas de apoyo a la rehabilitación de viviendas y a la construcción de nuevas viviendas basadas en adaptación climática, para repoblación de los pueblos.

Estas medidas permitirían generar flujo económico en zonas rurales, incentivar la fijación de población joven, mejorar la gobernanza territorial y reforzar el papel del medio rural en la lucha contra el cambio climático.

Ocupaciones potenciales relacionadas con la gestión forestal sostenible identificadas por los agentes sectoriales como potencialmente más demandadas:

- Puestos para la custodia, limpieza y mantenimiento del territorio. Entre ellos destacan las cuadrillas de limpieza de los bosques: peones/as forestales, operarios/as de mantenimiento forestal, operadores/as de maquinaria forestal. Debido al aumento de temperatura asociada al cambio climático, cada vez es más necesario hacer una buena prevención de incendios forestales, mediante tareas de limpieza y mantenimiento de los bosques.
- Profesionales para el aprovechamiento forestal: asesores/as de medioambiente expertos/as en extensión agraria e ingenieros/as técnicos/as agrónomos/as o forestales.
- Especialistas en investigación, con el fin de indagar sobre cómo tratar y transformar los residuos forestales.
- Modelizador/a o simulador/a climático/a.



- Gestores de CAD para la comercialización de productos en CCC.
- Especialistas en la gestión de obradores compartidos y en transformación de productos alimenticios (para makilas de obradores compartidos, para despieces de carne, etc).

Asesores técnicos para la transición ecológica y la economía circular, la innovación en procesos y productos y las posibles transformaciones locales.

- Puestos relacionados con las tareas de obtención de materiales o productos forestales: recolección, procesamiento y distribución.
 - Operarios/as para la obtención de corcho, madera, resina, bellotas, setas y castañas.
 - Conductores/as de maquinaria u operarios/as para realizar las extracciones de las materias primas generadas por la silvicultura.
 - Puestos indirectos en otros sectores. Por ejemplo, la extracción de la resina de los árboles se emplea en la industria química, generando puestos de trabajo asociados. Por otra parte, un buen cultivo forestal se puede traducir en un incremento del turismo micológico, del que cada vez hay más demanda.

Mecanismos de implementación:

1. Coordinación entre MITECO, Ministerio de Agricultura, Ministerio de Industria y entidades locales.
2. Creación de fondos específicos para bioeconomía rural y restauración ecológica.
3. Reformas normativas para facilitar el acceso a mercados, certificaciones y financiación climática.
4. Integración en la Estrategia de Bioeconomía y en los planes de transición justa.

Ámbito: Nacional, con prioridad en zonas rurales afectadas por despoblación, abandono forestal y presión climática.

Sectores implicados: Silvicultura, agricultura, industria, construcción sostenible, desarrollo rural, cambio climático.

Actores clave: MITECO, Ministerio de Agricultura, Ministerio de Industria, comunidades autónomas, ayuntamientos rurales, cooperativas agroforestales, empresas de bioeconomía, centros de investigación, entidades del tercer sector que pueden acompañar los procesos de transición e innovación y grupos de acción local.

Limitaciones y advertencias



La puesta en marcha de estas industrias requiere inversión inicial, formación técnica y adaptación normativa. Es necesario garantizar que la extracción de recursos no comprometa la salud de los ecosistemas, y que los beneficios económicos se distribuyan equitativamente entre los actores locales. Se recomienda que la planificación sea participativa y respetuosa con los valores culturales y ecológicos del territorio. Además, los programas de impulso y apoyo empresarial llevan aparejados sus propios desafíos y limitaciones en cuanto a su implementación y seguimiento que deben tenerse en cuenta para promover sus buenos resultados.

Evidencia científica y referencias

La literatura científica respalda el potencial de los productos forestales y agroindustriales en la transición hacia una economía baja en carbono, la creación de empleo verde y la mejora de la resiliencia territorial.

Leskinen et al. (2018). *Substitution effects of wood-based products in climate change mitigation*. EFI – From Science to Policy 7.

Yayla et al. (2025). *Global wood harvest is sufficient for climate-friendly transitions to timber cities*. *Nature Sustainability*, 8:1013–1025.

Allali et al. (2024). *Heliyon*. Evaluación de la sostenibilidad de cadenas de valor agroalimentarias.

Saharudin et al. (2024). *Science of the Total Environment*. Biochar como tecnología de emisiones negativas.

Khalife et al. (2024). *Applied Sciences*. Aplicación de residuos agrícolas en construcción.

Jové-Sandoval et al. (2023). *Sustainable Materials and Technologies*. Paneles ligeros de paja.

Barbero-Barrera et al. (2021). *Waste and Biomass Valorization*. Aislantes térmicos de Typha.

Salas-Ruíz et al. (2019). *Waste and Biomass Valorization*. Composites de jacinto de agua.

Gil Crespo et al. (2015). *Vernacular Architecture. Towards a Sustainable Future*. Arquitectura tradicional y sostenibilidad.

UN-Habitat (2021). *Vernacular architecture and social empowerment*.

Aggestam (2024). *Land*, 13:1450. Gobernanza rural y resiliencia frente a incendios.

FAO (2023). *Forest restoration and rural development*. [DOI: 10.4060/cd2925en]

Fundación Biodiversidad y Oficina Española de Cambio Climático (2023). *Empleo y Transición Ecológica. Yacimientos de Empleo, Transformación Laboral y Retos Formativos en los Sectores Relacionados con el Cambio Climático y la Biodiversidad en España*. https://fundacion-biodiversidad.es/wp-content/uploads/2023/05/Estudio-Empleo-y-Transicion-Ecologica_-def.pdf

Calvo, N.; Fernández-Laviada, A.; Monje-Amor, A. & Atrio, Y. (2025). *Global Entrepreneurship Monitor. Informe GEM España 2024-2025*. Ed. Universidad de Cantabria. DOI: <https://doi.org/10.22429/Euc2025.012>



Saralegui-Díez, P., Aguilera, E., Cerrillo-García, I., González De Molina, M., Guzmán, G. I., López, L., Moranta, J., Morilla, R., Olea, N., Ramos, M., Ramirez, E., Rasero, S., Rivera-Ferre, M., Salazar, S., Salmerón, N., Villasante, S., & Vitoria, J. (2025). Hacia la transformación del sistema alimentario en España: situación actual, impactos y escenarios de futuro. *Alimentta*.

García-Fernández, J. (ed.) (2020) *Acercar campo y ciudad. Algunas reflexiones compartidas. Cuadernos Entretantos 7*. Fundación Entretantos.

Herrera P.M., García, J. Turiño M. (2019) *Marcar la diferencia, un primer paso para reconocer las producciones extensivas*. Revista AE. Nº 38. SEAE.

López-García et al. (2021): *Las transiciones hacia la sostenibilidad como procesos de final abierto. Dinamización Local Agroecológica con horticultores convencionales periurbanos*. Boletín AGE 88.

Herrera, Pedro M. (ed.) (2020) *Ganadería y cambio climático: un acercamiento en profundidad*. Fundación Entretantos y Plataforma por la Ganadería Extensiva y el Pastoralismo. ISBN 978-84-09-19757-6

Pedro M. Herrera Calvo, Julio Majadas Andray, Abel Esteban, Nerea Ramírez y Luis Rico: *La ganadería extensiva, una actividad clave para nuestra alimentación*. 2018, Cuadernos Entretantos 4. Fundación Entretantos.

García Fernández, J. *La ganadería extensiva y trashumante, clave en la conservación de sistemas de alto valor natural*. Cuadernos Entretantos 1. Fundación Entretantos.

Carrascosa-García, M.; López-García, D; Molero-Cortés, J. (2020). *Sistemas alimentarios locales frente a riesgos globales: de la crisis climática a la COVID-19*. Valladolid, España: Fundación Entretantos y Red de Ciudades por la Agroecología.

Castro, J., Castro, M., & Gomez-Sal, A. (2021). *Changes on the Climatic Edge: Adaptation of and Challenges to Pastoralism in Montesinho (Northern Portugal)*. *Mountain Research and Development*, 41(4), R29-R37. h

Dean, G., Rivera-Ferre, M. G., Rosas-Casals, M., & Lopez-i-Gelats, F. (2021). *Nature's contribution to people as a framework for examining socioecological systems: The case of pastoral systems*. *Ecosystem Services*, 49, 101265.

Díaz-Gaona, C., Sánchez-Rodríguez, M., & Rodríguez-Estévez, V. (2021). *Assessment of the sustainability of extensive livestock farms on the common grasslands of the natural park Sierra de Grazalema*. *Sustainability*, 13(4), 1818.

Insausti, K., Beldarrain, L. R., Lavín, M. P., Aldai, N., Mantecón, Á. R., Sáez, J. L., & Canals, R. M. (2021). *Horse meat production in northern Spain: Ecosystem services and sustainability in High Nature Value farmland*. *Animal Frontiers*, 11(2), 47-54.

Leroy, F., Fabien Abraini, TyBeal, Paula Dominguez-Salas, Pablo Gregorini, Pablo Manzano, Jason Rowntree, Stephan van Vliet (2022) *Animal board invited review: Animal source foods in healthy, sustainable, and ethical diets – An argument against drastic limitation of livestock in the food system*. *Animal*, 16:3

Losada MR Santiago-Freijanes JJ, Rois-Díaz M, Moreno G, den Herder M, Aldrey JA, Ferreiro-Domínguez N, Pantera A, Pisanelli A, Rigueiro-Rodríguez A (2018) *Agroforestry in Europe: a land management policy tool to combat climate change*, Mosquera- Land use policy, 2018 – Elsevier,

Muñoz-Ulecia, E., Bernués, A., Casasús, I., Olaizola, A. M., Lobón, S., & Martín-Collado, D. (2021). *Drivers of change in mountain agriculture: A thirty-year analysis of trajectories of evolution of cattle farming systems in the Spanish Pyrenees*. *Agricultural Systems*, 186, 102983.



Pasetti, F., Serrano, R., Manzano, P., & Herrera, P. M. (2023). Accounting for pastoralists in Spain. League for Pastoral Peoples and Endogenous Livestock Development (LPP).

Pérez, R. D. G., Sendra, M. J. M., & López-i-Gelats, F. (2020). Strategies and drivers determining the incorporation of young farmers into the livestock sector. *Journal of Rural Studies*, 78, 131-148.

Ruiz, F. A., Vázquez, M., Camúñez, J. A., Castel, J. M., & Mena, Y. (2020). Characterization and challenges of livestock farming in Mediterranean protected mountain areas (Sierra Nevada, Spain). *Spanish Journal of Agricultural Research*, 18(1), e0601-e0601.

Informe de la opinión de las personas consumidoras sobre los productos de ganadería extensiva. Federación de consumidores y usuarios, CECU, Fundación Entretantos, Plataforma por la Ganadería extensiva y el Pastoralismo.

Bados-Blanco, A., Carrascosa García, M., & López García, D. (2023). Abastecer a los municipios a través de la agroecología. Manual práctico sobre políticas públicas comprometidas con la producción agroalimentaria sostenible, saludable, local y justa. Red de Municipios por la Agroecología.

4.a.6. Ofrecer educación climática y divulgación científica para la promoción del medio rural y la reducción de riesgos

Descripción de la propuesta

Se propone implementar un programa nacional de educación climática y divulgación científica con el objetivo de reducir el riesgo de incendios forestales, fomentar prácticas sostenibles y mejorar la resiliencia territorial frente al cambio climático e impulsar la productividad de los servicios ambientales. Esta medida parte de una constatación crítica: la población rural es, al mismo tiempo, la más expuesta a los impactos del cambio climático y la menos conectada con los contenidos científicos que permiten enfrentarlos de forma eficaz. Por su parte, aun no viviendo en zonas rurales, la población urbana es usuaria de estos espacios y se tiene que integrar como parte de la solución a la gestión de los incendios forestales.

Por otro lado, el aumento de actividades lúdicas y turísticas, y de habitación rurales dispersas en zonas boscosas aumenta la exposición al riesgo. La identificación de estos riesgos en base a la actividad de cada municipio permite definir, implementar y activar las medidas más oportunas para reducir la exposición al riesgo. Muchos municipios carecen de planes de autoprotección y de sistemas de evacuación.

La falta de información adaptada y accesible limita la capacidad de estas comunidades para adoptar decisiones informadas, modificar prácticas de riesgo y participar activamente en la transición ecológica. Además, el 96% de las igniciones en España tienen origen humano, lo que subraya la urgencia de actuar sobre el componente social del riesgo mediante campañas de concienciación masiva, especialmente en contextos rurales donde las conductas negligentes pueden tener consecuencias devastadoras. Estas campañas deben poner el foco en el origen de los incendios, pero también en las soluciones que desde el



territorio se pueden realizar para frenar su propagación (creación de paisaje mosaico, fijación de la población en el territorio, consumo local, profesiones vinculadas al territorio, etc.). Estas campañas deben ir dirigidas tanto a los contextos rurales (quienes sufren las consecuencias de los incendios) como a contextos urbanos (usuarios de las zonas rurales).

Acciones clave:

El programa incluiría:

1. Formación en prácticas sostenibles que mejoran la capacidad de absorción de carbono, la regulación hidrológica y la estabilidad de los ecosistemas.
2. Integración de contenidos climáticos en la educación primaria y secundaria rural, con materiales adaptados al contexto local. Es importante matizar que la integración de contenidos climáticos debe ser aplicable y contextualizada al territorio ibérico. Actualmente, niños, niñas y jóvenes poseen una perspectiva relativamente sólida sobre las problemáticas climáticas a nivel global, pero no siempre cuentan con un conocimiento adecuado sobre su realidad más cercana. Por ejemplo, comprenden bien los efectos negativos de la deforestación en la Amazonía, pero desconocen los procesos ambientales que afectan directamente a su entorno local. Así, mientras identifican como perjudicial la tala indiscriminada de árboles en los bosques amazónicos, también tienden a considerar negativamente la gestión forestal controlada en la península ibérica, sin distinguir entre prácticas sostenibles y acciones perjudiciales. Por ello, resulta fundamental incorporar contenidos educativos que promuevan una comprensión crítica del cambio climático desde una perspectiva territorial, incluyendo ejemplos, problemáticas y soluciones específicas del contexto ibérico
3. Promoción y formación entre la población rural en las normas de seguridad, directrices de actuación y acciones de prevención activa (labores de mantenimiento, desbroce y quema controlada de la vegetación), entre la población local para prevenir los incendios forestales mediante campañas de sensibilización
4. Integración de contenidos climáticos en la educación primaria y secundaria rural, con materiales adaptados al contexto local.
5. Divulgación científica accesible sobre los beneficios de sistemas agroforestales, paisajes en mosaico y servicios ecosistémicos forestales.
6. Promoción de la reforestación con especies resilientes y de la certificación de servicios ecosistémicos en mercados de créditos climáticos.
7. Apoyo a la implantación de sistemas agroforestales que integren árboles, pastos y cultivos para mejorar la productividad y la resiliencia frente a olas de calor y sequías.



8. Creación de planes municipales de autoprotección multirriesgo con simulacros anuales de evacuación e incentivos fiscales para la prevención domiciliaria.
9. Fomento y apoyo para la creación de agrupaciones de propietarios colindantes para la prevención de incendios forestales, con procesos participados acompañados de formación en autoprotección y en primeros ataques de pronto auxilio (como está desarrollando la asociación Albura en la Comarca cacereña de La Vera).
10. Fomento del trabajo comunitario, voluntario o remunerado, de prevención de incendios en torno a los procesos de participación para la elaboración de los planes de autoprotección y para la creación de las asociaciones de propietarios.
11. Trabajo específico con sectores relacionados con la ignición de incendios para buscar otros modelos de gestión, evitar accidentes o disminuir conflictos territoriales y de usos.

Estas acciones permitirían generar un cambio de mentalidad en las comunidades rurales y urbanas, facilitando la transición hacia modelos de gestión territorial más sostenibles, reforzando los vínculos con el entorno natural y aumentando la capacidad de adaptación frente a crisis climáticas.

Mecanismos de implementación:

1. Coordinación entre el Ministerio de Educación, MITECO y comunidades autónomas.
2. Colaboración con centros educativos rurales, ayuntamientos, diputaciones, asociaciones agrarias y entidades locales.
3. Producción de materiales divulgativos y educativos adaptados al medio rural.
4. Evaluación periódica del impacto del programa en la reducción de igniciones y en la adopción de prácticas sostenibles.
5. Promoción de procesos participados en los territorios con personal experto para la dinamización, la formación específica en prevención y autoprotección y la movilización de la población.
6. Estudios pormenorizados de la estadística de incendios para determinar con qué sector es necesario trabajar más en profundidad en cada territorio, sin buscar culpables sino soluciones válidas para todos.

Ámbito: Nacional, con prioridad en zonas rurales con alta exposición al riesgo climático y baja densidad educativa.

Sectores implicados: Educación, medio ambiente, agricultura, silvicultura, protección civil, comunicación pública.



Actores clave: Ministerio de Educación, MITECO, comunidades autónomas, ayuntamientos rurales, centros educativos, asociaciones agrarias, entidades de divulgación científica.

Limitaciones y advertencias

La efectividad del programa depende de su adaptación cultural y territorial, así como de la implicación activa de los actores locales. Es necesario evitar enfoques paternalistas y promover la participación desde el conocimiento y el respeto por los saberes rurales. Se recomienda que la divulgación sea continua y acompañada de medidas estructurales que refuercen el cambio de comportamiento.

Evidencia científica y referencias

La evidencia científica demuestra que la educación ambiental y la divulgación científica son herramientas clave para reducir el riesgo de incendios, fomentar prácticas sostenibles y mejorar la resiliencia frente al cambio climático en el medio rural.

Referencias científicas y técnicas:

Martínez-Valderrama, J. (2023). *Water Resources Management*. Educación ambiental en el sector primario.

Monroe, M.C. et al. (2017). *Environmental Education Research*. Impacto de la educación ambiental en la acción climática.

Priatna, S., & Mulk Khan, M. (2024). *International Journal of Applied Science and Technology (inJAST)*. Educación climática en comunidades rurales.

AQUILUÉ, N. et al. FORMES: Sistema de planificación forestal multiobjetivo.

Kumar, A. et al. (2025). *Agroforestry and Climate Adaptation*. Springer Nature Singapore.

Gromek, P. & Szajewska, A. (2025). The SILVANUS Handbook on Systematic Methodology for the Preparation and Pre-planning Activities for Wildfire Response

Campos, S., García Fernández, J. (2016): gobernanza y participación en los comunes. Cuadernos Entretantos 3. Fundación Entretantos.

Arroyo, L., Sampedro, Y. (2020): Género, gobernanza y comunales a través de la mirada de las mujeres. Cuadernos Entretantos 9. Fundación Entretantos.

García-Fernández, J. (ed.) (2020): Acercar campo y ciudad. Algunas reflexiones compartidas. Cuadernos Entretantos 7. Fundación Entretantos.

Asín Semberoiz, J. (2015): Participación, gobernanza y políticas públicas. Cuadernos Entretantos 2. Fundación Entretantos.



Herrera, Pedro M. (2020) El conflicto en la gobernanza de los territorios rurales. [I] Un marco global desde la mediación y la participación social. Fundación Entretantos.

La mirada mediadora en los conflictos socioambientales (2021) Alonso Leal, N., Campos Fernández de Piérola, S., Majadas Andray, J., Piñeiro García de León, C., Sampedro Ortega, Y. Cuadernos Entretantos nº 10. Fundación Entretantos.

Foro de Reflexión para la Prevención Integral de los Incendios Forestales (2023) Prevenir los incendios, una responsabilidad colectiva. Propuestas para la prevención integral de los incendios forestales en tiempos de emergencia climática y despoblación en el medio rural. Edita Fundación Entretantos

Fernández-Ramos, J., García- Fernández, J., Sampedro Ortega, Y., Pardellas-Santiago, M., Majadas-Andray, J. (2024). Educación Ambiental para la Sostenibilidad en el corazón de las políticas públicas: recorrido histórico, buenas prácticas y recomendaciones para su transversalización. OAPN.

Rada Sereno, O, Sampedro Ortega, Y, Cadenas Fernandez, R, De la Fuente Valdivieso, A, Dominguez Riba, C, Turiño García, M.M., Velez Fraile, L, Espinosa Rincón, J.R., García Fernandez, J. Plan 42: Un programa integral para la prevención de incendios forestales. 2009, V Congreso Forestal Español.

4.a.7. Impulsar la innovación rural para la formación técnica y la recuperación del conocimiento ecológico tradicional

Descripción de la propuesta

La creciente complejidad de los retos climáticos y la pérdida de saberes tradicionales en el medio rural aumentan la necesidad de una transformación profunda de los modelos de formación y gestión del territorio. Esta propuesta plantea la creación de programas o centros de innovación rural como infraestructuras clave para:

- Formar y capacitar profesionalmente a agricultores, ganaderos y gestores forestales en prevención integral de incendios, gestión forestal sostenible, restauración ecológica, uso del fuego controlado y manejo de combustibles.
- Integrar tecnologías avanzadas (drones, sensores remotos, SIG, inteligencia artificial) en el diagnóstico, planificación y monitoreo del territorio.
- Recuperar, sistematizar y poner en valor el conocimiento ecológico tradicional (CET), incluyendo prácticas históricas de gestión del paisaje, uso del fuego y cultivares locales adaptados al estrés hídrico.
- Diseñar materiales docentes en abierto y formar al profesorado de formación profesional, con el objetivo de crear una nueva figura profesional: el “gestor de combustibles”.
- Impulsar programas de empleo verde vinculados a la restauración ecosistémica, la agricultura sostenible y la ganadería extensiva.
- Fomentar la participación comunitaria y la gobernanza territorial mediante el diálogo entre ciencia y saberes locales para identificar las CET con



potencial beneficioso, así como aquellas que hayan demostrado no ser positivas para el entorno y poder descartarlas.

- Experimentar tecnologías innovadoras en ganadería extensiva, como GPS y vallados virtuales, para mejorar la gestión adaptativa de combustibles.
- Impulsar programas de apoyo al emprendimiento verde que promuevan el desarrollo de soluciones basadas en la naturaleza, útiles para su implementación en las actuaciones impulsadas por las diferentes administraciones públicas.
- Establecer servicios permanentes de asistencia técnica y asesoramiento especializado, asentados en cada territorio, para productores en transición agroecológica, agroforestería, diversificación de productos forestales, adaptación climática y diversificación productiva. Los productores necesitan acompañamiento técnico especializado continuado (asesores en transición agroecológica) para transitar hacia sistemas más resilientes y sostenibles y que fomenten grupos de aprendizaje y formación entre pares, capacitando a los propios agricultores y ganaderos en la formación de sus semejantes.

Mecanismos de implementación:

- Coordinación entre MITECO, Ministerio de Educación, Ministerio de Agricultura y comunidades autónomas.
- Integración en los planes nacionales de formación profesional, transición ecológica y desarrollo rural.
- Financiación mediante fondos europeos (PAC, FEDER, Horizonte Europa, Fondo Social Europeo Plus -FSE+-) y presupuestos autonómicos.
- Participación activa de las comunidades rurales en el diseño y gestión de los centros.
- Usar herramientas de educación ambiental para la sostenibilidad y de dinamización local, con personas expertas en la materia que fomenten la participación de la población.

Ámbito: Nacional, con prioridad en territorios rurales vulnerables al cambio climático y con alto valor ecológico.

Sectores implicados: Educación, medio ambiente, agricultura, silvicultura, desarrollo rural, innovación tecnológica.

Actores clave: MITECO, Ministerio de Educación, Ministerio de Agricultura, comunidades autónomas, universidades, centros de investigación, comunidades rurales, asociaciones de gestión forestal.

Limitaciones y advertencias



La implementación requiere una planificación territorial adaptada, inversión sostenida y una gobernanza participativa. Es fundamental evitar enfoques tecnocráticos que ignoren los saberes locales, así como garantizar la integración respetuosa del CET con el conocimiento científico. La capacitación debe adaptarse a los contextos socioculturales y ecológicos de cada territorio.

Evidencia científica y referencias

Existe un amplio consenso sobre la eficacia de la formación técnica, la digitalización y el conocimiento ecológico tradicional como herramientas clave para la adaptación climática y la resiliencia territorial. La literatura científica destaca que:

- El CET posee un alto valor adaptativo y fortalece la gestión sostenible de los recursos naturales (Berkes, 2000; Reyes-García, 2009).
- La formación técnica y el acceso a tecnologías avanzadas mejoran la eficacia de la gestión forestal y agroecológica.
- participación comunitaria y el reconocimiento de saberes locales refuerzan la gobernanza y la resiliencia territorial.
- Los cultivos tradicionales presentan una alta capacidad de adaptación al estrés hídrico, contribuyendo a la sostenibilidad de los agroecosistemas (Carranza-Gallego et al., 2018a, 2018b).

Rebollo et al. (2025). *Informe Via Sabia: Sistematización del conocimiento ecológico tradicional y su relación con el cambio climático.*

Berkes, F. (2000). *Sacred Ecology: Traditional Ecological Knowledge and Resource Management.*

Reyes-García, V. (2009). *The role of traditional ecological knowledge in climate change adaptation.*

Carranza-Gallego et al. (2018a, 2018b). *Cultivos tradicionales y resiliencia agroecológica en zonas con estrés hídrico.*

Osoro, K., García, R. R., Martínez, A., García, U., & Celaya, R. (2019). Los incendios forestales y la ganadería extensiva en el monte asturiano. *Boletín de Ciencias y Tecnología*, (54), 317-348.

Informe Píldora Verde 5: Mecanismos de influencia entre pares para la adopción de prácticas agronómicas sostenibles. 2024, Fundación Entretantos.

Fernández-Ramos, J., García- Fernández, J., Sampedro Ortega, Y., Pardellas-Santiago, M., Majadas-Andray, J. (2024). Educación Ambiental para la Sostenibilidad en el corazón de las políticas públicas: recorrido histórico, buenas prácticas y recomendaciones para su transversalización. OAPN.

4.a.8. Incorporar la perspectiva de género en las dinámicas del mundo rural y promoción del papel de la mujer

Descripción de la propuesta



Se recomienda que los incentivos fiscales, ayudas directas u otros mecanismos posibles deben tener en cuenta las particularidades de las mujeres rurales. Debemos avanzar en esto porque hay un cierto estancamiento en lo referente a la titularidad de las explotaciones como indicador de género. Sabemos que eso es un punto de partida, pero que NO es en absoluto suficiente. La propuesta incluye:

1. Incorporar la perspectiva de género en los llamados empleos verdes, desde qué se considera un empleo verde hasta quién y cómo se ejerce. Por ejemplo, una maestra rural puede ser un agente importantísimo para la lucha contra el cambio climático y el desarrollo de otras políticas a favor de la retención de población y la activación del mundo rural. Sin embargo, empleos como este están completamente fuera del radar de los planes y programas.
2. Promover la participación de mujeres de las zonas afectadas en la toma de decisiones, restauración ecológica, gestión de recursos y adaptación comunitaria, incluyendo capacitación, mentoría y espacios de decisión (Perkins, 2007; Biesecker & Hofmeister, 2010; Mahamuni, 2024; Martínez-Alier, 2002; Abbasi et al., 2023).
3. Reconocer el trabajo de cuidados como clave para la resiliencia social y la sostenibilidad ambiental, implementando programas de apoyo post-desastre y promoviendo la corresponsabilidad de género e interseccional (TJC, 2023; Shiva, 2016; Mies, 2014; Fothergill, 1999; Drolet et al., 2015).
4. Capacitar y promover liderazgo femenino en conservación, restauración de ecosistemas, gestión de incendios y respuesta a emergencias, fortaleciendo la resiliencia comunitaria. Apoyar a emprendedoras rurales verdes, especialmente con pequeñas y medianas empresas, mediante formación, recursos y acceso a mercados, para generar beneficios ambientales y sociales sostenibles.
5. Diseñar presupuestos, líneas de crédito verde y fondos agroecológicos con perspectiva de género para garantizar el acceso equitativo a financiación, tierra, formación técnica y recursos productivos igualitarios. Garantizar que al menos el 30 % de los recursos productivos, créditos verdes, formación técnica y empleo sostenible estén destinados a mujeres rurales para reducir las desigualdades estructurales.
6. Promover la identificación, difusión y conexión en red de experiencias exitosas y referentes de mujeres emprendedoras, que sirvan de inspiración y estímulo para nuevas iniciativas de emprendedoras verde en el medio rural.

Limitaciones y advertencias

Riesgos de esencialización de roles y tokenismo si la “corresponsabilidad” se traduce en mayor carga no remunerada para mujeres o en su participación meramente simbólica.



La efectividad depende de superar barreras estructurales (tenencia de la tierra, crédito, cargas de cuidados y normas socioculturales); sin ello, las cuotas pueden derivar en tokenismo y captura de élites. Las líneas financieras requieren garantías no discriminatorias, asistencia técnica y acceso a mercados para evitar sobreendeudamiento y proyectos inviables. Se recomienda prever protocolos de seguridad y corresponsabilidad de cuidados para evitar sobrecarga y conflictos. Es conveniente un diseño participativo con indicadores verificables y financiación plurianual para sostener impactos ambientales y sociales.

Evidencia científica y referencias

- La participación femenina en la gestión de recursos agropecuarios y forestales en contextos de riesgo climático fortalece la resiliencia individual, familiar y comunitaria generando impactos positivos en la prevención y respuesta frente a desastres (Abbasi et al., 2023; James et al., 2023; Clissold & McNamara, 2022; Hou & Wu, 2020; Villarreal & Meyer, 2020; Dania & Inpin, 2021).
- La falta de incorporación de perspectiva de género en políticas de desastres aumenta riesgos para mujeres y colectivos vulnerables, reduciendo su capacidad de recuperación (Bradshaw & Fordham, 2013).
- Las barreras estructurales, como roles de género tradicionales, pobreza y falta de formación, limitan la contribución de mujeres en la gestión de riesgos socioambientales (Hamidazada et al., 2019; Singh, 2020; Khalid et al., 2021).
- Las políticas que reconocen y distribuyen los cuidados y trabajos reproductivos fortalecen la recuperación socioambiental, evitando la sobrecarga de las mujeres y promoviendo la equidad en la gestión de riesgos y adaptación climática (Mies, 2014; Shiva, 2016).
- El trabajo de cuidados es central para la resiliencia social, equidad de género y sostenibilidad ambiental, pero históricamente ha sido invisibilizado y desproporcionadamente asumido por mujeres (TJC, 2023; Shiva, 2016; Mies, 2014).
- Los desastres socioambientales impactan de forma más severa en mujeres y grupos vulnerables, debido a desigualdades estructurales, la sobrecarga de cuidados y el menor acceso a recursos productivos y espacios de decisión, perpetuando la feminización de la pobreza (Enarson & Morrow, 1998; Fothergill et al., 1999; Afriyie et al., 2018; Llorente-Marrón et al., 2020).
- La sobrecarga de cuidados posdesastre incrementa la vulnerabilidad y los riesgos para la salud de las mujeres de las zonas afectadas, limitando su autonomía y participación sociopolítica (Fothergill, 1999; Shih et al., 2002; Drolet et al., 2015; Juran, 2012; Cocina Díaz et al., 2024; Instituto de las Mujeres, 2020; Zavala et al., 2024).
- Las mujeres desempeñan un papel central en la reproducción biológica y social de las comunidades, siendo fundamentales para la



sostenibilidad de los sistemas rurales, la restauración ecológica, la gestión de recursos naturales y la cohesión comunitaria, aportando saberes locales y estrategias de adaptación (Perkins, 2007; Biesecker & Hofmeister, 2010; Mahamuni, 2024; Martínez-Alier, 2002

- El acceso equitativo a recursos productivos, créditos verdes, formación técnica y empleo sostenible disminuye las desigualdades estructurales de género (FAO, 2018; Agarwal, 2010; IUCN, 2021; Ravera et al., 2016; James et al., 2023; Seddon et al., 2021; Martínez-Alier, 2002; Shiva, 2016; Mahamuni, 2024).

4.a.9. Reconocer el ecosistema como bien jurídico protegido

Descripción de la propuesta

La creciente exposición del territorio español a riesgos climáticos como incendios e inundaciones está vinculada no solo a factores ecológicos, sino también a estructuras legales y políticas que han marginado históricamente al medio rural y debilitado la protección del entorno. Desde la ecocriminología, esta situación se interpreta como una forma de violencia socioecológica estructural, que requiere una respuesta normativa integral.

La propuesta plantea una reforma jurídica ecocéntrica que reconozca al ecosistema como bien jurídico protegido, lo que implica que su conservación no solo es deseable, sino jurídicamente exigible. Este enfoque permitiría considerar las prácticas de degradación ambiental como formas de daño estructural, y establecer obligaciones legales de protección activa del entorno.

Se propone adaptar el Código Penal para incluir delitos por abandono estructural del territorio y por omisión de medidas de conservación en zonas de riesgo. Asimismo, se plantea complementar el derecho penal ambiental clásico con instrumentos normativos estructurales, que integren ciencia ecológica, planificación territorial y justicia ambiental.

Acciones clave:

1. Reconocimiento legal del ecosistema como sujeto de protección jurídica.
2. Reforma del Código Penal para tipificar delitos por abandono estructural y omisión de gestión en zonas de riesgo.
3. Incorporación de principios ecocéntricos en la legislación ambiental.
4. Creación de marcos normativos que integren ciencia ecológica y planificación territorial.
5. Promoción de la justicia ambiental como eje transversal en la política pública.

Mecanismos de implementación:



1. Coordinación entre el Ministerio de Justicia, MITECO y comunidades autónomas.
2. Revisión del Código Penal y legislación ambiental vigente.
3. Consulta pública y participación de expertos en ecocriminología, derecho ambiental y planificación territorial.
4. Formación jurídica especializada en justicia ambiental y ecocentrismo.
5. Evaluación del impacto normativo en la resiliencia ecológica y social del territorio.
6. Articulación con políticas de adaptación al cambio climático y ordenación del territorio.

Ámbito: Nacional, con especial atención a zonas rurales y territorios de alta exposición climática.

Sectores implicados: Justicia, medio ambiente, ordenación del territorio, cambio climático.

Actores clave: Ministerio de Justicia, MITECO, comunidades autónomas, universidades, centros de investigación en derecho ambiental y ecocriminología.

Limitaciones y advertencias

Estudios recientes indican un creciente interés en integrar las preocupaciones sobre justicia ambiental con los servicios ecosistémicos, pero también destacan lagunas en la comprensión de cómo se enmarca y se estudia la relación entre justicia y los servicios ecosistémicos en diferentes contextos. La pluralidad de marcos identificados en la revisión de la literatura generada para esta propuesta subraya la complejidad conceptual de la justicia ambiental y destaca la importancia de abordar diversas perspectivas al abordar la justicia en relación con los servicios ecosistémicos.

Evidencia científica y referencias

La literatura académica en ecocriminología y justicia ambiental respalda la necesidad de reformar los marcos jurídicos para reconocer al ecosistema como sujeto de protección. Esta orientación normativa permite abordar las causas estructurales del riesgo ecológico y alinear las políticas públicas con la conservación activa del territorio.

Referencias científicas y técnicas:

B. Cosens, J.B. Ruhl, N. Soininen, L. Gunderson, A. Belinskij, T. Blenckner, A.E. Camacho, B.C. Chaffin, R.K. Craig, H. Doremus, R. Glicksman, A. Heiskanen, R. Larson, & J. Similä, Governing complexity: Integrating science, governance, and law to manage accelerating change in the globalized commons, Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 118 (36) e2102798118, <https://doi.org/10.1073/pnas.2102798118> (2021). Q1 (D1) 49 citas.



García Ruales, J., Hovden, K., Kopnina, H., Robertson, C.D., & Schoukens, H. (Eds.). (2024). Rights of Nature in Europe: Encounters and Visions (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003318989>.

Towards an EU Charter of the Fundamental Rights of Nature. (2020) The European Economic and Social Committee (EESC). ISBN 978-92-830-4971-5. Catalogue number QE-03-20-586-EN-N. DOI: 10.2864/25113. Working paper

Locatelli, B., Benra, F., Geneletti, D., Loft, L., Loos, J., Schröter, B., ... & Zoderer, B. M. (2025). Framing the relationship between justice and ecosystem services: A systematic review. *Ecosystem Services*, 74, 101755.

Sanchez Martino, V. La Participación de las mujeres en los comunales en España. Estado de la cuestión. Fundación Entretantos

Arroyo, L. & Sampedro, Y. (2020) Género, gobernanza y comunales a través de la mirada de las mujeres. Cuadernos Entretantos 9. Fundación Entretantos.

4.a.10. Establecer programas migratorios para revitalizar áreas rurales con enfoque familiar

Descripción de la propuesta

La despoblación rural, el cambio climático y las migraciones constituyen fenómenos interrelacionados que configuran un círculo de vulnerabilidades, pero también abren una ventana de oportunidades para el desarrollo territorial sostenible.

La pérdida de población en las zonas rurales no solo implica el abandono de tierras agrícolas y la disminución de la actividad económica, sino también una merma en la gestión activa del territorio. Esta situación incrementa significativamente el riesgo de incendios forestales, erosión del suelo y otros desastres naturales, debido a la reducción de la presencia humana que tradicionalmente ha contribuido al mantenimiento del paisaje.

En este contexto de declive, la llegada de población inmigrante puede desempeñar un papel clave en la revitalización de estos territorios. Aunque la evidencia empírica muestra que la mayoría de las personas migrantes tienden a concentrarse en áreas urbanas (atraídas por una mayor y mejor oferta de empleo, lo que favorece la posibilidad de enviar remesas a sus países de origen), existen factores que pueden contrarrestar esta tendencia y fomentar una mayor diversificación en los patrones de asentamiento.

Esta diversificación no solo tiene implicaciones sociales y económicas, sino que puede convertirse en una estrategia clave para fortalecer la resiliencia medioambiental de las zonas rurales menos pobladas.



Entre los factores que favorecen una mayor disposición al asentamiento en zonas rurales, destacan principalmente dos elementos. Por un lado, la migración en núcleo familiar, que, según evidencia científica, incrementa significativamente la voluntad de establecerse de forma duradera en territorios no urbanos. Por otro lado, la implementación de políticas migratorias estables e inclusivas contribuye a reducir la incertidumbre sobre la permanencia en el país de destino, lo que genera un entorno más seguro para la población migrante. Esta mayor estabilidad disminuye la relevancia de las remesas como criterio principal en la elección del lugar de residencia, abriendo así nuevas oportunidades para fomentar un asentamiento sostenible en el medio rural.

A partir de esta evidencia, se propone el diseño de políticas públicas integrales orientadas a atraer y afianzar la permanencia de familias migrantes en zonas rurales, con el objetivo de impulsar la revitalización territorial y fortalecer la resiliencia ambiental. Estas políticas deberían articularse en torno a los siguientes ejes estratégicos:

1. Fomentar modalidades de migración familiar que cuenten con garantías de permanencia jurídica y social. Esta medida es clave para generar condiciones de estabilidad que favorezcan el arraigo en el medio rural, y disminuya la dependencia de las remesas en las decisiones de asentamiento.
2. Desarrollar políticas de vivienda rural digna y asequible, que faciliten el establecimiento de nuevos residentes en condiciones adecuadas.
3. Garantizar el acceso a servicios públicos esenciales, como educación, salud y transporte, para asegurar una calidad de vida adecuada en estos territorios.
4. Impulsar la creación de empleo en sectores estratégicos del entorno rural, como la agricultura sostenible, la gestión forestal, el turismo rural o los servicios comunitarios.
5. Promover programas de emprendimiento verde para personas inmigrantes que impulsen nuevos negocios y el relevo de los existentes en el medio rural, fortaleciendo su integración y el desarrollo económico sostenible del territorio.
6. Asegurar que los programas migratorios tengan en consideración la diversidad de las personas migrantes, así como sus vulnerabilidades con una perspectiva interseccional a fin de garantizar las necesidades específicas que puedan requerir sus familias en las áreas rurales.



Una estrategia pública que integre estos elementos permitiría no solo abordar la crisis demográfica que enfrentan muchas zonas rurales, sino también avanzar hacia un modelo de desarrollo territorial más resiliente, inclusivo y ambientalmente sostenible.

Limitaciones y advertencias

El éxito depende de empleo estable, vivienda digna y servicios públicos efectivos; sin ello aumenta el abandono temprano y la rotación residencial. Pueden surgir tensiones sociales si la acogida no incluye mediación intercultural, participación local y comunicación transparente sobre criterios y beneficios. Existe riesgo de precariedad y segmentación laboral (campañas agrícolas, cuidados) y de sobrecarga de mujeres si no hay garantías laborales y corresponsabilidad. Requiere marcos jurídicos y financiación sostenidos; programas piloto sin evaluación ni indicadores tienden a diluirse y no consolidan arraigo a medio plazo.

Evidencia científica y referencias

Albert, C., & Monras, J. (2022). Immigration and spatial equilibrium: the role of expenditures in the country of origin. *American Economic Review*, 112(11), 3763-3802.

Alonso-Pardo, P., Oso, L., & Santaballa, L. (2023). Newcomers and 'roots migrants': Chain migrations and the revitalization of rural shrinking areas in Spain. *Journal of International Migration and Integration*, 24(Suppl 5), 979-999.

Bayona-i-Carrasco, J., & Gil-Alonso, F. (2013). Is Foreign Immigration the Solution to Rural Depopulation? The Case of Catalonia (1996–2009). *Sociología Ruralis*, 53(1), 26-51.

Collazo Jr, J. L. (2022). Social Ties and Stricter Immigration Enforcement Influencing Mexican Migrants' Remitting Behavior. *Migration Letters*, 19(6), 943-956.

Delgado-Artés, R., Garófano-Gómez, V., Oliver-Villanueva, J. V., & Rojas-Briales, E. (2022). Land use/cover change analysis in the Mediterranean region: A regional case study of forest evolution in Castelló (Spain) over 50 years. *Land Use Policy*, 114, 105967.

Egea, I., & Kreichauf, R. (2025). Regeneration, predatory inclusion, and migrant experiences in declining rural areas in Spain and Germany. *Journal of Ethnic and Migration Studies*, 51(5), 1228-1251.

Lardiés-Bosque, R., & del Olmo-Vicén, N. (2023). The impact of foreign immigrants on the revitalization of rural areas in Spain. In *Assessing the Social Impact of Immigration in Europe* (pp. 130-148). Edward Elgar Publishing.

Li, T., Chen, P., Lu, L., Sánchez-Aguilera, D., & Kong, X. (2025). Understanding return migration's decisions in rural tourism destinations from a family perspective: Evidence from Guzhu Village in China. *Habitat International*, 163, 103476.



Maclaren, A. S., Locock, L., Skea, Z., Cleland, J., Denison, A., Hollick, R., ... & Wilson, P. (2024). 'Moving to the countryside and staying'? Exploring doctors' migration choices to rural areas. *Journal of Rural Studies*, 108, 103210.

Meghir, C., Mobarak, A. M., Mommaerts, C., & Morten, M. (2022). Migration and informal insurance: Evidence from a randomized controlled trial and a structural model. *The Review of Economic Studies*, 89(1), 452-480.

Moore, H. (2021). Perceptions of Eastern European migrants in an English village: the role of the rural place image. *Journal of Ethnic and Migration Studies*, 47(1), 267-283.

Salis, M., Del Giudice, L., Jahdi, R., Alcasena-Urdiroz, F., Scarpa, C., Pellizzaro, G., ... & Arca, B. (2022). Spatial patterns and intensity of land abandonment drive wildfire hazard and likelihood in Mediterranean agropastoral areas. *Land*, 11(11), 1942.

Woods, M. (2018). Precarious rural cosmopolitanism: Negotiating globalization, migration and diversity in Irish small towns. *Journal of Rural Studies*, 64, 164-176.

Versey, H. S. (2021). Missing pieces in the discussion on climate change and risk: Intersectionality and compounded vulnerability. *Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences*, 8(1), 67-75.

Cundill, G., Singh, C., Adger, W. N., De Campos, R. S., Vincent, K., Tebboth, M., & Maharjan, A. (2021). Toward a climate mobilities research agenda: Intersectionality, immobility, and policy responses. *Global environmental change*, 69, 102315.

Castilla, K. (2022). Cambio climático e interseccionalidad. *Papeles El tiempo de los Derechos*, 23, 9p.

4.a.11. Fomentar una transición justa mediante comunidades energéticas rurales y participación local en renovables

Descripción de la propuesta

Se propone desarrollar un conjunto de medidas para garantizar que el medio rural no sea únicamente un proveedor de energía renovable, sino también un beneficiario directo de los recursos generados. Aunque España ha avanzado en la electrificación y descarbonización del sistema energético, gran parte de las instalaciones renovables se han ubicado en zonas rurales sin que ello haya supuesto mejoras significativas en servicios, economía local o resiliencia territorial. Estas figuras pueden convertirse en tractores para la creación de comunidades sostenibles que cuiden, además de la energía, el alimento, el agua, una gestión sostenible de residuos y la resiliencia comunitaria.

Acciones clave:

1. Creación de comunidades energéticas híbridas (solar y eólica) con apoyo público, que funcionen como embrión de un sistema eléctrico distribuido y permitan el desarrollo de redes de puntos de carga para vehículos eléctricos.



2. Programa público de apoyo a iniciativas comunitarias de transición energética, con financiación específica para proyectos liderados por ciudadanía, pymes y actores locales.
3. Participación pública en el capital social de empresas renovables existentes o nuevas, mediante cambios normativos que permitan a los ayuntamientos rurales blindar su presencia ante ampliaciones de capital.
4. Redes de calor rural basadas en el aprovechamiento de biomasa residual, fomentando la autosuficiencia energética y la gestión sostenible del territorio.
5. Modificación del marco regulador del autoconsumo para facilitar modelos pensados desde el medio rural.
6. Priorización de la instalación de paneles solares en suelos ya asfaltados (industriales o urbanos), evitando la ocupación de suelos agrícolas y forestales que cumplen funciones ecológicas clave como el secuestro de carbono y la protección frente a la erosión.

Estas medidas permitirían vincular la riqueza energética del medio rural con su desarrollo económico, social y ambiental, reforzando los vínculos comunitarios y la capacidad de respuesta ante crisis climáticas.

Mecanismos de implementación:

1. Coordinación entre MITECO, Ministerio de Agricultura, Ministerio de Industria y entidades locales.
2. Creación de un fondo estatal para comunidades energéticas rurales.
3. Reformas normativas para facilitar la participación pública en proyectos energéticos.
4. Incentivos fiscales y técnicos para cooperativas energéticas y redes de calor.

Ámbito: Nacional, con prioridad en territorios rurales afectados por despoblación, presión energética o abandono agrario.

Sectores implicados: Energía, medio ambiente, desarrollo rural, agricultura, ordenación territorial, cambio climático.

Actores clave: MITECO, Ministerio de Agricultura, Ministerio de Industria, comunidades autónomas, ayuntamientos rurales, cooperativas energéticas, ciudadanía organizada, empresas renovables.

Limitaciones y advertencias

Independientemente del nivel de consenso en torno a los impactos positivos de estas propuestas, su implementación requerirá cambios normativos que garanticen la participación pública en empresas privadas, así como una



planificación territorial que evite impactos negativos sobre suelos fértiles o ecosistemas forestales. También se recomienda encontrar vías para que los beneficios energéticos se traduzcan en mejoras tangibles para las comunidades rurales.

Evidencia científica y referencias

La literatura científica y técnica respalda la necesidad de vincular la transición energética con el desarrollo rural, evitando la concentración de beneficios en actores externos y promoviendo modelos distribuidos y participativos.

Almena, A., Thornley, P., Chong, K., & Röder, M. (2022). Carbon dioxide removal potential from decentralised bioenergy with carbon capture and storage (BECCS) and the relevance of operational choices. *Biomass and Bioenergy*. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2022.106406>.

Donnison, C., Holland, R., Hastings, A., Armstrong, L., Eigenbrod, F., & Taylor, G. (2020). Bioenergy with Carbon Capture and Storage (BECCS): Finding the win–wins for energy, negative emissions and ecosystem services—size matters. *GCB Bioenergy*, 12, 586 - 604. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12695>.

Fridahl, M., & Lehtveer, M. (2018). Bioenergy with carbon capture and storage (BECCS): Global potential, investment preferences, and deployment barriers. *Energy Research & Social Science*. <https://doi.org/10.1016/J.ERSS.2018.03.019>.

L. F. C. Castro, P. C. M. Carvalho, J. N. Fidalgo and J. T. Saraiva, "Comparison Among National Energy Community Policies in Brazil, Germany, Portugal, and Spain," 2022 18th International Conference on the European Energy Market (EEM), Ljubljana, Slovenia, 2022, pp. 1-6, doi: 10.1109/EEM54602.2022.9920977.

Montoya, F.G. et al. (2020). Renewable energy production in Spain: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 33, p. 509-531, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.01.091>

Lambert, Q., Bischoff, A., Cueff, S., Cluchier, A., & Gros, R. (2021). Effects of solar park construction and solar panels on soil quality, microclimate, CO2 effluxes, and vegetation under a Mediterranean climate. *Land Degradation & Development*, 32(18), 5190–5202. <https://doi.org/10.1002/ldr.4101>

Jamie Baxter, Chad Walker, Geraint Ellis, Patrick Devine-Wright, Michelle Adams, Romaine Smith Fullerton (2020): Scale, history and justice in community wind energy: An empirical review, *Energy Research & Social Science* 68, <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101532>.

4.a.12. Crear mercados voluntarios de créditos ambientales

Descripción de la propuesta

Esta propuesta busca prevenir la pérdida de biodiversidad, la degradación de ecosistemas y el abandono rural mediante la creación de mercados voluntarios de créditos de naturaleza y biodiversidad, que recompensen económicamente a agricultores y gestores del territorio por sus acciones de conservación y restauración.

La intensificación agrícola y el abandono de tierras menos productivas han reducido la provisión de servicios ecosistémicos en Europa. Frente a esta



tendencia, los mercados voluntarios de créditos de naturaleza emergen como una herramienta innovadora para canalizar financiación hacia la conservación y restauración de ecosistemas, alineando incentivos económicos con objetivos ambientales. Además, más allá de la compensación, existe un interés creciente por parte de empresas y entidades financieras en financiar/invertir con el objetivo de reducir los riesgos derivados de las dependencias que su actividad económica (o la de su cartera) tiene de los servicios ecosistémicos que ofrece la naturaleza, alineando su estrategia con la META 15 del Marco Global de Diversidad Biológica.

Se propone fomentar la creación de estos mercados en España, permitiendo que empresas, instituciones o consumidores compensen su huella ecológica mediante la compra de créditos generados por prácticas sostenibles en fincas agrícolas, forestales o ganaderas.

Acciones clave:

1. Establecer indicadores fiables y coste-eficientes para evaluar mejoras en biodiversidad, regulación hídrica, calidad del suelo y otros servicios ecosistémicos a escala de finca y paisaje.
2. Crear un organismo regulador independiente que garantice la transparencia, trazabilidad y fiabilidad del proceso de certificación (monitoreo, reporte y verificación).
3. Acordar líneas de base comunes y estándares nacionales, compatibles con marcos europeos e internacionales (como el Marco Global de Biodiversidad Kunming–Montreal).
4. Desarrollar plataformas digitales de intercambio para facilitar la compra-venta de créditos de biodiversidad y naturaleza.
5. Promover experiencias piloto en territorios rurales con alto valor ecológico y potencial de restauración.
6. Integrar estos mercados en estrategias de bioeconomía forestal, economía circular y desarrollo rural sostenible.
7. Informar y sensibilizar a la ciudadanía sobre el valor de los servicios ecosistémicos y fomentar el consumo responsable de productos certificados.

Mecanismos de implementación:

1. Coordinación entre MITECO, Ministerio de Agricultura, Ministerio de Economía, comunidades autónomas y entidades locales.
2. Inclusión en los marcos normativos de restauración ecológica, biodiversidad y cambio climático.
3. Financiación inicial mediante fondos europeos (LIFE, Horizonte Europa, FEDER) y colaboración público-privada.
4. Participación activa de propietarios rurales, cooperativas, ONG ambientales, centros de investigación y plataformas de certificación.



Ámbito: Nacional, con prioridad en zonas rurales con alto valor ecológico y potencial de restauración.

Sectores implicados: Medio ambiente, agricultura, silvicultura, desarrollo rural, cambio climático, economía verde.

Actores clave: MITECO, Ministerio de Agricultura, Ministerio de Economía, comunidades autónomas, ayuntamientos rurales, propietarios forestales y agrícolas, ONG, centros de investigación, plataformas de certificación, empresas interesadas en compensación ambiental.

Limitaciones y advertencias

Aunque el potencial de los mercados voluntarios de créditos de naturaleza es alto, su implementación requiere una gobernanza robusta, metodologías claras y salvaguardas sociales y ambientales. Es necesario evitar la especulación, garantizar la adicionalidad de las acciones financiadas y asegurar que los beneficios lleguen a los actores locales.

Además, aunque existe un amplio reconocimiento del potencial de los mercados voluntarios de créditos de naturaleza para canalizar financiación hacia la conservación y restauración de ecosistemas, todavía hay incertidumbres y debates en torno a su aplicación práctica. Estas dudas no niegan su utilidad, pero sí implican precauciones metodológicas, éticas y de gobernanza. Por ejemplo:

- No existe consenso pleno sobre cómo medir de forma fiable, coste-eficiente y estandarizada la mejora de biodiversidad o servicios ecosistémicos.
- La falta de un marco regulador claro puede generar desconfianza en la integridad de los créditos.
- Existe el riesgo de que los beneficios económicos se concentren en grandes propietarios o actores con mayor capacidad técnica y financiera.
- Algunos proyectos podrían no generar beneficios reales o duraderos si no se diseñan adecuadamente.
- Riesgo de solapamiento o competencia con otros mecanismos como los PSA, eco-regímenes o subvenciones públicas.

Evidencia científica y referencias

La literatura científica respalda el potencial de los instrumentos de mercado bien regulados para revertir la pérdida de servicios ecosistémicos y biodiversidad. Se destaca que:



- La intensificación agrícola y el abandono de tierras han reducido la provisión de servicios ecosistémicos en Europa (Muradian et al., 2013).
- Los instrumentos de mercado pueden alinear incentivos económicos con objetivos de conservación (Wunder et al., 2018).
- Experiencias piloto en países nórdicos e Irlanda han mostrado mejoras en biodiversidad y resiliencia (Borgman et al., 2023).
- Según la Pollination Foundation (2024), los créditos de naturaleza han mejorado la biodiversidad en más de 125.000 ha a nivel internacional.
- La medida se alinea con la Hoja de Ruta hacia los Créditos de Naturaleza (COM(2025) 374 final) y el Marco Global de Biodiversidad Kunming–Montreal.

Ejemplo de proyecto de créditos climáticos en Cataluña: <https://lifeclimark.eu/es/>

Evidencia científica y referencias

Muradian, R. et al. (2013). *Payments for ecosystem services and the fatal attraction of win-win solutions*. *Conservation Letters*, 6(4), 274–279.

Wunder, S. et al. (2018). *From principles to practice in paying for nature's services*. *Nature Sustainability*, 1(3), 145–150.

Wunder, S. and Fraccaroli, C. 2025. Biodiversity credits: How to ensure their integrity and impact? Policy Brief 13. European Forest Institute. <https://doi.org/10.36333/pb13>

Borgman, M. et al. (2023). *Biodiversity credits in practice: Lessons from pilot schemes in Europe*. *Ecological Economics*, 205, 107685.

Vári, Á. et al. (2024). *Designing biodiversity offset markets: Institutional challenges and opportunities*. *Environmental Policy and Governance*.

Pollination Foundation (2024). *Nature Credit Markets: Unlocking Investment for Biodiversity*.

World Economic Forum (2025). *Financing Nature: Closing the Biodiversity Funding Gap*.

Dasgupta, P. (2021). *The Economics of Biodiversity: The Dasgupta Review*. HM Treasury.

Pirard, R. (2012). *Market-based instruments for biodiversity and ecosystem services: A lexicon*. *Environmental Science & Policy*, 19–20, 59–68.

Flammer, C. et al. (2025). *Corporate demand for biodiversity credits: Evidence from early adopters*. *Journal of Environmental Economics and Management*.

4.a.13. Promover la reducción de residuos y la recuperación de materia orgánica

Descripción de la propuesta



Se propone introducir medidas que promuevan la reducción del desperdicio alimentario y de los residuos en general a lo largo de toda la cadena agroalimentaria y la valorización de residuos que permitan recuperar materia orgánica en condiciones de calidad suficiente para reincorporarla a los suelos. Las medidas pueden ser impuestos, incentivos fiscales o normas específicas. Estas medidas pueden contribuir a cerrar el ciclo de materia orgánica, nutrientes y carbono, en línea con la *Soil Mission* y la Directiva de Nitratos de la UE.

Limitaciones y advertencias

La eficiencia de los procesos de bioconversión de residuos varía en función de la composición de los residuos, la variabilidad de disponibilidad de la materia prima y del uso que se vaya a dar al producto generado, lo cual implica desafíos tecnológicos todavía por resolver que requieren financiación (en I+D y en infraestructura). También existen desafíos regulatorios vinculados a las normas sanitarias sobre el reciclaje de productos destinados al consumo y al uso en agricultura y ganadería y sobre los estándares ambientales que estos deben cumplir, especialmente en la Unión Europea. Medidas como la recuperación de alimentos no vendidos para usos sociales son más rápidamente implementables.

Evidencia científica y referencias

Hay consenso sobre los beneficios ambientales de reducir los residuos alimentarios y de otro tipo que terminan en vertederos. Sin embargo, la literatura científica habla tanto de introducir nuevos impuestos como de incentivos fiscales, normas y otras medidas que promuevan la reducción de residuos alimentarios y su reciclaje. Los diferentes mecanismos pueden dirigirse específicamente a cada eslabón de la cadena de producción de alimentos (producción, distribución, consumo) y de tratamiento de residuos alimentarios para diferentes usos (como energía, forraje u otros).

Katare, B., Serebrennikov, D., Wang, H., & Wetzstein, M. (2017). Social-Optimal Household Food Waste: Taxes and Government Incentives. *American Journal of Agricultural Economics*, 99, 499–509. <https://doi.org/10.1093/ajae/aaw114>.

Mourad, M. (2016): Recycling, recovering and preventing “food waste”: Competing solutions for food systems sustainability in the United States and France. *Journal of Cleaner Production*, 126, 461–477, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.03.084>.

Sarangi, P., Pal, P., Singh, A., Sahoo, U., & Prus, P. (2024). Food Waste to Food Security: Transition from Bioresources to Sustainability. *Resources*. <https://doi.org/10.3390/resources13120164>.

Lee, E., Shurson, G., Oh, S., & Jang, J. (2024). The Management of Food Waste Recycling for a Sustainable Future: A Case Study on South Korea. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su16020854>.

Vorobeva, Darina, Ian J. Scott, Tiago Oliveira, Miguel Neto (2022): Adoption of new household waste management technologies: The role of financial incentives and pro-environmental behavior, *Journal of Cleaner Production*, 362, 132328, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132328>.



4.a.14. Consolidar los pagos por servicios ecosistémicos vinculados a los resultados en cuanto a prevención de incendios y paisajes resilientes

Descripción de la propuesta

La propuesta busca reconocer económicamente la función preventiva y ambiental de los paisajes gestionados sosteniblemente (incluyendo bosques y mosaicos), consolidando sistemas de pagos por servicios ecosistémicos. Las acciones clave propuestas son:

1. Diseñar un sistema de pagos vinculado a la reducción del riesgo de incendios.
2. Valorar económicamente los beneficios ambientales de la gestión forestal sostenible.
3. Valorar pagos a sistemas agrarios de alto valor natural, que conservan biodiversidad, y proveen servicios de regulación de incendios.
4. Identificar e implementar mediciones que permitan vincular los pagos a los resultados generados. Estas mediciones son un potente instrumento para la innovación en servicios/infraestructuras eficaces y competitivas.
5. Integrar estos mecanismos en los programas de desarrollo rural.

Limitaciones y advertencias

1. Los programas de pagos por servicios ecosistémicos (PESP) pueden no lograr resultados de conservación amplios y pueden generar efectos indirectos negativos fuera de las áreas contratadas.
2. Su implementación puede ser costosa o inviable en ciertos contextos, generar conflictos entre objetivos y actores, y carecer de un marco conceptual suficientemente robusto para abordar la complejidad ecológica y social.
3. Se requiere más investigación transdisciplinaria y una aplicación más contextualizada del concepto de sostenibilidad fuerte para que los PESP sean realmente efectivos y equitativos.
4. El aumento de fondos para pagos por servicios ecosistémicos (PSE) puede generar desigualdades sociales entre los participantes y los no participantes.
5. Se identifican temas urgentes relacionados con la efectividad de los pagos por servicios ecosistémicos (PES), incluyendo la evaluación de su efectividad, el análisis de eficiencia y la equidad.
6. Es clave crear un mercado justo y eficiente que motive a la sociedad a participar en iniciativas PES, aumentando la inversión y mejorando el uso de fondos para mitigar el cambio climático.



Evidencia científica y referencias

Diendéré, A.A., Kaboré, D., 2023. Preferences for a payment for ecosystem services program to control forest fires in Burkina Faso: A choice experiment. *For. Policy Econ.* 151, 102973. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2023.102973>

Le, T.-A.T., Vodden, K., Wu, J., Bullock, R., Sabau, G., 2024a. Benefits and risks from payments for ecosystem services programs across the globe. *Front. Environ. Sci.* 12. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1419821>

Le, T.-A.T., Vodden, K., Wu, J., Bullock, R., Sabau, G., 2024b. Payments for ecosystem services programs: A global review of contributions towards sustainability. *Heliyon* 10, e22361. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22361>

Lecina-Diaz, J., Chas-Amil, M.-L., Aquilué, N., Sil, Â., Brotons, L., Regos, A., Touza, J., 2023. Incorporating fire-smartness into agricultural policies reduces suppression costs and ecosystem services damages from wildfires. *J. Environ. Manage.* 337, 117707. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117707>

Miller, R., Nielsen, E., Huang, C.-H., 2017. Ecosystem Service Valuation through Wildfire Risk Mitigation: Design, Governance, and Outcomes of the Flagstaff Watershed Protection Project (FWPP). *Forests* 8, 142. <https://doi.org/10.3390/f8050142>

Song, C., Liu, Y., Liu, L., Xian, C., Wang, X., 2023. A Scientometric Analysis of Payments for Ecosystem Services Research: Mapping Global Trends and Directions. *Sustainability* 15, 15649. <https://doi.org/10.3390/su152115649>

Varela, E., Górriz-Mifsud, E., Ruiz-Mirazo, J., López-i-Gelats, F., 2018. Payment for Targeted Grazing: Integrating Local Shepherds into Wildfire Prevention. *Forests* 9, 464. <https://doi.org/10.3390/f9080464>

Vicente, F. M., & Azqueta, D. (2020). Development strategies to implement environmental contracts in silvopastoral systems. *Economía Agraria Y Recursos Naturales - Agricultural and Resource Economics*, 19(2), 47–70. <https://doi.org/10.7201/earn.2019.02.03>

4.a.15. Mejorar la fiscalidad forestal para favorecer la gestión activa de las masas arboladas, pastos y matorrales

Descripción de la propuesta

La propuesta busca prevenir el abandono forestal y promover la gestión activa mediante un sistema fiscal que incentive la inversión, la conservación y el aprovechamiento sostenible de los bosques, matorrales... Las acciones clave propuestas son:

1. Introducir bonificaciones y deducciones fiscales para prácticas de gestión sostenible.
2. Adaptar los incentivos a las características de la propiedad forestal y del territorio.
3. Favorecer fiscalmente el uso de biomasa, madera y otros productos forestales sostenibles.



Las masas agroforestales restauradas/conservadas contienen y favorecen una biodiversidad rica y “secuestran” (retienen) carbono. El impacto en la masa forestal podría no ser visible hasta dos años después de la introducción de una reforma fiscal que favorezca una gestión activa destinada a conservar y regenerar áreas arboladas, pastos y matorrales.

Limitaciones y advertencias

La evidencia científica subraya que el diseño del mecanismo fiscal según el valor ecológico de cada territorio y objetivos concretos de conservación/restauración es importante para asegurar el impacto deseado. Se menciona igualmente la posibilidad de usar impuestos por emisiones para financiar la gestión forestal, entendiendo que el mantenimiento de bosques, pastos y matorrales no solo mejora la prevención de incendios, sino que también favorece la retención de carbono. Las deducciones fiscales a propietarios privados no parecen ser útiles para la mejora de la gestión forestal. Los factores socio-económicos de la implementación de medidas fiscales parecen clave para cumplir con los objetivos fijados.

Evidencia científica y referencias

No hay consenso sobre la idoneidad de la deducción fiscal como mecanismo, habiendo evidencia de que subvenciones dirigidas con prerequisites de elegibilidad de las entidades implementadoras y objetivos predefinidos pueden ser más eficaces en materia de gestión forestal.

Báliková, Klára, et al. "Forest land tax reductions – an effective payment for forest ecosystem services in Slovakia?" *Central European Forestry Journal*, vol. 67, no. 4, National Forest Centre – Forest Research Institute Zvolen, 2021, pp. 167-176. <https://doi.org/10.2478/forj-2021-0010>.

Busch, J., & Mukherjee, A. (2018). Encouraging State Governments to Protect and Restore Forests Using Ecological Fiscal Transfers: India's Tax Revenue Distribution Reform. *Conservation Letters*, 11. <https://doi.org/10.1111/conl.12416>.

Daigneault, Adam, Justin S. Baker, Jिंगgang Guo, Pekka Lauri, Alice Favero, Nicklas Forsell, Craig Johnston, Sara B. Ohrel, Brent Sohngen (2022): How the future of the global forest sink depends on timber demand, forest management, and carbon policies, *Global Environmental Change*, 76, 102582, <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2022.102582>.

Dasgupta, P., & Srikanth, K. (2021). Achieving the climate goal with intergovernmental transfers to the forestry sector: insights from the Indian experience. *Climatic Change*, 164. <https://doi.org/10.1007/s10584-021-03016-0>.

Frey, Gregory E. (2023): Do property tax benefits for forest landowners work? A review of effectiveness at retaining and promoting active management of private forests, *Landscape and Urban Planning*, 231, 104647, <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2022.104647>.



Henderson, B., Frank, S. Havlík, P. & Valin, H. (2021). Policy strategies and challenges for climate change mitigation in the Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU) sector. *OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers* No. 149. OECD-IIASA Paris, France. 10.1787/47b3493b-en.

Pacheco, R. (2021). Carbon taxation as a means to incentivize forest and fire management. *Environment, Development and Sustainability*, 24, 12387 - 12403. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01953-5>.

Tedesco Anazelia M., Brancalion Pedro H. S., Hepburn Michelle L. Hak, Walji Khalil, Wilson Kerrie A., Possingham Hugh P., Dean Angela J., Nugent Nick, Elias-Trostmann Katerina, Perez-Hammerle Katharina-Victoria and Rhodes Jonathan R. (2023): The role of incentive mechanisms in promoting forest restoration, *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, B37820210088, <http://doi.org/10.1098/rstb.2021.0088>.



EJE 5: Potenciar las contribuciones de los sectores forestal y agropecuario a la prevención y mitigación de los eventos climáticos extremos

a. PREVENCIÓN

5.a.1. Promover la agroecología y la agricultura regenerativa en las políticas agrarias

Descripción de la propuesta

Se propone un paquete de medidas para situar al sector agroforestal como actor clave en la prevención de riesgos climáticos, mediante la promoción de la agroecología, incluyendo agricultura regenerativa, como línea estratégica de las políticas agrarias y hacerlas extensivas a todos los sistemas agrarios de alto valor natural. Este enfoque se basa en prácticas que restauran la salud del suelo, aumentan su capacidad de retención de agua, mejoran la biodiversidad y contribuyen al secuestro de carbono. Las prácticas agroecológicas promueven sistemas diversificados, con rotación de cultivos, compostaje, integración agroforestal y reducción de productos sintéticos.

Estas prácticas actúan como cortafuegos naturales, interrumpen la continuidad del combustible vegetal, retienen agua en el suelo, mejoran su fertilidad y aumentan la resiliencia frente a fenómenos extremos. El IPCC (2023) confirma que, en la cuenca mediterránea, la interacción entre cambio climático, usos del suelo y despoblación genera paisajes de alto riesgo, y que las soluciones basadas en la naturaleza vinculadas al manejo agrícola son esenciales para la adaptación.

Acciones clave:

1. Incorporación de manejos agroecológicos, incluyendo la agricultura regenerativa, en las políticas agrarias, con ayudas específicas para prácticas que mejoren la fertilidad del suelo, la biodiversidad y la captura de carbono.
2. Contratos climáticos con pagos por resultados, vinculados a indicadores verificables como reducción de combustible, interrupción de continuidad vegetal y humedad del suelo.
3. Ayudas destinadas a trabajadores agrarios, para que las comunidades rurales sean las beneficiarias directas de las mejoras.



4. Reducción del uso de productos químicos, mediante incentivos para fitosanitarios de bajo riesgo y autorizaciones de emergencia condicionadas a la conservación de servicios ecosistémicos.
5. Fomento del uso de bioestimulantes naturales y recuperación de variedades tradicionales olvidadas que pueden ya poseer características resilientes.
6. Restaurar la salud de los suelos, y fomentar su capacidad de secuestro de carbono
7. Fomentar el aumento de la complejidad de los agroecosistemas a escala local y de paisaje para aumentar su resiliencia frente al cambio climático.
8. Uso de microalgas cultivadas en biorreactores para fertilización, captura de carbono y producción de biomasa.
9. Promoción del policultivo (*intercropping*) y del uso de parientes silvestres de cultivos.
10. Creación de un *sandbox* regulatorio para evaluar de forma rápida y segura las innovaciones tecnológicas antes de su despliegue masivo.
11. Promoción de medidas que favorezcan la viabilidad económica de estas explotaciones, además de los pagos por resultados, para aumentar su valor y diferenciación en el mercado y el aumento de mejorar la percepción social de los bienes y productos generado en estos sistemas.

Estas acciones permitirán transformar el modelo agrario hacia uno más resiliente, justo y ecológicamente restaurador, posicionando a España como referente en agricultura regenerativa y adaptación climática.

Mecanismos de implementación:

1. Coordinación entre el Ministerio de Agricultura, MITECO y centros de investigación agraria.
2. Reformas normativas para integrar prácticas regenerativas y biotecnología y en los eco-regímenes.
3. Financiación específica para proyectos piloto, formación técnica y transferencia de conocimiento.
4. Evaluación continua de impactos mediante indicadores ecológicos y socioeconómicos.

Ámbito: Nacional, con prioridad en zonas agrícolas vulnerables a la sequía, la erosión y el abandono.

Sectores implicados: Agricultura, medio ambiente, desarrollo rural, cambio climático, economía circular.

Actores clave: Ministerio de Agricultura, MITECO, comunidades autónomas, cooperativas agrarias, asociaciones de agricultura regenerativa, centros de investigación, plataformas de certificación de carbono.



Limitaciones y advertencias

Estudios en Europa demuestran que la adopción de prácticas regenerativas mejora la fertilidad y retención de agua, reduce la erosión y favorece la biodiversidad, con beneficios económicos en el medio y largo plazo (Huang et al., 2025; Fendrich et al., 2023; Moret-Bailly et al., 2024). No obstante, es importante tener en cuenta que hay estudios que señalan que, durante los primeros años de transición puede observarse un descenso temporal de la productividad, que requiere incentivos y compensaciones públicas (EARA, 2025). Además, los resultados varían según el contexto climático y el estado previo del suelo: bajo condiciones mediterráneas extremas, los productores pueden asumir pérdidas económicas mientras generan beneficios ambientales que se recomienda que sean retribuidos como servicios ecosistémicos

Evidencia científica y referencias

Existe un amplio consenso científico sobre los beneficios de la agricultura regenerativa y el uso de biotecnología sostenible para mejorar la resiliencia del suelo, reducir riesgos climáticos y transformar el modelo agrario hacia la sostenibilidad. La propuesta se alinea con el Green Deal Europeo, la estrategia “Farm to Fork”, la Década de las Naciones Unidas sobre la Restauración de los Ecosistemas (2021–2030) y la Regulación de Agricultura de Carbono (CRCF, 2024) de la Comisión Europea.

IPCC (2023). *Sixth Assessment Report*.

Moret-Bailly, S. & Muro, M. (2024) *The costs and benefits of transitioning to sustainable agriculture in the EU. A synthesis of existing knowledge*. IEEP.

Blaix, C., Dumont, B., Bloor, J. M. G., Zagaria, C., Fleurance, G., Joly, F., & Huguenin-Elie, O. (2026). Agroecological interventions increase biodiversity and the potential for climate change mitigation in Europe. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 395, <https://doi.org/10.1016/j.agee.2025.109938>.

Brunelle, T., Chakir, R., Carpentier, A. *et al.* Reducing chemical inputs in agriculture requires a system change. *Commun Earth Environ* 5, 369 (2024). <https://doi.org/10.1038/s43247-024-01533-1>

Fendrich, A., Matthews, F., Van Eynde, E., Carozzi, M., Li, Z., D'andrimont, R., Lugato, E., Martin, P., Ciais, P. and Panagos, P., (2023) From regional to parcel scale: a high-resolution map of cover crops across Europe combining satellite data with statistical surveys, *Science of the Total Environment*, 873, p. 162300, JRC131295.

Huang W, Jiang L, Zhou J, Kim HS, Xiao J, Luo Y. (2025) Reduced Erosion Augments Soil Carbon Storage Under Cover Crops. *Glob Chang Biol*. 31(3):e70133. doi: 10.1111/gcb.70133. Rebollo, V., Saralegui-Díez, P., Ramírez, P., Moranta, J., Guzmán, G., Florido, D., Soto, D., Villasante, S., Gómez, S., Ruiz, R., Murray, I., Baraza, E., Mallol, S., López, L., Tello, E., & Onofre Fullana. (2025). Caracterización del conocimiento ecológico tradicional (CET) asociado a sistemas agroecológicos y pesqueros y su vínculo con el cambio climático. *Alimentta*.

Reglamento (UE) 2021/2115. Normas relativas a la PAC y eco-regímenes.



Sands, Bryony & Machado, Mario & White, Alissa & Zent, Eglee & Gould, Rachele. (2023). Moving towards an anti-colonial definition for regenerative agriculture. *Agriculture and Human Values*. 40. 10.1007/s10460-023-10429-3.

Costa A, Bommarco R, Smith ME, et al (2024) Crop rotational diversity can mitigate climate-induced grain yield losses. *Global Change Biology* 30:e17298.

Mijatovic D, Van Oudenhoven F, Eyzaguirre P, Hodgkin T (2013) The role of agricultural biodiversity in strengthening resilience to climate change: towards an analytical framework. *INTERNATIONAL JOURNAL OF AGRICULTURAL SUSTAINABILITY* 11:95–107.

Liebman M, Schulte LA (2015) Enhancing agroecosystem performance and resilience through increased diversification of landscapes and cropping systems. *ELEMENTA-SCIENCE OF THE ANTHROPOCENE* 3:.
Altieri M, Nicholls C, de Molina M, Rojas A (2024) Landscape Agroecology: Methodologies and Applications for the Design of Sustainable Agroecosystems. *Land* 13:.

Altieri MA, Nicholls CI, Henao A, Lana MA (2015) Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. *Agronomy for Sustainable Development* 35:869–890.

Wezel, A., Marchetti, A., Nischenametla, C.K. *et al.* Multiple agroecological practices use and climate change mitigation. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 45, 58 (2025). <https://doi.org/10.1007/s13593-025-01048-9>

5.a.2. Promover la agroforestería y los territorios forestales multifunción

Descripción de la propuesta

Se propone impulsar la transición hacia paisajes agroforestales multifuncionales, que integren vegetación leñosa (árboles y arbustos) en sistemas agrícolas y ganaderos, combinando producción de alimentos con servicios ecosistémicos clave. Esta estrategia permite aumentar la resiliencia frente a sequías, incendios y plagas, mejorar la biodiversidad funcional y contribuir al secuestro de carbono.

Los sistemas agroforestales —como las dehesas, los cultivos bajo arbolado, los setos vivos y el silvopastoreo— ofrecen beneficios ecológicos y económicos sin comprometer la productividad. Además, promueven la conectividad ecológica, la regulación hídrica y la fertilidad del suelo, y son aliados en la lucha contra la despoblación rural.

Acciones clave:

1. Incentivos económicos por servicios ecosistémicos (carbono, biodiversidad, agua).
2. Apoyo técnico y financiero a explotaciones agroforestales, incluyendo formación y asesoramiento.
3. Integración de la agroforestería en los ecorregímenes de la PAC y en los planes estratégicos autonómicos.
4. Promoción de modelos de gobernanza compartida que reconozcan los beneficios sociales de los paisajes multifuncionales.



5. Creación de un censo de fincas agrarias y forestales sin uso para dinamizar sus posibles usos. Las administraciones autonómicas y locales deben realizar un inventario de las parcelas agrarias y forestales abandonadas y planificar de forma participada los usos agrarios extensivos y forestales más adecuados para diversificar el paisaje, bajo el paradigma de la agroecología. Los bancos de tierra y los contratos territoriales suponen una buena herramienta para ello.
6. Recuperar la importancia de la cabaña de ganadería extensiva en los montes y pastos, como una forma viable, sostenible y descentralizada de intervenir en el espacio forestal. La ganadería extensiva es una herramienta fundamental para trabajar la prevención de un modo activo y eficaz gracias a la acción de control de la vegetación que realizan sus animales, el mantenimiento de infraestructuras hídricas y de acceso, el incremento de la vigilancia en el monte, la accesibilidad y la transitabilidad. Aunque también hay que señalar que por sí misma, no constituye la única solución para los incendios forestales.
7. Creación de sitios piloto en distintas regiones agroecológicas, con tres enfoques tácticos: resistencia (mantener funciones ante perturbaciones), resiliencia (recuperación tras eventos extremos) y transición (adaptación progresiva a nuevas condiciones climáticas). Se recomienda que estos sitios incluyan:
 - Indicadores ecofuncionales (carbono, biodiversidad, agua, productividad).
 - Participación activa de gestores locales, comunidades rurales y centros de investigación.
 - Evaluación a largo plazo con protocolos replicables y escalables.

Mecanismos de implementación:

1. Reformulación de los planes de gestión forestal y agropecuaria para incluir criterios de multifuncionalidad y resiliencia.
2. Inclusión de la agroforestería en los instrumentos de financiación climática y rural (PAC, PEPAC, fondos NextGen).
3. Convenios entre administraciones, propietarios rurales, cooperativas y entidades científicas.
4. Creación de una red nacional de paisajes piloto agroforestales con seguimiento técnico y científico.

Ámbito: Nacional, con prioridad en zonas de interfaz agroforestal, media montaña y áreas en riesgo de despoblación.

Sectores implicados: Agricultura, ganadería, silvicultura, medio ambiente, desarrollo rural, cambio climático.



Actores clave: Ministerio de Agricultura, MITECO, comunidades autónomas, cooperativas agroganaderas, propietarios forestales, centros de investigación, plataformas de certificación de carbono, organizaciones ecologistas.

Limitaciones y advertencias

Si bien existe un alto consenso científico en torno al potencial de la agroforestería para mejorar la resiliencia del territorio rural frente al cambio climático, es importante tener en cuenta que esta práctica debe adaptarse a la realidad climática de cada territorio y puede no ser buena solución en zonas áridas, al inducir efectos negativos en la calidad y fertilidad del suelo (Stavi et al., 2023, *Journal of Environmental Management*) y en la disponibilidad de agua (Li et al., 2023, *Agriculture, Ecosystems & Environment*; Huang et al., 2021, *Agricultural Water Management*).

Evidencia científica y referencias

La agroforestería está ampliamente respaldada por la FAO, el IPCC y múltiples estudios científicos como una solución basada en la naturaleza con alto potencial de mitigación y adaptación. La evidencia muestra que

- El silvopastoreo reduce la carga de combustible y mejora la fertilidad del suelo.
- Los cultivos leñosos mixtos aumentan la resiliencia hídrica y diversifican los ingresos rurales.
- Los setos y cortavientos mejoran la conectividad ecológica y actúan como barreras frente al fuego.
- Todos estos sistemas contribuyen al secuestro de carbono y a la multifuncionalidad del paisaje.

Mosquera-Losada, M.R. et al. (2009). *Agroforestry systems as sustainable land use*.

FAO (2023). *Agroforestry for climate resilience and food security*.

IPCC AR6 WGII (2022). *Impacts, Adaptation and Vulnerability*.

Torralba, M. et al. (2016). *Do European agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem services? Agroforestry Systems*.

EEA (2021). *Multifunctional landscapes for climate adaptation*.

Maestre, F.T. et al. (2022). *Multifunctionality of dryland ecosystems under climate change*. *Science*.

Navarro-Perea, C. et al. (2022). *Effects of grazing on ecosystem services in Mediterranean landscapes*. *Arid Land Research and Management*.

García Fernández, J. La ganadería extensiva y trashumante, clave en la conservación de sistemas de alto valor natural. Cuadernos Entretantos 1. Fundación Entretantos.



5.a.3. Impulsar la mejora genética vegetal para la resiliencia climática de los sistemas agroforestales

Descripción de la propuesta

La intensificación de sequías, olas de calor, inundaciones y plagas asociadas al cambio climático amenaza la estabilidad de los sistemas agroforestales. En este contexto, la mejora genética vegetal se posiciona como una herramienta clave para desarrollar variedades y genotipos más resistentes, eficientes y sostenibles, capaces de mantener su funcionalidad ecológica y productiva en condiciones adversas.

También es necesario prestarle atención también a la biodiversidad cultivada, como palanca clave para la construcción de sistemas alimentarios locales sostenibles y saludables en toda Europa. Se recomienda fomentar los bancos de semillas agrícolas y el uso de variedades tradicionales para la adaptación al cambio climático y la transición ecológica del sistema alimentario, resulta imprescindible. El proyecto europeo LiveSeeding ha trabajado la mejora de este tema implicando a los ayuntamientos y entidades locales.

Esta propuesta plantea un enfoque integral que combine la innovación biotecnológica con la conservación de la diversidad genética, integrando la investigación científica, la participación de propietarios forestales y agricultores, y el respaldo institucional.

Acciones clave:

1. **Ayudas a propietarios forestales** para:
 - Fomentar la diversidad genética forestal mediante plantaciones estructuradas como ensayos genéticos.
 - Conservar *in situ* recursos genéticos forestales en unidades reconocidas por la Red Nacional y EUFORGEN.
2. **Desarrollo de una red nacional de monitorización genética**, centrada en:
 - Evaluar la respuesta de materiales genéticamente diversos frente a amenazas bióticas y abióticas.
 - Formular recomendaciones para su uso en reforestaciones adaptadas al cambio climático.
3. **Impulso a la mejora genética participativa** en el sector agropecuario, integrando:



- Selección asistida por marcadores, edición génica (CRISPR-Cas) y genómica funcional.
- Programas de rescate y valorización de variedades locales y silvestres.

4. Integración en políticas públicas:

- Inclusión de la mejora genética en los planes de adaptación climática, forestales y agrarios.
- Financiación específica a través de la PAC, el Plan Nacional de Mejora Genética Forestal (2024–2033) y el Plan Nacional de Conservación de Recursos Genéticos Forestales (2024–2033).

Mecanismos de implementación:

1. Coordinación entre MITECO, MAPA, comunidades autónomas, centros de investigación (INIA, CSIC, universidades) y propietarios forestales.
2. Evaluación de impacto mediante indicadores de resiliencia, productividad, biodiversidad y secuestro de carbono.
3. Uso de tecnologías de monitorización genómica y plataformas de datos abiertos para la toma de decisiones.

Ámbito: Nacional, con prioridad en zonas forestales vulnerables, áreas agrícolas afectadas por estrés climático y territorios con alto valor genético.

Sectores implicados: Silvicultura, agricultura, ganadería, medio ambiente, investigación, cambio climático.

Actores clave: Ministerio para la Transición Ecológica, Ministerio de Agricultura, comunidades autónomas, propietarios forestales, cooperativas agrarias, centros de investigación, plataformas de certificación genética y ambiental, empresas biotecnológicas y obtentores vegetales.

Limitaciones y advertencias

A pesar del elevado consenso en torno al potencial de la mejora de las especies vegetales en términos de productividad agrícola, es importante tener en cuenta que aún existen ciertos disensos y evidencias limitadas sobre sus posibles impactos. Además, su aplicación en Europa está restringida por una legislación que los equipara a los organismos modificados genéticamente (OMG) clásicos, pese a que la mayoría de las plantas editadas genéticamente con CRISPR no puedan considerarse transgénicas.

También preocupa la posible introducción de modificaciones genéticas no intencionadas, de consecuencias imprevisibles, que puedan aparecer en cualquier protocolo de terapia génica, también con la tecnología CRISPR. No obstante, la seguridad absoluta no existe, lo que obliga a las agencias



reguladoras a aceptar un cierto grado de incertidumbre a cambio de un mayor beneficio (curación). En este sentido, la Comisión Europea impulsa actualmente varias iniciativas regulatorias relevantes, entre ellas la propuesta de una nueva regulación para las Nuevas Técnicas Genómicas (NTG), la futura Ley de Biotecnología y la Estrategia de Ciencias de la Vida (2024-2029), todas orientadas a promover la innovación responsable y la protección del medio ambiente. Aun así, debe considerarse la cuestión de la aceptación social de estas técnicas, todavía condicionada por la percepción pública heredada de los OMG y por la falta de información clara sobre su seguridad y utilidad, así como recabar más evidencias sobre sus posibles riesgos

Evidencia científica y referencias

La mejora genética vegetal está ampliamente respaldada por la literatura científica como herramienta eficaz para:

- Adaptar cultivos y especies forestales a condiciones climáticas extremas.
- Reducir emisiones mediante variedades más eficientes en el uso de agua y nutrientes.
- Aumentar el secuestro de carbono en biomasa y suelos.
- Conservar la biodiversidad genética, clave para la resiliencia futura.

Lasa et al. (2024). *Soil microbial communities and forest decline. Science of the Total Environment*, 926:171858.

Plan Nacional de Mejora Genética Forestal 2024–2033 (NIPO: 665-24-072-2).

Plan Nacional de Conservación de Recursos Genéticos Forestales 2024–2033 (NIPO: 665-24-045-3).

Real Decreto 159/2022, de 1 de marzo.

Montoliu, L., et al (2025). *La tecnología CRISPR en agricultura, alimentación y salud*. Informe de políticas. Grupo de Trabajo para el Asesoramiento Científico al Gobierno: Madrid.

Petjon Ballco, J., Barreiro-Hurlé, J., Gracia, A., Gracia, A., & Sanjuán, A. I. (2025). Are consumers ready to accept gene-edited crops? Evidence from a choice experiment for CRISPR-edited tomatoes in Spain. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 23(3), 21503. <https://doi.org/10.5424/sjar/2025233-21503>

Campa, M., Miranda, S., Licciardello, C., Lashbrooke, J., Dalla Costa, —, Guan, Q., Spök, A., & Malnoy, M. (2023). Application of new breeding techniques in fruit trees. *Plant Physiology*, 194(3), 1304-1322. <https://doi.org/10.1093/plphys/kiad374>

Chen, F., Chen, L., Yan, Z., Xu, J., Feng, L., He, N., Guo, M., Zhao, J., Chen, Z., Chen, H., Yao, G., & Liu, C. (2024). Recent advances of CRISPR-based genome editing for enhancing staple crops. *Frontiers in Plant Science*, 15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1478398>

European Commission. (2024). *European Climate Risk Assessment (EUCRA): Agriculture and food security*.



5.a.4. Acelerar los aprovechamientos forestales y la movilización de la biomasa forestal

Descripción de la propuesta

Los aprovechamientos forestales contribuyen a disminuir el peligro de incendios en la medida que contribuyen a retirar biomásas y estimular la discontinuidad vertical, pero en España sólo se aprovecha el 35% del crecimiento de las biomásas.

España dispone de una notable disponibilidad de biomasa forestal y agroganadera (madera tecnológica, madera delgada y de trituración, restos en monte y de las industrias forestales, estiércoles, purines, rastrojos), cuya gestión representa un desafío ambiental y una oportunidad estratégica. Esta propuesta plantea el mayor uso de dichas biomásas. Una incipiente tecnología para uso es mediante reactores modulares de pirólisis autosuficientes, capaces de generar energía térmica o eléctrica en entornos rurales con baja densidad poblacional.

- Se puede promover la utilización de más biomasa forestal, particularmente en zonas de alto riesgo de incendios (ZAR). Se puede aprovechar la biomasa para madera tecnológica, energía, compost, productos industriales o ganadería extensiva.
- Se puede considerar la pirólisis *in situ* como medio para convertir los restos agroforestales en biochar, lo que produciría una fijación del carbono de la biomasa en lugar de emitir a la atmósfera.

Con esto en mente, se propone desarrollar un modelo de gestión integral de la biomasa forestal y agrícola que permita su valorización energética mediante tecnologías como la bioenergía con captura y almacenamiento de carbono (BECCS) y la pirólisis con producción de biochar. Este enfoque permite simultáneamente reducir la carga de combustible en los montes, evitar quemas agrícolas contaminantes, generar energía renovable y extraer carbono de la atmósfera.

El BECCS consiste en la generación de electricidad a partir de biomasa, combinada con captura y almacenamiento geológico de CO₂, lo que permite una extracción neta de carbono. Esta tecnología, respaldada por el IPCC desde su 5º informe, es más eficiente energéticamente que la captura directa del aire (DAC) y representa una herramienta clave para compensar emisiones difíciles de eliminar.

Complementariamente, se propone el uso de reactores modulares de pirólisis autosuficientes, capaces de transformar biomasa heterogénea en energía térmica o eléctrica en entornos rurales. Este proceso genera biochar, un material



rico en carbono estable que mejora la calidad del suelo, incrementa la retención de agua y contribuye al secuestro de carbono a largo plazo.

Para maximizar la rentabilidad, se propone complementar la valorización energética con el desarrollo de biorrefinerías integradas rurales. Estas instalaciones permitirían transformar residuos forestales y agrícolas lignocelulósicos en productos de alto valor añadido, como bioplásticos, bioquímicos y biocombustibles avanzados, mediante procesos termoquímicos (pirólisis, hidrotermólisis) y biotecnológicos (fermentaciones). Esta aproximación, alineada con la Estrategia de Bioeconomía de la UE (actualizada en 2025) y con iniciativas nacionales como los proyectos Fraction (CSIC), CLaMber (Castilla-La Mancha), URBIOFIN y otros financiados por la Circular Bio-based Europe Joint Undertaking, generaría ingresos adicionales para propietarios y operadores, facilitando las labores de poda y saneamiento, al tiempo que refuerza la bioeconomía circular y el desarrollo rural.

Acciones clave:

1. Gestión activa de restos forestales (árboles caídos, podas) y residuos agrícolas (rastros, podas de olivar y viñedo, estiércoles).
2. Implantación de plantas BECCS y unidades de pirólisis en zonas rurales.
3. Producción de pellets y otros biocombustibles sólidos para calefacción local.
4. Aplicación de biochar en suelos agrícolas y forestales vulnerables.
5. Apoyo a la cooperación entre pequeños propietarios forestales y agrícolas.
6. Creación de un fondo estatal de gestión forestal y bioenergía.
7. Desarrollo de un marco normativo actualizado que integre la biomasa en el PNIEC y en la Ley de Transición Energética.
8. Elaboración de una Agenda Forestal y Bioenergética 2030 con objetivos concretos.
9. Mejora en la optimización de procedimientos de adjudicación.
10. Abordaje de las posibles ambigüedades o contradicciones entre normativa.
11. Promover la cualificación del personal en labores forestales, especialmente en zonas con problemas de despoblación
12. Aumentar el desarrollo de la industria y mercados asociados a dichos aprovechamientos, promoviendo tanto la producción de biocombustibles sólidos (pellets, astillas) como el establecimiento de biorrefinerías integradas rurales para obtener productos de alto valor añadido (bioplásticos, bioquímicos, biocombustibles avanzados y biochar) mediante procesos termoquímicos y biotecnológicos.

Limitaciones y advertencias



Hay diversas barreras socioeconómicas (minifundismo, fiscalidad desincentivadora o el absentismo de la propiedad), de accesibilidad (pistas forestales y distancia a fábricas) y administrativas que deben considerarse. El uso de biochar puede ofrecer beneficios relevantes para el suelo, el clima y el desarrollo rural, pero su viabilidad depende de superar varias limitaciones económicas y ambientales. Los altos costes de recogida y transporte de biomasa, la inversión inicial en equipos de pirólisis y la falta de un mercado consolidado pueden dificultar su adopción a gran escala. Además, es esencial garantizar que el proceso de producción no genere emisiones contaminantes, que el material utilizado no contenga metales pesados y que la extracción de biomasa no degrade los ecosistemas.

Por otro lado, la viabilidad técnica y económica de BECCS depende de la disponibilidad de infraestructuras de almacenamiento geológico de CO₂. La logística de recogida y procesamiento de biomasa requiere coordinación territorial y apoyo a la cooperación entre propietarios. Aunque el biochar cuenta con un sólido respaldo científico en varios frentes, existen debates sobre la estabilidad real del carbono almacenado, así como sobre posibles emisiones o contaminantes si el proceso de pirólisis no se controla adecuadamente. También se cuestiona su eficacia agronómica en distintos tipos de suelo y la sostenibilidad de extraer grandes volúmenes de biomasa, especialmente si compite con otros usos o afecta a los ecosistemas.

El impulso a biorrefinerías integradas rurales enfrenta barreras como la limitada madurez tecnológica (muchos en fases piloto o demostrativas, TRL 4-7), altos costes de inversión inicial, en pretratamientos y en la logística de los residuos en entornos rurales, y un mercado aún incipiente para bioproductos, que compite con alternativas fósiles más económicas.

Evidencia científica y referencias

Lasanta, T., Nadal-Romero, E., García-Ruiz, J.M., 2019. Clearing shrubland as a strategy to encourage extensive livestock farming in the Mediterranean mountain. *Geographical Research Letters* 45(2), 487-513. <http://doi.org/10.18172/cig.3616>

Lasanta, T., Cortijos-López, M., M. Paz Errea, Manel Llana, Sánchez-Navarrete, P., Zabalza, J. and Nadal-Romero, E. (2024). Shrub clearing and extensive livestock as a strategy for enhancing ecosystem services in degraded Mediterranean mid-mountain areas. *Science of The Total Environment*, 906, pp.167668–167668. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167668>.

Barreras, Y., La, A., De, M., De Coníferas, M. and Tolosana, E. (n.d.). PARA UNA GESTIÓN FORESTAL SOSTENIBLE, MÁS MADERA. [online] Available at: <https://pfcyl.es/sites/default/files/biblioteca/documentos/masmadera.pdf> [Accessed 14 Oct. 2025].

Agee, J.K. and Skinner, C.N. (2005). Basic principles of forest fuel reduction treatments. *Forest Ecology and Management*, 211(1-2), pp.83–96. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.01.034>.

Crecente-Campo, F., Pommerening, A. and Rodríguez-Soalleiro, R. (2009). Impacts of thinning on structure, growth and risk of crown fire in a *Pinus sylvestris* L. plantation in northern Spain. *Forest Ecology and Management*, 257(9), pp.1945–1954. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.02.009>.



Coelho, L., Canedo, J.N.G.V., Custódio, M., Flores, D., Mourão, P., Palma, P. and Prats, S.A. (2025). Feedstock and pyrolysis conditions of biochars: influence on soil phytotoxicity and water ecotoxicity. *Soil Biology and Biochemistry*, [online] 211, p.109935. doi:<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2025.109935>.

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2022). Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. [online] Available at: <https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/estadisticas/forestal-anuario-2022.html>.

Tolosana, E., Bados, R., Rubén Laina, Narcis Mihail Bacescu and Teresa (2021). Forest Biomass Collection from Systematic Mulching on Post-Fire Pine Regeneration with BioBaler WB55: Productivity, Cost and Comparison with a Conventional Treatment. *Forests*, [online] 12(8), pp.979–979. doi:<https://doi.org/10.3390/f12080979>.

Manual sobre las Biorrefinerías en España (2017, Suschem-España y Bioplat). Actualizable con informes recientes de AVEBIOM o MITECO. [https://www.suschem-es.org/docum/pb/2017/publicaciones/Manual de Biorrefinerias en Espana feb 2017.pdf](https://www.suschem-es.org/docum/pb/2017/publicaciones/Manual%20de%20Biorrefinerias%20en%20Espana%20feb%202017.pdf)

Barragán-Ocaña, A., Merritt, H., Sánchez-Estrada, O.E., Méndez-Becerril, J.L., Longar-Blanco, M. del P., 2023. Biorefinery and sustainability for the production of biofuels and value-added products: A trends analysis based on network and patent analysis. *PLOS ONE* 18, e0279659. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0279659>

Pérez-Almada, D., Galán-Martín, Á., Mar Contreras, M. del, Castro, E., 2023. Integrated techno-economic and environmental assessment of biorefineries: review and future research directions. *Sustain. Energy Fuels* 7, 4031–4050. <https://doi.org/10.1039/D3SE00405H>

Rijal, P., Carvalho, H., Matias, J., Garrido, S., Pimentel, C., 2025. Drivers and barriers of residual agroforestry biomass valorization: a systematic literature review. *Agrofor. Syst.* 99, 81. <https://doi.org/10.1007/s10457-024-01131-2>

Solarte-Toro, J.C., Cardona Alzate, C.A., 2021. Biorefineries as the base for accomplishing the sustainable development goals (SDGs) and the transition to bioeconomy: Technical aspects, challenges and perspectives. *Bioresour. Technol.* 340, 125626. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125626>

Vallejos, M.E., Covinich, L.G., Clauser, N.M., Area, M.C., 2024. Top-Value Bioproducts Selection for the Forest Biorefinery in the Current Bioeconomy Framework, in: Kapoor, R.T., Sillanpää, M., Zdarta, J., Rafatullah, M. (Eds.), *Biomass Valorization: A Sustainable Approach towards Carbon Neutrality and Circular Economy*. Springer Nature, Singapore, pp. 27–43. https://doi.org/10.1007/978-981-97-8557-5_2

5.a.5. ‘Refarming’: restaurar paisajes resilientes mediante ganadería extensiva y manejo silvopastoral

Descripción de la propuesta

El abandono rural ha provocado la desaparición de prácticas tradicionales de pastoreo, lo que ha contribuido a la acumulación de biomasa inflamable y a la homogeneización del paisaje. Esta pérdida de herbivoría funcional ha debilitado la capacidad de los ecosistemas mediterráneos para regular los ciclos de biomasa y responder a perturbaciones como los incendios forestales.



La propuesta plantea una estrategia de “refarming”, que consiste en recuperar la estructura pastoral histórica mediante la introducción planificada de ganado doméstico en zonas forestadas, con cargas ganaderas y rotaciones adecuadas. Esta práctica simula el efecto de los herbívoros silvestres, modelando la vegetación herbácea y arbustiva, reduciendo la biomasa y fomentando paisajes en mosaico más abiertos y menos inflamables.

La propuesta busca prevenir incendios forestales mediante la gestión sostenible del territorio a través del fomento de la ganadería extensiva. La ganadería extensiva ha demostrado ampliamente su capacidad para mantener estructuras económicas viables en el medio rural, tanto familiares como de emprendimiento, ya que genera productos de altísima calidad, apreciados por los consumidores y vinculados a su origen (quesos, lácteos, carnes, embutidos...). El desarrollo de este tejido económico permite descentralizar la gestión territorial e incrementar la resiliencia de los agentes más activos en el cuidado y la gestión territorial. Además, la promoción de la ganadería extensiva en su vertiente de “herbivoría pírca” (el uso controlado del pastoreo como herramienta preventiva) constituye un método eficaz para crear y mantener discontinuidades en la vegetación, actuando como cortafuegos naturales. Sin embargo, las condiciones del sector ganadero extensivo se han endurecido en los últimos años, con mayores barreras normativas y una clara desigualdad en la asignación de incentivos, ayudas y apoyo, además de compartir la grave situación que afecta a toda la producción agropecuaria, lo que ha provocado su progresivo retroceso. Es conveniente apoyar y reactivar la ganadería extensiva vuelva a ser una opción viable para las zonas rurales, respaldada por incentivos fiscales y económicos realistas (exenciones, ayudas, subvenciones o pagos por servicios ecosistémicos). Aunque existen iniciativas como la Red de Áreas Pasto-Cortafuegos de Andalucía (RAPCA), creada en 2005 por la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de Andalucía, las acciones actuales resultan insuficientes.

El “refarming” implica recuperar gente que trabaje en los pueblos, pero en actividades vinculadas con el sector primario (ganadería, agricultura con base agroecológica que integra animales, silvicultura) y con el sector secundario de transformación a nivel local y/o comarcal de sus productos. Para asentar en nuestros pueblos “granjas” sostenibles también económica y socialmente (con el sistema socioeconómico histórico que se ha perdido), el “refarming” necesita de acciones simultáneas relacionadas con:

1. la acogida de nuevos pobladores en el territorio rural (vivienda, infraestructuras básicas, servicios de calidad, mejores accesos, etc).
2. la venta y distribución de los productos agrosilvopastorales que contribuyen a la gestión sostenible del territorio y a la prevención de incendios (infraestructuras de transformación como mataderos y



- obradores de proximidad, marcas de diferenciación de los productos frente a la ganadería intensiva para facilitar su venta al consumidor, canales cortos de comercialización, etc).
3. Mejoras en las ayudas e incentivos como los pagos directos por servicios ambientales que esta ganadería extensiva aporta, y/o con otros beneficios fiscales/administrativos/tributarios para estas explotaciones.
 4. un reconocimiento legislativo específico a la ganadería extensiva, que permita diferenciarse también en las obligaciones legales y burocráticas frente a la ganadería intensiva.
 5. una atención especial al relevo generacional de las “granjas” y a la equidad de género, para evitar la pérdida de explotaciones (como pasa en la actualidad) y aumentar su número, fomentado empleo verde directo.

Del mismo modo, allí donde sea muy difícil restaurar o implantar las medidas socioeconómicas necesarias, o no sean suficientes las “granjas” o ganaderías extensivas asentadas, deberían complementarse con la recuperación de herbívoros silvestres, siempre que sea posible y siempre que no generen mayor conflicto socioambiental en el territorio.

Acciones clave:

1. Establecer un marco legal favorable al desarrollo de la ganadería extensiva y al manejo integrado de los pastos en España y establecer normativa específica para su ejercicio. Este marco legal y de desarrollo debería incluir mejoras en el acceso, la financiación y la gestión de los pastos en los diferentes niveles administrativos, así como la mejora técnica en el pastoreo como herramienta de gestión territorial
2. Establecer, con los agentes implicados, una definición de ganadería extensiva que se recoja en las aplicaciones legislativas sectoriales y ponga en valor los servicios ecosistémicos que ofrece. Resulta necesario que la ganadería extensiva se diferencie de otros modelos ganaderos productivos debido a las características de su manejo y a los servicios ecosistémicos que aporta.
3. Declarar la ganadería extensiva como actividad de utilidad pública, reconociendo su papel en la prevención de incendios y la gestión del territorio. Se recomienda que los pastos, específicamente, sean reconocidos como territorios estratégicos que demandan un modelo de gestión específico en cuya base se encuentra la ganadería extensiva. Desarrollar una estrategia de movilización de pastos en Montes de Utilidad Pública y promover el desarrollo de planes de uso y gestión de espacios naturales protegidos que contemplen la ganadería extensiva como una herramienta clave de la gestión.
4. Desarrollar un Plan Nacional de Pastoreo Dirigido para la Prevención de Incendios, con apoyo técnico, formativo y económico estructural a ganaderos extensivos, incluyendo trashumancia y el pastoreo estacional.



5. Establecer planes adaptativos de gestión de pastoreo plurianuales para cada explotación, que incorporen calendarios y cargas de pastoreo y descanso del terreno, que estén ligados a posibles ayudas relacionadas con los pagos por servicios ecosistémicos, en la línea que se viene haciendo con los Planes silvopastorales de las medidas agroambientales para desbroces en Castilla y León.
6. Rediseñar los subsidios agrarios para priorizar la programación de la carga ganadera efectiva y los periodos de descanso de los pastos, la intervención en las masas forestales, la protección de núcleos urbanos e infraestructuras y el manejo sostenible del territorio.
7. Fomentar la diversificación de especies ganaderas, con especial atención a razas autóctonas rústicas.
8. Identificar y promover el uso de animales con menores emisiones de metano, así como aquellos genéticamente más tolerantes a los efectos del calor, y más productivos bajo condiciones climáticas adversas, mejorar los programas de cría dirigidos a obtener animales que contribuyan a mitigar los efectos del cambio climático y a mejorar su resiliencia a los escenarios climáticos futuros, a la vez que se garantiza su eficiencia productiva y sostenibilidad.
9. Promover programas nacionales y regionales de conservación in situ y ex situ de razas autóctonas resilientes, a través de la implementación de bancos de germoplasma, con especial atención a aquellas razas autóctonas resistentes al cambio climático. Incorporar criterios de manejo pastoril a las especificaciones de las razas autóctonas, para favorecer el desarrollo de animales rústicos, adaptados al territorio y capaces de producir y gestionar el paisaje incluso en condiciones cambiantes.
10. Apoyar la movilidad del ganado y la gestión adaptativa de pastos y forrajes, promoviendo regímenes de pastoreo rotacional, así como la trashumancia y la trasterminancia.
11. Impulsar la silvopastoralización de masas forestales allí donde fuese posible, siguiendo modelos como la dehesa mediterránea o el pastoreo bajo arbolado, para aumentar la biomasa pastable y la resiliencia ecológica. Potenciar sistemas productivos multifuncionales que combinen producciones de ciclo largo (forestales) con otras de ciclo más corto (ganadería y otras producciones) para estabilizar ingresos y reducir riesgos.
12. Promover esquemas de economía circular que permitan revalorizar ciertos tipos de residuos agrícolas como forraje o enmienda orgánica del suelo. Apoyar el pastoreo de barbechos y rastrojos y eliminar ayudas nocivas que evitan el uso ganadero *in situ* de los residuos de cosecha.
13. Potenciar la introducción de herbívoros silvestres siempre que sea posible y que no genere mayores conflictos socioambientales.
14. Divulgar las contribuciones de la ganadería extensiva a nivel ecosistémico frente a los impactos de las modalidades intensivas.
15. Incorporar tecnología de seguimiento y manejo del ganado para facilitar la movilidad y la rotación), calidad del pasto y efecto en la biodiversidad



- del ecosistema, así como para las infraestructuras en monte (como apriscos o puntos de agua que se abran sólo para el ganado extensivo).
16. Apoyar económica y técnicamente el emprendimiento en ganadería extensiva, tanto a nivel particular como promovido por entidades locales para la prevención de incendios (rebaños vecinales/municipales), también potenciando sus cadenas de valor y el reconocimiento de su calidad y los servicios que proporciona.
 17. Favorecer y promover el relevo generacional de explotaciones ganaderas extensivas, poniendo en contacto a agentes, disminuyendo la burocracia, facilitando el acceso a la tierra, a la compra y cesión de ganado y a las infraestructuras y recursos comunales, propiciando la incorporación de la mujer y dando la formación técnica y económica necesaria. La incorporación de nuevos profesionales al sector pasa, inevitablemente, por garantizar unas buenas condiciones laborales y económicas viables para el desarrollo del trabajo.
 18. Apoyar y ampliar las “escuelas de pastores” en todo el estado, favoreciendo la formación también en diversificación de productos, comercialización y gestión económica de la granja.
 19. Diversificar modelos de negocio ligados al pastoreo ambiental y razas autóctonas
 20. Apoyar y promover la marca de diferenciación de la ganadería extensiva puesta en marcha por la Plataforma por la Ganadería Extensiva y el Pastoralismo, para facilitar el reconocimiento de la labor de estas granjas y la venta de sus productos.
 21. Crear programas de apoyo al asociacionismo, cooperativismo y construcción de redes entre productores agrícolas, productores ganaderos, propietarios de terrenos, selvicultores, etc, (inter e intrasectorial) para mejorar las capacidades de gestión, la comercialización, la incidencia política y la resiliencia colectiva. Crear asociaciones de propietarios o bancos de tierras públicos que faciliten la gestión conjunta de superficies forestales con vocación silvopastoral y hagan más sencilla la gestión ganadera.
 22. Fomentar la compra pública de los productos de estas ganaderías y facilitar los canales cortos de comercialización, promoviendo los Centros agroecológicos de distribución (CAD) para poder abastecer a los propios pueblos productores de los alimentos de calidad que elaboran, favoreciendo los biodistritos.
 23. Incentivar demostradores territoriales (proyectos piloto) que integren prevención de incendios y producción sostenible. Los proyectos como Live-Adapt y otros Life permiten implementar y evaluar medidas piloto transferibles.
 24. Potenciar el capital social, la representación y representatividad de los ganaderos extensivos en la toma de decisiones territoriales a nivel local, incorporar a los ganaderos extensivos a las herramientas de planificación y gestión del territorio (Planes urbanísticos, estrategias territoriales y sectoriales, planes de ordenación y gestión de los espacios naturales



protegidos, etc.) para que su contribución y labor sea reconocida y respetada en las herramientas territoriales.

Mecanismos de implementación:

1. Coordinación entre MITECO, Ministerio de Agricultura, comunidades autónomas, y entidades locales y organizaciones relacionadas con la Ganadería extensiva (como la Plataforma por la Ganadería extensiva y el Pastoralismo).
2. Integración en los Planes Estratégicos de la PAC, estrategias de prevención de incendios, estrategias alimentarias, y políticas de emprendimiento y políticas de desarrollo rural.
3. Financiación mediante fondos europeos (PAC, LIFE, Horizonte Europa) y presupuestos nacionales y autonómicos.
4. Participación activa de asociaciones ganaderas, cooperativas, propietarios forestales, entidades de tercer sector y comunidades rurales.

Ámbito: Nacional, con prioridad en zonas de media montaña, áreas de interfaz urbano-forestal y territorios en riesgo de despoblación.

Sectores implicados: Ganadería, silvicultura, medio ambiente, desarrollo rural, cambio climático, emprendimiento, consumo, educación.

Actores clave: Ministerio de Agricultura, MITECO, comunidades autónomas, asociaciones ganaderas, cooperativas, propietarios forestales, organizaciones ecologistas, universidades y centros de investigación.

Limitaciones y advertencias

Si bien existe un muy alto consenso en el beneficio de la actividad ganadera como elemento de control y reducción de la biomasa combustible a través del pastoreo, hay que tener en cuenta que sus efectos sobre diversos servicios ecosistémicos tienen una significativa dependencia del contexto (Maestre et al., 2022 Science). Esto implica que el tipo de pastoreo tiene que estar adaptado a las características del ecosistema en el que se desarrolla para maximizar su efecto positivo y minimizar su posible efecto nocivo si se da en exceso (Navarro-Perea et al., 2022, Arid Land Research and Management; Maestre et al., 2022, Science). Es fundamental evitar la sobrecarga ganadera y adaptar los modelos de pastoreo a las características ecológicas de cada territorio. Además, los resultados también dependerán del vínculo de los actores con el territorio (Pauné, 2021). Los pastores mantienen una estrecha relación con el entorno, ya que el sustento de sus animales depende de él. El conocimiento ecológico tradicional es clave en la prevención y adaptación a eventos extremos. También es importante abordar los posibles impactos negativos de la ganadería para equilibrar su despliegue de forma que genere un balance positivo neto. Por último, la falta de reconocimiento económico de los servicios ecosistémicos



prestados por la ganadería extensiva limita actualmente su viabilidad a largo plazo. Por ello es fundamental poner en valor frente a la ciudadanía los productos directos y de calidad que genera, mediante marcas o sellos específicos de ganadería extensiva.

Es importante tener en cuenta que este tipo de prácticas deben priorizarse en zonas estratégicas de gestión que resulten críticas para la prevención de incendios. Estas prácticas son más efectivas en áreas dominadas por combustibles finos (pastos/plantas herbáceas) y menos en áreas con arbustos densos o bosques, a menos que se combine con otros tratamientos. En general, esta práctica debe combinarse con otras estrategias y nuevas tecnologías. La forma de combinarla con otras intervenciones depende de los objetivos de gestión. Asimismo, intervenciones adicionales con fines productivos, como la fertilización y la siembra, afectarán los resultados, al igual que factores de gestión de los pastos, como la selección de animales y la intensidad del pastoreo.

Evidencia científica y referencias

Numerosos estudios respaldan el papel de la ganadería extensiva y el manejo silvopastoril en la prevención de incendios, la mejora de la biodiversidad y la sostenibilidad de los agroecosistemas. La evidencia muestra que:

- La herbivoría regula los ciclos de biomasa de forma más eficaz que el fuego, promoviendo vegetación menos inflamable y más nutritiva (Pauné, 2021).
- La reintroducción de herbívoros incrementa la biodiversidad y favorece especies propias de ecosistemas abiertos (Pearce et al., 2023).
- Los ecosistemas reequilibrados con herbívoros toleran cargas ganaderas elevadas, comparables a sistemas naturales (Manzano et al., 2023).
- El pastoreo reduce la carga de combustible y mejora la resiliencia frente a incendios (Aguilera et al., 2020; Oikonomou et al., 2023).
- Los sistemas silvopastoriles generan beneficios socioambientales y económicos, especialmente en agricultura familiar (Cruz-Moriana et al., 2024; Ramos-García et al., 2024).

Herrera P.M., García, J. Turiño M. (2019) Marcar la diferencia, un primer paso para reconocer las producciones extensivas. Revista AE. Nº 38. SEAE.

Mireia Llorente, Leticia C. Marín, Pedro M. Herrera, Julio Majadas y Hugo Majadas 2024. Pastorear en tiempos de cambio. Plan de Acción Estratégica para la adaptación de la ganadería extensiva al cambio climático. Documento de síntesis. Fundación Entretantos. Valladolid. Herrera, Pedro M. (ed.) (2020) Ganadería y cambio climático: un acercamiento en profundidad. Fundación Entretantos y Plataforma por la Ganadería Extensiva y el Pastoralismo. ISBN 978-84-09-19757-6

Pedro M. Herrera Calvo, Julio Majadas Andray, Abel Esteban, Nerea Ramírez y Luis Rico: La ganadería extensiva, una actividad clave para nuestra alimentación. 2018, Cuadernos Entretantos 4. Fundación Entretantos.



García Fernández, J. La ganadería extensiva y trashumante, clave en la conservación de sistemas de alto valor natural. Cuadernos Entretantos 1. Fundación Entretantos.

Pérez, R. D. G., Sendra, M. J. M., & López-i-Gelats, F. (2020). Strategies and drivers determining the incorporation of young farmers into the livestock sector. *Journal of Rural Studies*, 78, 131-148.

Informe de la opinión de las personas consumidoras sobre los productos de ganadería extensiva. Federación de consumidores y usuarios, CECU, Fundación Entretantos, Plataforma por la Ganadería extensiva y el Pastoralismo.

Elsa Varela, Fernando Pulido, Gerardo Moreno, Miguel Á. Zavala (2020) Targeted policy proposals for managing spontaneous forest expansion in the Mediterranean *Journal of Applied Ecology*, 57(12) First published: 15 October 2020

Oggioni, S. D., Ochoa-Hueso, R., & Peco, B. (2020). Livestock grazing abandonment reduces soil microbial activity and carbon storage in a Mediterranean Dehesa. *Applied Soil Ecology*, 153, 103588.

Osoro, K., García, R. R., Martínez, A., García, U., & Celaya, R. (2019). Los incendios forestales y la ganadería extensiva en el monte asturiano. *Boletín de Ciencias y Tecnología*, (54), 317-348.

Rodríguez-Rigueiro, F. J., Santiago-Freijanes, J. J., Mosquera-Losada, M. R., Castro, M., Silva-Losada, P., Pisanelli, A., ... & Ferreiro-Domínguez, N. (2021). Silvopasture policy promotion in European Mediterranean areas. *Plos one*, 16(1), e0245846.

Losada MR Santiago-Freijanes JJ, Rois-Díaz M, Moreno G, den Herder M, Aldrey JA, Ferreiro-Domínguez N, Pantera A, Pisanelli A, Rigueiro-Rodríguez A (2018) Agroforestry in Europe: a land management policy tool to combat climate change, Mosquera- Land use policy, 2018 – Elsevier,

Vicente, F. M., & Azqueta, D. (2019). Development strategies to implement environmental contracts in silvopastoral systems. *Economía Agraria y Recursos Naturales-Agricultural and Resource Economics*, 19(2), 47-70.

Herrera, Majadas, Beaufoy & Carrasco (2017): "La innovación como motor de conservación de los sistemas ganaderos extensivos de La Vera".

UNCCD / CNULD. Informe Temático Perspectivas de la Tierra sobre Pastos y Pastores. <https://www.unccd.int/resources/global-land-outlook/glo-thematic-report-rangelands-and-pastoralists>

Rada Sereno, O, Sampedro Ortega, Y, Cadenas Fernandez, R, De la Fuente Valdivieso, A, Dominguez Riba, C, Turiño García, M.M., Velez Fraile, L, Espinosa Rincón, J.R., García Fernandez, J. "Plan 42: Un programa integral para la prevención de incendios forestales". 2009, V Congreso Forestal Español. https://secforestales.org/publicaciones/index.php/congresos_forestales/article/view/17053/16893

5.a.6. Establecer un programa de pastoreo dirigido como servicio ecosistémico local

Descripción de la propuesta

Establecer un Programa Estatal de Pastoreo Dirigido, así como un Plan Nacional de Corredores Silvopastorales que reconozca y financie al pastoreo extensivo como un servicio ecosistémico de prevención de incendios forestales y de mantenimiento de paisajes mosaico resilientes.



Ambos programas permitirían contratar directamente explotaciones ganaderas (cooperativas, asociaciones o autónomos) mediante acuerdos territoriales de gestión con ayuntamientos, consorcios forestales o comunidades de montes.

Las explotaciones participantes recibirían pagos por servicio ecosistémico basados en resultados (reducción de biomasa, hectáreas tratadas, continuidad de combustible interrumpida y otros servicios como el mantenimiento biodiversidad, como las poblaciones de aves rapaces) y cláusulas de empleo rural verde para jóvenes pastores y ganaderas (escuelas de pastores).

El objetivo es articular un sistema público-privado de pastoreo multifuncional, alineado con la restauración ecológica, la mitigación del riesgo de incendios y la fijación de población rural.

La experiencia internacional demuestra que los programas de pastoreo dirigido reducen el riesgo de incendio y los costes de extinción, al tiempo que mejoran biodiversidad, estructura del suelo y conectividad ecológica.

Debería incluir mecanismos específicos para promover el pastoreo dirigido y el fomento de nuevo de tipos de negocios asociados al pastoreo con no producción animal (autónomos, y pastoreo concejil de propiedad compartida por el municipio), así como indicadores de medición y evaluación de resultados.

Importante reconocer la formación pastoril.

Limitaciones y advertencias

La necesidad de impulsar el silvopastoreo tiene un nivel de evidencia muy alto tanto por su eficacia como por su coste-efectividad. La medida relacionada con las escuelas de pastores no tiene tanta evidencia, pero se hace recomendable debido a la falta de formación específica y mano de obra especializada en ese campo. Tampoco lo tienen los corredores silvopastorales, pero las expertas las consideran claves para la integración adecuada. Además, estas prácticas pueden percibirse entre los agricultores como una medida no beneficiosa para su explotación, sino como una que va en detrimento de su zona productiva, por lo que serán muy útiles todos los esfuerzos para probar su beneficio también a la práctica agraria. Cabe mencionar también la necesaria coordinación con las medidas ya existentes en el marco del PEPAC, especialmente el ecorrégimen de espacios para la biodiversidad.

Evidencia científica y referencias

Batcheler, M., Smith, M. M., Swanson, M. E., Ostrom, M., Carpenter-Boggs, L. (2024). Assessing silvopasture management as a strategy to reduce fuel loads and mitigate wildfire risk. *Scientific Reports*, 14(1), 5954. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-56104-3>



Casals, P., Baiges, T., Bota, G., Chocarro, C., de Bello, F., Fanlo, R., Sebastià, M. T., Taull, M. (2009). Silvopastoral Systems in the Northeastern Iberian Peninsula: A Multifunctional Perspective. En Rigueiro-Rodríguez, A., McAdam, J., Mosquera-Losada M. R. (Eds.). *Agroforestry in Europe: Current Status and Future Prospects* (161-181). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8272-6_8

Mena, Y., Ruiz-Mirazo, J., Ruiz, F. A., Castel, J. M. (2016). Characterization and typification of small ruminant farms providing fuelbreak grazing services for wildfire prevention in Andalusia (Spain). *Science of the Total Environment*, 544, 211-219. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.11.088>

Nori, M. (2021). Integrating immigrant workforce in European pastoralism: reality, policy and practices. *Italian Review of Agricultural Economics (REA)*, 76(1), 49–58. <https://doi.org/10.36253/rea-12825>

Rodríguez-Rigueiro, F. J., Santiago-Freijanes, J. J., Mosquera-Losada, M. R., Castro, M., Silva-Losada, P., Pisanelli, A., Pantera, A., Rigueiro-Rodríguez, A., Ferreiro-Domínguez, N. (2021). Silvopasture policy promotion in European Mediterranean areas. *PLOS ONE*, 16(1), e0245846. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0245846>

Royé, D., Tedim, F., Martin-Vide, J., Salis, M., Vendrell, J., Lovreglio, R., Bouillon, C., Leone, V. (2020). Wildfire burnt area patterns and trends in Western Mediterranean Europe via the application of a concentration index. *Land Degradation & Development*, 31(3), 311-324. <https://doi.org/10.1002/ldr.3450>

Ruiz-Mirazo, J., & Robles, A. B. (2012). Impact of targeted sheep grazing on herbage and holm oak saplings in a silvopastoral wildfire prevention system in south-eastern Spain. *Agroforestry Systems*, 86(3), 477-491. <https://doi.org/10.1007/s10457-012-9510-z>

Smith, M. M., Bentrup, G., Kellerman, T., MacFarland, K., Straight, R., Ameyaw, Lord, Stein, S. (2022). Silvopasture in the USA: A systematic review of natural resource professional and producer-reported benefits, challenges, and management activities. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 326, 107818. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107818>

Varela, E., Górriz-Mifsud, E., Ruiz-Mirazo, J., & López-i-Gelats, F. (2018). Payment for Targeted Grazing: Integrating Local Shepherds into Wildfire Prevention. *Forests*, 9(8), 464. <https://doi.org/10.3390/f9080464>

WWF. (2022). *Pastoreo contra incendios*. Propuesta de WWF España para adaptar el territorio al cambio climático. https://wwfes.awsassets.panda.org/downloads/2022_pastoreo_contra_incendios.pdf

5.a.7. Implantar infraestructuras verdes para explotaciones agrarias climáticamente resilientes: setos, cortavientos, corredores agroforestales y puntos de agua (abrevaderos)

Descripción de la propuesta

Se sugiere la puesta en marcha de un programa de infraestructura verde a escala de finca que facilite microinversiones en setos multifuncionales, cortavientos y corredores agroforestales. Estas actuaciones crean sombra y refugio, reducen la evapotranspiración y la erosión, atenúan viento y calor, y mejoran la polinización y el control biológico. En conjunto, forman tramas que conectan parcelas y lindes, disminuyen la velocidad del agua en tormentas y ayudan al suelo a retener más humedad en periodos secos.

La propuesta se integra en los planes de finca y, cuando proceda, en denominaciones de origen e indicaciones geográficas protegidas (DO/IGP) para



alineando calidad, paisaje y resiliencia, y evitar la reducción de complejidad de los sistemas agropecuarios. Se priorizan ubicaciones con pendientes, bordes expuestos o zonas de entrada de escorrentía. El programa incluiría asesoramiento práctico, viveros y materiales y mantenimiento plurianual. El resultado esperado son microclimas más benignos, suelo más vivo y fértil, y menor riesgo ante sequías e inundaciones, sin penalizar la productividad.

Limitaciones y advertencias

1. La eficacia de setos, cortavientos y corredores agroforestales depende de un diseño local preciso (elección de especies, densidad, orientación) y de un mantenimiento continuado; sin ello pueden generarse fallos hidráulicos, competencia por agua y nutrientes o refugios de plagas.
2. Existen costes de establecimiento y periodos de maduración de varios años con posibles pérdidas iniciales de rendimiento y restricciones a la mecanización. Un mal ajuste espacial puede aumentar la carga de combustible y el riesgo de incendio, o provocar efectos no deseados sobre hábitats sensibles e infraestructuras.
3. Es necesario prevenir especies invasoras, garantizar compatibilidad con la PAC y disponer de métricas de seguimiento (erosión, humedad del suelo, biodiversidad funcional) para corregir desajustes.
4. Otros retos son las brechas de conocimiento y formación, ya que los agricultores a menudo carecen de información, apoyo técnico y capacitación sobre prácticas de infraestructura verde.
5. Hay barreras políticas y financieras, ya que la financiación es limitada, faltan marcos de apoyo y los incentivos insuficientes obstaculizan su adopción.

Evidencia científica y referencias

Bednar-Friedl, B., et al., 2022: Europe. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 1817–1927, <https://doi.org/10.1017/9781009325844.015>.

European Environment Agency. (2021). Nature-based solutions in Europe: Policy, knowledge and practice for climate change adaptation and disaster risk reduction (EEA Report 01/2021). <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/nature-based-solutions-in-europe>

European Environment Agency. (2024). Europe's state of water 2024: the need for improved water ecosystems. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/europes-state-of-water-2024>

Dobhal, S., Kumar, R., Bhardwaj, A., Chavan, S., Uthappa, A., Kumar, M., Singh, A., Jinger, D., Rawat, P., Handa, A., & Ramawat, N. (2024). Global assessment of production benefits and risk reduction in agroforestry during extreme weather events under climate change scenarios. *Frontiers in Forests and Global Change*. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2024.1379741>.



Haddaway, Neal R., Colin Brown, J. Eales, S. Eggers, J. Josefsson, T. Kronvang. (2018). The multifunctional roles of vegetated strips in agricultural landscapes. *Environmental Evidence*, 7(14). <https://doi.org/10.1186/s13750-018-0126-2>

Lallemant, D., Nguyen, Q., Passalacqua, P. (2021). Nature-based solutions for flood risk reduction: A probabilistic modeling framework. *One Earth*, 4(9), 1310-1321. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.08.010>

Mathieu, A., Martin-Guay, M., D. Rivest. (2025). Enhancement of Agroecosystem Multifunctionality by Agroforestry: A Global Quantitative Summary. *Global Change Biology*, 31(5), e70234. <https://doi.org/10.1111/gcb.70234>

Prosdocimi, M., Cerdà, A., Tarolli, P. (2016). Soil water erosion on Mediterranean vineyards: A review. *Catena*, 141, 1–21. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.02.010>

Torralba, M., Fagerholm, N., Burgess, P. J., Moreno, G., Plieninger, T. (2016). Do European agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem services? A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 230, 150–161. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.06.002>

Weninger, T., S. Scheper, L. Lackóová, B. Kitzler, R. Kiese, A. Klik, K. Puhlmann. (2021). Ecosystem services of tree windbreaks in rural landscapes – a systematic review. *Environmental Research Letters*, 16, 103002. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac1d0d>

5.a.8. Recuperar las prácticas de trashumancia (desplazamiento estacional de rebaños)

Descripción de la propuesta

La trashumancia es una práctica de pastoreo que en los últimos años se está intentando potenciar, no solo por la conservación de la tradición, sino porque ayuda a proteger paisajes, el mantenimiento de la biodiversidad, la prevención de incendios y la gestión sostenible del territorio.

El pastoreo de ganado como ovejas, cabras y vacas se alimenta de matorrales y pastos secos, lo hace disminuir la cantidad de biomasa en los montes, principal combustible en caso de incendio, reduciendo de esta forma la propagación y la intensidad del fuego. Por otra parte, la zona de pastos sirve de cortafuegos natural, haciendo más difícil la expansión de los incendios.

Es recomendable estudiar los incentivos para el fomento y la capacitación de los profesionales para llevar a cabo la trashumancia de forma efectiva. Del mismo modo, dada la dureza asociada a las condiciones de este trabajo, la medida debe ir acompañada de una mejora en dichas condiciones que ayuden a recuperar la actividad y a fomentar el relevo generacional.

Limitaciones y advertencias

1. La eficacia de la trashumancia es contexto-dependiente y puede verse limitada por la fragmentación de corredores, la pérdida de abrevaderos y la conflictividad con usos del suelo y áreas protegidas. Sin planificación



- de cargas ganaderas, tiempos de estancia y rotaciones, existe riesgo de sobrepastoreo, compactación, erosión y pérdida de hábitat.
2. Requiere viabilidad económica (mano de obra, logística, seguros) y marcos sanitarios y de bienestar animal (zoonosis, estrés térmico) bien definidos.
 3. Es imprescindible recomendable un sistema de seguimiento ecohidrológico y acuerdos de custodia del territorio para compatibilizar objetivos de prevención de incendios y conservación.
 4. Resulta conveniente cocrear manuales de buenas prácticas junto a los actores involucrados.
 5. La despoblación rural y la aceptación pública también son limitaciones a tener en cuenta, así como las condiciones habituales de la profesión, que limitan su recuperación y el relevo generacional.

Evidencia científica y referencias

Easdale, M., Michel, C., & Perri, D. (2022). Biocultural heritage of transhumant territories. *Agriculture and Human Values*, 40, 53-64. <https://doi.org/10.1007/s10460-022-10361-y>

Alenza García, J. F. (2022). La revalorización de las vías pecuarias (y de la trashumancia) por el reconocimiento de sus funciones climáticas. *Instituto Nacional de Administración Pública*; (p. 239-248).

Lecina-Díaz, J., Chas-Amil, M., Aquilué, N., Sil, Á., Brotons, L., Regos, A., & Touza, J. (2023). Incorporating fire-smartness into agricultural policies reduces suppression costs and ecosystem services damages from wildfires. *Journal of environmental management*, 337, 117707. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117707>.

Liechti, K., & Biber, J. (2016). Pastoralism in Europe: characteristics and challenges of highland-lowland transhumance. *Revue scientifique et technique*, 35 2, 561-575. <https://doi.org/10.20506/rst.35.2.2541>

Belliggiano, A., Bindi, L., & Ievoli, C. (2021). Walking along the sheeptrack... rural tourism, ecomuseums, and bio-cultural heritage. *Sustainability*, 13(16), 8870. <https://doi.org/10.3390/su13168870>

Dean, G., Francioni, M., Toderi, M. et al. Nature's contribution to people provided by pastoral systems across European, African, and Middle East Mediterranean countries: trends, approaches and gaps. *Reg Environ Change* 24, 77 (2024). <https://doi.org/10.1007/s10113-024-02220-9>

Davies, K., Wollstein, K., Dragt, B., & O'Connor, C. (2022). Grazing Management to Reduce Wildfire Risk in Invasive Annual Grass Prone Sagebrush Communities. *Rangelands*, 44, 194 - 199. <https://doi.org/10.1016/j.rala.2022.02.001>.

Olea, P., & Mateo-Tomás, P. (2009). The role of traditional farming practices in ecosystem conservation: The case of transhumance and cultures. *Biological Conservation*, 142, 1844-1853. <https://doi.org/10.1016/J.BIOCON.2009.03.024>.

Reyes, H., Kruse, A., Potthoff, K. (2023). Transhumance, commons, and new opportunities: A European perspective. *Acta geographica Slovenica*. <https://doi.org/10.3986/ags.11097>



5.a.9. Ofrecer financiación estratégica de investigación aplicada, innovación y generación de conocimiento para la resiliencia climática

Descripción de la propuesta

Se propone establecer un programa nacional de financiación estratégica para la investigación aplicada y la generación de conocimiento, con el objetivo de mejorar la capacidad de anticipación, adaptación y respuesta frente a los efectos del cambio climático en los sistemas forestales y agroecosistemas. Esta propuesta parte de la necesidad urgente de comprender mejor los mecanismos que incrementan la vulnerabilidad ecológica y social de los territorios, y de desarrollar soluciones basadas en ciencia que puedan ser implementadas de forma eficaz y contextualizada.

Acciones clave:

1. Creación de una Red Nacional de Parcelas Experimentales, para monitorear los efectos de las quemas controladas, evaluar la resiliencia de los ecosistemas y desarrollar modelos predictivos.
2. Restauración de la salud de los suelos, y fomentar su capacidad de secuestro de carbono.
3. Investigación sobre productos fitosanitarios de bajo impacto ambiental y Organismos de Control Biológico, promoviendo alternativas biológicas y el control integrado de plagas.
4. Desarrollo de medidas adaptadas a la diversidad ecológica y socioeconómica de cada región, mediante investigación aplicada y transferencia de conocimiento.
5. Evaluación de la resiliencia ecológica, social y económica de los sistemas forestales frente a incendios, y diseño de actuaciones para incrementarla mediante teledetección, sensores remotos e inteligencia artificial para el seguimiento del estado forestal, la detección temprana de riesgos y la planificación dinámica
6. Creación de un *sandbox* regulatorio, que permita evaluar de forma rápida y segura las innovaciones tecnológicas antes de su despliegue masivo.
7. Creación de una aceleradora de empresas/*hub* tecnológico de innovación que involucre a empresas forestales, biotecnológicas o tecnológicas para la lucha contra los incendios y otras emergencias climáticas centrado en desarrollo y testeo de soluciones innovadoras en materia de monitorización, análisis de datos, uso de drones, sensores, cámaras y sistemas de inteligencia artificial favorecería la toma de decisiones más precisas y rápidas durante las emergencias forestales. Además, promovería la incorporación de herramientas de *machine learning* y análisis predictivo que mejoren la planificación y la respuesta ante escenarios cada vez más complejos. Este tipo de aceleradoras y sus



- proyectos deben ir alineados y coordinados con las iniciativas existentes de las administraciones públicas (ejemplo: ENISA y CDTI).
8. Investigación para comprender las causas y consecuencias del decaimiento y la mortalidad acelerada de los bosques, y sobre dinámicas no sostenibles ante escenarios de aumento de temperaturas y estrés hídrico.
 9. Gestión adaptativa de las masas en decaimiento para el tratamiento de la madera muerta y restauración de estas áreas mediante la sustitución o reducción de la especie principal por otras especies autóctonas mejor adaptadas a las condiciones de cambio climático, incluidas arbustivas, matorral y pastizales.
 10. Promoción de la investigación para estudiar los servicios ecosistémicos dependientes de la biodiversidad (control biológico, polinización, etc.) en un escenario de cambio climático.
 11. Creación de protocolos para la monitorización y gestión del decaimiento forestal ante el incremento de condiciones de sequía asociadas al cambio climático, e implementación de una red de seguimiento a largo plazo de bosques afectados por decaimiento

Estas acciones permitirán generar conocimiento útil para la toma de decisiones, mejorar la eficacia de las políticas públicas, y posicionar a España como referente en investigación climática aplicada al territorio.

Mecanismos de implementación:

1. Coordinación entre MITECO, Ministerio de Ciencia e Innovación, Ministerio de Agricultura y comunidades autónomas.
2. Financiación específica para proyectos de investigación aplicada, redes experimentales y transferencia tecnológica.
3. Integración de los resultados en los planes de prevención, restauración y adaptación climática.
4. Participación de universidades, centros tecnológicos, entidades locales y comunidades rurales en el diseño y ejecución de los proyectos.

Ámbito: Nacional, con aplicación prioritaria en zonas forestales, agroecosistemas vulnerables y territorios afectados por incendios, sequías y despoblación.

Sectores implicados: Ciencia e innovación, medio ambiente, agricultura, silvicultura, ordenación territorial, cambio climático.

Actores clave: MITECO, Ministerio de Ciencia e Innovación, Ministerio de Agricultura, comunidades autónomas, universidades, centros de investigación, entidades locales, empresas biotecnológicas, forestales y tecnológicas.

Limitaciones y advertencias



La investigación debe estar orientada a la aplicación práctica y al servicio de las comunidades locales. Es necesario evitar la desconexión entre ciencia y territorio, garantizar la transparencia en la asignación de fondos, y asegurar que los resultados se traduzcan en mejoras concretas en la gestión y en la resiliencia de los ecosistemas. Además, la aceleración tecnológica en extinción conlleva riesgos de “*tech-push*” desconectado de las necesidades operativas, dependencia de prototipos con TRL insuficiente y falta de validación en condiciones reales (interoperabilidad, robustez, mantenimiento y coste total de propiedad). La integración de IA, drones y sensores exige gobernanza de datos (propiedad, privacidad, ciberseguridad), gestión de sesgos y definición de responsabilidades ante errores o falsos positivos. Existen barreras regulatorias y de compra pública (homologación, certificación de seguridad, seguros) y riesgo de fragmentación por estándares no compatibles e incertidumbre sobre la sostenibilidad financiera y de adopción por parte de servicios con recursos limitados. Es importante velar porque estos avances no pierdan el foco de su objetivo de resiliencia climática y se acaben transformando en modelos económicos desconectados de su función estratégica.

Evidencia científica y referencias

Carrasco, A. y cols. 2009. Procesos de Decaimiento Forestal (la Seca), Situación del Conocimiento. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, 112 pp. Córdoba.

Hartmann, H., Bastos, A., Das, A. J., Esquivel-Muelbert, A., Hammond, W. M., Martínez-Vilalta, J., McDowell, N. G., Powers, J. S., Pugh, T. A. M., Ruthrof, K. X., & Allen, C. D. (2022). Climate Change Risks to Global Forest Health: Emergence of Unexpected Events of Elevated Tree Mortality Worldwide. *Annual review of plant biology*, 73, 673–702. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-102820-012804>

Pais, S., Aquilué, N., Honrado, J. P., Fernandes, P. M., & Regos, A. (2023). Optimizing Wildfire Prevention through the Integration of Prescribed Burning into ‘Fire-Smart’ Land-Use Policies. *Fire*, 6(12), 457. <https://doi.org/10.3390/fire6120457>

Informe C. *Incendios forestales y restauración de zonas quemadas* (2023). Oficina C.

IPCC (2023). *AR6 Synthesis Report. Climate Change 2023*.

Kalapodis, N., Sakkas, G., Kazantzidou-Firtinidou, D., Alcasena, F., Cardarilli, M., Eftychidis, G., Koerner, C., Moore-Merrell, L., Gugliandolo, E., Demestichas, K., Kolaitis, D., Eid, M., Varela, V., Berchtold, C., Kalabokidis, K., Roussou, O., Chandramouli, K., Pantazidou, M., Cox, M., & Schultz, A. (2025). Towards Resilient Critical Infrastructure in the Face of Extreme Wildfire Events: Lessons and Policy Pathways from the US and EU. *Infrastructures*, 10(9), 246. <https://doi.org/10.3390/infrastructures10090246>

Koundouri, P., Alamanos, A., Papaioannou, G., Markogianni, V., Varlas, G., Basheer, M., Nagkoulis, N., Plataniotis, A., Wise, R., Xenarios, S., Ni, O., Papadopoulos, A., & Dimitriou, E. (2025). *Post-fire flood hazards: Integrated modelling, protection measures, economic and policy implications* (SDSN Global Climate Hub). United Nations. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.18093.76002>

Lakhina, S. J., & Lakhina, A. (2022). Technology Entrepreneurship and Wildfire Risk Management. En P. Ray & R. Shaw (Eds.), *Technology Entrepreneurship and Sustainable Development* (pp. 277-295). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-981-19-2053-0_15



Nast, C., Broekel, T., & Entner, D. (2024). Fueling the fire? How government support drives technological progress and complexity. *Research Policy*, 53(6), 105005. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2024.105005>

Martin EA, Feit B, Requier F, et al (2019) Assessing the resilience of biodiversity-driven functions in agroecosystems under environmental change. In: Bohan D, Dumbrell A (eds) RESILIENCE IN COMPLEX SOCIO-ECOLOGICAL SYSTEMS. pp 59

Ruiz-Benito, P., Lines ER, Gómez-Aparicio, L., Zavala, M.A., Coomes, D.A. (2013). PLPatterns and Drivers of Tree Mortality in Iberian Forests: Climatic Effects Are Modified by Competition. *Plos One* 0056843Hartmann, H., Schuldt, B., Sanders, T.G.M., Macinnis-Ng, C., Boehmer, H.J., Allen, C.D., Bolte, A., Crowther, T.W., Hansen, M.C., Medlyn, B.E., Ruehr, N.K. and Anderegg, W.R.L. (2018), Monitoring global tree mortality patterns and trends. Report from the VW symposium 'Crossing scales and disciplines to identify global trends of tree mortality as indicators of forest health'. *New Phytologist*, 217: 984-987. Gazol, A. et al. (2022) Tree growth response to drought partially explains regional-scale growth and mortality patterns in Iberian forests *Ecological Applications*, e2589. Prospero S., Botella L., Santini A., Robin C., (2021) Biological control of emerging forest diseases: How can we move from dreams to reality? *Forest Ecology and Management*, Volume 496. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119377>

Rebollo et al. (2024) Recent increase in tree damage and mortality and their spatial dependence on drought intensity in Mediterranean forests. *Landscape Ecology* 39: 38. International Tree Mortality Network et al., (2025). Towards a global understanding of tree mortality. *New Phytologist*, 245: 2377-2392.

5.a.10. Establecer un Programa Nacional de Restauración de Suelos Degradados

Descripción de la propuesta

La degradación del suelo es uno de los principales factores de vulnerabilidad ecológica y socioeconómica en amplias zonas del territorio español. La pérdida de fertilidad, la erosión acelerada, la compactación, la salinización, la contaminación, la pérdida de materia orgánica y de biodiversidad de las comunidades biológicas del suelo, comprometen la provisión de servicios ecosistémicos esenciales, como la regulación hídrica, el secuestro de carbono, la producción de alimentos y la resiliencia frente a perturbaciones bióticas y abióticas. La restauración del suelo debe abordarse de manera complementaria y necesariamente vinculada a la restauración de la cubierta vegetal. El sistema planta-suelo en los ecosistemas no perturbados tiene un equilibrio dinámico, por el que ambas partes se retroalimentan. La vegetación necesita de suelos sanos como soporte físico y como provisión de agua y nutrientes, y el suelo necesita una cubierta vegetal funcional que le proteja de los procesos erosivos y que aporte materia orgánica. La propuesta hace referencia a todos los tipos de suelo, independientemente de su uso.

Acciones clave:

Para abordar esta problemática, se propone un Programa Nacional de Restauración de Suelos Degradados, estructurado en cuatro fases secuenciales:

1. Diagnóstico, vigilancia y priorización territorial



- Puesta en marcha del Inventario Nacional de Salud de Suelos (INSS), para caracterizar el estado de degradación actual en base a indicadores físicos, químicos y biológicos,
- Priorización de zonas críticas para la intervención a escala nacional, especialmente aquellas con mayor riesgo de desertificación, erosión, pérdida de materia orgánica, pérdida de biodiversidad, contaminación, salinización, y compactación, teniendo en consideración la información existente a escala nacional o regional,
- Establecimiento de un sistema de monitoreo a largo plazo a escala nacional con indicadores físicos, químicos y biológicos de degradación de suelos, siguiendo las directrices establecidas en la Directiva Europea de Vigilancia de Suelos (COM2023) 416 final).

2. Diseño de estrategias territoriales y gobernanza

- Integración de la lucha contra la desertificación y la erosión en una planificación territorial a nivel comarcal o regional,
- Establecimiento de mecanismos de co-gobernanza entre administraciones (AGE, CCAA, entidades locales) y órganos permanentes de coordinación y seguimiento,
- Inclusión de estructuras de asesoramiento científico y participación de agentes locales en el diseño y evaluación de las intervenciones.

3. Restauración de suelos

- Restauración de montes públicos, fincas privadas con regresión de la cubierta vegetal y campos abandonados,
- Reintroducción de cubiertas vegetales diversificadas, con especies adaptadas al cambio climático y a procesos erosivos,
- Aplicación de estrategias de estabilización del suelo posincendio (acolchados, barreras físicas), priorizando zonas de alta pendiente y severidad de fuego,
- Reducción de la excavación, el traslado a vertedero y las encapsulaciones, fomentando soluciones basadas en la naturaleza, como la fitorremediación y la estabilización con enmiendas, para generar suelos sanos y funcionales,
- Promoción de prácticas agronómicas regenerativas, que reduzcan la perturbación del suelo, incrementen los aportes orgánicos al suelo, diversifiquen los sistemas agrarios y mantengan el suelo permanentemente cubierto con cubiertas vegetales vivas.

4. Políticas estructurales y escalado de buenas prácticas

- Establecimiento de un programa de monitoreo a medio y largo plazo de las acciones de restauración realizadas para evaluar el éxito de la



restauración, corregir deficiencias y redefinir objetivos si es necesario para su adaptación al cambio climático futuro,

- Fijar objetivos nacionales para secuestrar carbono atmosférico, con el objetivo de alcanzar un aumento anual significativo de carbono en el suelo,
- Integración de estas acciones en el marco de la Neutralidad en la Degradación de la Tierra, la Estrategia Europea del Suelo para 2030 (COM2021, 699 final), y la Directiva Europea de Vigilancia del Suelo (COM2023, 416 final),
- Transferencia y adaptación de experiencias exitosas como la Estrategia de Protección del Suelo de Euskadi, en contextos edafoclimáticos similares a nivel nacional,
- Aseguramiento de financiación estable mediante fondos europeos (PAC, FEDER, Horizonte Europa) y presupuestos autonómicos.

Mecanismos de implementación:

Ámbito: Nacional, con prioridad en zonas semiáridas, áreas con suelos degradados, contaminados, territorios en riesgo de desertificación y zonas afectadas por incendios forestales.

Sectores implicados: Medio ambiente, agricultura, silvicultura, desarrollo rural, cambio climático, ciencia del suelo.

Actores clave: MITECO, Ministerio de Agricultura, comunidades autónomas, ayuntamientos, propietarios forestales y agrícolas, centros de investigación, universidades, sociedad civil.

Limitaciones y advertencias

La degradación y restauración de suelos son fenómenos complejos que requiere enfoques sistémicos y multiescalares. La degradación y la restauración de suelos son procesos complejos que requieren enfoques sistémicos y multiescalares, integrando explícitamente su interconexión con otros compartimentos ambientales, agua, vegetación, atmósfera y biota, dado que las dinámicas de degradación y contaminación no pueden entenderse ni gestionarse de forma aislada. Las soluciones deben adaptarse a las condiciones ecológicas y sociales de cada territorio, evitando intervenciones aisladas o tecnocráticas. Su implementación exige estructuras sólidas de asesoramiento científico, planificación territorial participativa y financiación sostenida.

Evidencia científica y referencias

Existe un consenso amplio sobre la necesidad de restaurar la salud del suelo como base para la resiliencia climática, la seguridad alimentaria y la sostenibilidad ecológica. La evidencia científica demuestra que:



- La pérdida de suelos reduce la capacidad de los ecosistemas para sostener vegetación, almacenar agua, secuestrar carbono, regular nutrientes y actuar como reservorio de biodiversidad,
- Las comunidades edáficas son clave para el funcionamiento de los ecosistemas terrestres y la salud humana,
- El mantenimiento de una cubierta vegetal diversa, y compleja estructural y funcionalmente ayuda a proteger los suelos y su biodiversidad,
- Las técnicas de acolchado posincendio son altamente eficaces y coste-eficientes para mitigar la erosión,
- La agricultura regenerativa mejora la estructura del suelo, aumenta la biodiversidad y favorece el secuestro de carbono.
- La planificación territorial y la participación local son esenciales para abordar la degradación de suelos de forma efectiva.
- La monitorización mediante la adquisición de datos armonizados incrementa la capacidad de planificación y la eficacia de las acciones de restauración de suelos contaminados.

Comisión Europea. 2023. Directiva Europea de Vigilancia de Suelos (COM(023) 416 final)

FAO. Tracking global restoration targets; 10.4060/cd2925en; <https://www.cifor-icraf.org/publications/pdf/reports/T2-Synthesis-Report.pdf>

Fierer. 2017. Embracing the unknown: disentangling the complexities of the soil microbiome. *Nature Rev Microbiol* 15:579-90

García-Ruiz et al. 2013 Erosion in Mediterranean landscapes: Changes and future challenges, *Geomorphology* 198, 20-36.

Geisen et al. 2019. Challenges and Opportunities for Soil Biodiversity in the Anthropocene. *Curr Biol* 29, R1036–44

Girona-García et al. 2021. Effectiveness of post-fire soil erosion mitigation treatments: A systematic review and meta-analysis.

Poesen and Hooke. 1997. Erosion, flooding and channel management in Mediterranean environments of southern Europe. *Progress in Physical Geography* 21: 157-199

Rui et al. 2024. Groundcover improves nutrition and growth of citrus trees and reduces water runoff, soil erosion and nutrient loss on sloping farmland. *Frontiers in Plant Science* 15, [10.3389/fpls.2024.1489693](https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1489693)

Rumpel et al. 2020. The 4p1000 initiative: Opportunities, limitations and challenges for implementing soil organic carbon sequestration as a sustainable development strategy. *Ambio* 49, 350–360

Wall et al. 2015. Soil biodiversity and human health. *Nature* 528, 69-76

Diana et al. (2024). Soil pollution in the European Union – An outlook. *Environmental Science & Policy*, 161, 103876.



5.a.11. Incorporar objetivos de conservación de fauna invertebrada y microbiota en planes de gestión forestal y agrícola

Descripción de la propuesta

El cambio climático intensifica las temperaturas, la sequía, los incendios, las plagas y enfermedades, afectando tanto a las zonas forestales como a los sistemas agrícolas. Para reforzar la resiliencia, es conveniente combinar la conservación de biodiversidad funcional (fauna invertebrada y microbiota del suelo, polinizadores y enemigos naturales) con un marco político que reduzca el uso de productos químicos y promueva prácticas sostenibles de control de plagas. La propuesta plantea una transición hacia el manejo integrado de plagas, en el marco de la agricultura y silvicultura climáticamente inteligentes, integrando medidas regulatorias, incentivos económicos y soluciones basadas en la naturaleza.

Acciones clave:

1. Incorporar objetivos de conservación de fauna invertebrada y microbiota en planes de gestión forestal, agroforestal y agrícola,
2. Desarrollar planes integrados de gestión de plagas que incluyan monitoreo, control selectivo y medidas preventivas basadas en biodiversidad funcional,
3. Crear un marco político para reducir el uso de productos químicos en agricultura, alineado con la evidencia científica,
4. Promover prácticas agroecológicas y control biológico, reduciendo la dependencia de insumos sintéticos.
5. Generar espacios de puesta en conocimiento y difusión de experiencias en las que el control biológico de plagas y disminución de fertilizantes químicos ha permitido el mantenimiento de la productividad y la disminución de costes.

Ámbito: Nacional, con prioridad en zonas agroforestales y áreas vulnerables a plagas y enfermedades.

Sectores: Agricultura, silvicultura, medio ambiente, sanidad vegetal, cambio climático.

Actores clave: MITECO, MAPA, comunidades autónomas, cooperativas agrarias, centros de investigación, FAO.



Limitaciones y advertencias

Existe una dificultad intrínseca para evaluar el éxito de las acciones propuestas, por la gran laguna de conocimiento existente en torno a los niveles de biodiversidad de fauna invertebrada y microbiota en los ecosistemas, con numerosas especies crípticas y diversidad no estudiada. La monitorización de la biodiversidad de este tipo de organismos es costosa. No evita que las acciones puedan evaluarse con otro tipo de medidas (ej. reducción del uso de productos químicos, transición a medidas de control biológico). Existe la posibilidad de resistencia inicial por parte de sectores acostumbrados a modelos intensivos.

Evidencia científica y referencias

La evidencia muestra que la biodiversidad funcional y el manejo integrado de plagas reducen riesgos ecológicos y mejoran la resiliencia frente a perturbaciones, mientras que la reducción del uso de químicos es clave para la sostenibilidad a largo plazo.

Brunelle *et al.* 2024. Reducing chemical inputs in agriculture requires a system change. *Commun Earth Environ* **5**, 369 (2024). <https://doi.org/10.1038/s43247-024-01533-1>

FAO (2023). *Climate-smart agriculture and pest management*.

European Forest Institute (2025). *Integrating biodiversity conservation into forest management*.

Wermelinger, B. & Duelli, P. (2002). *Forest insect diversity: a function of vegetation structure and management*.



EJE 6: Crear dos fondos con recursos nacionales y autonómicos

a. PREVENCIÓN

6.a.1. Crear un fondo de prevención en sintonía con el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático

Descripción de la propuesta

Se propone la creación de un fondo de prevención que presente sinergias con el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) 2021-2030. El fondo de prevención podría estar cofinanciado por el Estado y comunidades autónomas, con asignación directa a municipios y mancomunidades, con dotación presupuestaria permanente plurianual y criterios de priorización basados en riesgo y vulnerabilidad. Este fondo permitirá anticipar impactos y reducir costes futuros, dado que cada euro invertido en prevención puede ahorrar entre 4 y 14 euros en daños (FEMA, 2018; World Bank, 2025).

Por su parte, el PNACC 2021-2030 ya incluye instrumentos de financiación, con fondos europeos FSE+, FEDER, FEAGA, FEADER, FEMP, LIFE, Horizon y del Banco Europeo de Inversiones, así como fondos propios del Estado y las CCAA y la movilización de fondos privados. Para apoyar la implementación del PNACC, se ha desarrollado el Plan de Impulso al Medio Ambiente para la Adaptación al Cambio Climático (PIMA Adapta) desde 2015.

Este nuevo fondo de prevención buscaría completar y complementar las acciones ya contempladas por el PNACC y su PIMA Adapta, así como por los diferentes fondos europeos arriba mencionados. En este sentido, la comunidad científica señala como aspectos clave que tendría que reforzar este fondo:

1. Infraestructuras verdes y azules: restauración de riberas, humedales, corredores ecológicos, reforestación adaptada al clima.
2. Adaptación urbana y rural: drenaje urbano sostenible, refugios climáticos, sombreados, eficiencia hídrica, agricultura resiliente.
3. Protección física y estructural: refuerzo de taludes, diques y defensas costeras, mejora de presas y encauzamientos.
4. Instrumentación y alerta temprana: redes de sensores geotécnicos, hidrológicos y costeros; integración de modelos numéricos con datos en tiempo real.



5. Planificación territorial: revisión de planes urbanísticos, mapas de peligrosidad y zonificación preventiva.
6. Ciencia aplicada e innovación: proyectos piloto, modelización climática, sistemas predictivos.
7. Participación y divulgación: educación ambiental, formación técnica, campañas de cultura preventiva.

Mecanismos de implementación:

1. Real Decreto de creación del Fondo de Prevención con reglas de gobernanza multinivel.
2. Asignación directa a municipios vulnerables mediante criterios objetivos (riesgo, capacidad técnica).
3. Auditoría anual y plataforma digital para transparencia y seguimiento.

Ámbito: Nacional y autonómico, con ejecución local prioritaria en municipios vulnerables (zonas rurales, costeras, forestales, áreas urbanas con alta exposición).

Sectores implicados: Medio ambiente, ordenación del territorio, agricultura y ganadería, agua, infraestructuras, energía, protección civil, investigación e innovación, educación ambiental.

Actores clave: Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico (MITECO), Ministerio de Hacienda, CCAA, entidades locales, universidades, centros de investigación, empresas de ingeniería y tecnología, organizaciones sociales.

Limitaciones y advertencias

1. Requiere financiación estable y coordinación interadministrativa, así como alineamiento y complementariedad con el PNACC.
2. Necesidad de capacidades técnicas locales para ejecutar proyectos complejos.
3. Riesgo de desigualdad territorial si no se aplican criterios claros de priorización.

Evidencia científica y referencias

- El IPCC (2022) y la OCDE (2023) destacan que la inversión en prevención es costo-efectiva y reduce riesgos sistémicos.



- El World Bank (2025) confirma el “triple dividendo” de la resiliencia: evita pérdidas, impulsa desarrollo y genera co-beneficios sociales y ambientales.
- Estudios económicos muestran ratios de beneficio-coste entre 4:1 y 14:1 para medidas preventivas.

IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>

OECD. (2023). *Recommendation on Building Financial Resilience to Disaster Risks*: <https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/oecd-legal-0436>

Brandon, C., Kratzer, B., Aggarwal, A., & Heubaum, H. (2025). Strengthening the Investment Case for Climate Adaptation: A Triple Dividend Approach. World Resources Institute Working Paper, 1-44. <https://doi.org/10.46830/wriwp.25.00019>

FEMA. (2019). *Natural Hazard Mitigation Saves: Interim Report*: <https://nibs.org/projects/natural-hazard-mitigation-saves-2019-report/>

Fernández-Ramos, J., García-Fernández, J., Sampedro Ortega, Y., Pardellas-Santiago, M., Majadas-Andray, J. (2024). Educación Ambiental para la Sostenibilidad en el corazón de las políticas públicas: recorrido histórico, buenas prácticas y recomendaciones para su transversalización. OAPN.

Foro de Reflexión para la Prevención Integral de los Incendios Forestales (2023) Prevenir los incendios, una responsabilidad colectiva. Propuestas para la prevención integral de los incendios forestales en tiempos de emergencia climática y despoblación en el medio rural. Edita Fundación Entretantos.

World Bank. (2023). *Assessing the Benefits and Costs of Nature-Based Solutions for Climate Resilience*: <https://www.worldbank.org/en/news/feature/2023/05/22/assessing-the-benefits-and-costs-of-nature-based-solutions-for-climate-resilience-a-guideline-for-project-developers>

Boston, J. & Judy Lawrence (2018): Funding Climate Change Adaptation: the case for a new policy framework, *Policy Quarterly*, 14(2), <https://doi.org/10.26686/pq.v14i2.5093>.

Prasad, R. S., & Sud, R. (2018). Implementing climate change adaptation: lessons from India's national adaptation fund on climate change (NAFCC). *Climate Policy*, 19(3), 354–366. <https://doi.org/10.1080/14693062.2018.1515061>.

Sheriffdeen, M., Nurrochmat, D. R., Perdinan, & Aliyu Abubakar, H. K. (2022). Effectiveness of emerging mechanisms for financing national climate actions; example of the Indonesia Climate Change Trust Fund. *Climate and Development*, 15(2), 81–92. <https://doi.org/10.1080/17565529.2022.2057905>.

6.a.2. Habilitar línea específica dentro del Fondo de prevención para incrementar la resiliencia del territorio frente a riesgos estructurales (incluida la erosión costera)

Descripción de la propuesta

Se propone que el fondo de prevención incluya una línea específica para incrementar la resiliencia del territorio en sentido amplio, abordando no solo



eventos extremos, sino también factores estructurales que agravan sus efectos. Un ejemplo crítico es la erosión costera, cuya causa principal no son las tormentas, sino la reducción drástica de aportes sedimentarios por regulación fluvial y cambios de uso del suelo. Los eventos extremos solo evidencian esta fragilidad. Esta línea específica dentro del Fondo de prevención podría así alinearse y fortalecer las acciones contempladas dentro del PNACC y del Plan Estratégico Nacional para la Protección de la Costa Española que también considera los efectos del cambio climático y fue aprobado en 2022.

Acciones clave:

De este modo, esta línea de actuación contemplaría acciones complementarias a las del PNACC y PENPCE, tales como:

1. Gestión integrada de zonas costeras: restauración de playas y dunas, recuperación de aportes sedimentarios, eliminación de barreras que interrumpen el transporte litoral.
2. Medidas basadas en la naturaleza: humedales costeros, marismas y soluciones verdes para amortiguar temporales.
3. Planificación territorial adaptativa: zonificación preventiva, revisión de planes urbanísticos en áreas costeras y fluviales.
4. Protección de infraestructuras críticas: refuerzo de defensas blandas y sistemas de drenaje sostenible.
5. Monitorización y modelización: redes de observación, teledetección y modelos numéricos para anticipar riesgos.
6. Programas de educación y participación: cultura preventiva en comunidades costeras y rurales.

Mecanismos de implementación:

1. Cofinanciación Estado-CCAA con asignación directa a municipios vulnerables.
2. Integración con estrategias de gestión costera y planes hidrológicos.
3. Auditoría anual y plataforma digital para transparencia.

Ámbito: Nacional y autonómico, con ejecución local en zonas costeras y cuencas fluviales.

Sectores implicados: Medio ambiente, costas, agua, ordenación del territorio, infraestructuras, agricultura, protección civil.



Actores clave: MITECO (Dirección General de la Costa y el Mar), CCAA, entidades locales, confederaciones hidrográficas, universidades, centros de investigación, sector privado especializado.

Limitaciones y advertencias

1. Coste elevado y necesidad de financiación estable.
2. Requiere coordinación intersectorial (agua, costas, urbanismo) y complementariedad con planes ya existentes (PNACC, PENCPE).
3. Riesgo de inequidad territorial si no se aplican criterios claros de priorización.

Evidencia científica y referencias

El IPCC (2022) y la EEA (2020) destacan que la gestión integrada de costas y soluciones basadas en la naturaleza son costo-efectivas para reducir riesgos. Estudios internacionales confirman que cada euro invertido en prevención puede ahorrar entre 4 y 14 euros en daños (FEMA, 2018; World Bank, 2025).

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). *Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>

European Environment Agency. (2020). *Coastal adaptation in Europe: Challenges and opportunities* (EEA Report No 25/2020). Publications Office of the European Union. <https://www.eea.europa.eu/publications/coastal-adaptation-in-europe>

World Bank. (2025). *The triple dividend of resilience: Investing in adaptation for growth*. World Bank Group. <https://www.worldbank.org>

Federal Emergency Management Agency. (2018). *Natural hazard mitigation saves: 2018 interim report*. National Institute of Building Sciences. <https://www.fema.gov>

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2022): *Plan Estratégico Nacional para la Protección de la Costa Española considerando los efectos del cambio climático*, <https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/costas/temas/temas-pc/planestrategiconacional/PLAN%20ESTRAT%C3%89GICO%20NACIONAL.pdf>

Gopalakrishnan, S., McNamara, D., Smith, M. D., & Murray, A. B. (2017). Decentralized Management Hinders Coastal Climate Adaptation: The Spatial-dynamics of Beach Nourishment. *Environmental and Resource Economics*, 67(4), 761-787. <https://doi.org/10.1007/s10640-016-0004-8>.

Mullin, M., Smith, M. D., & McNamara, D. E. (2019). Paying to save the beach: Effects of local finance decisions on coastal management. *Climatic Change*, 152(2), 275-289. <https://doi.org/10.1007/s10584-018-2191-5>,

Reguero, B. G., Beck, M. W., Schmid, D., Stadtmüller, D., Raeppe, J., Schüssele, S., & Pflieger, K. (2020). Financing coastal resilience by combining nature-based risk reduction with insurance. *Ecological Economics*, 169, 106487. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.106487>.



Ware, D., & Banhalimi-Zakar, Z. (2020). Strategies for governments to help close the coastal adaptation funding gap. *Ocean & Coastal Management*, 198, 105223. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105223>.

Williams, A. T., Rangel-Buitrago, N., Pranzini, E., & Anfuso, G. (2018). The management of coastal erosion. *Ocean & Coastal Management*, 156, 4-20. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.03.022>.

6.a.3. Crear una línea específica dentro del fondo de prevención para paisajes resilientes al fuego

Descripción de la propuesta

Se propone que el fondo de prevención destine una línea específica para la prevención estructural y territorial de incendios forestales para la creación y mantenimiento de paisajes resilientes al fuego y que respeten una Gestión Integrada del Fuego. Esta línea específica podría estar dotada con una inversión aproximada de 1.000 M€ anuales, orientada a la gestión de al menos el 1% del paisaje forestal nacional (260.000 ha/año), adaptando este porcentaje a la realidad socioecológica de cada región. Se recomienda que la línea específica contemple la financiación de un paquete de diversas actuaciones integrales: restauración de paisajes en mosaico, manejo del fuego (quemadas prescritas/dirigidas), ganadería extensiva/pastoreo dirigido, interfaz urbano-forestal (UIF), silvicultura preventiva focalizada y otras, en línea con las actuaciones recogidas en este documento bajo la propuesta 1.a.1. Planificar los usos del suelo y del paisaje para recuperar las estructuras en mosaico. Estas actuaciones reducen riesgo, crean sistemas más robustos de gobernanza local y, además, tienden a aumentar la biodiversidad al mantener mayor variedad de hábitats.

Acciones clave:

1. Crear una línea específica dentro del fondo de prevención capaz de financiar distintas actividades que combinan actuaciones integrales sobre el territorio (revisar propuesta 1.a.1) y reservar porcentajes orientativos adscritos a los distintos tipos de intervención para la Gestión Integrada del Fuego.
2. Diseño espacial de las actuaciones presupuestadas fomentando mosaicos y piro-silvicultura (integrando el fuego en la gestión forestal) dentro de planes territoriales a largo plazo. La asignación anual se realizaría con criterios de priorización espacial basadas en el riesgo y valor de conservación.



3. Complementar actuaciones con selvicultura preventiva estratégica y focalizada: tratamientos selvícolas (clareos, desbroces, podas, discontinuidades verticales), reducción de combustible, creación y mantenimiento de áreas estratégicas de gestión (PEG) y cortafuegos como infraestructuras críticas.
4. Protección en interfaz urbano-forestal: planificación, ejecución y mantenimiento del 100% de las infraestructuras de protección (fajas auxiliares, cortafuegos, hidrantes).
5. Planes de autoprotección: obligación para urbanizaciones e infraestructuras en zonas de riesgo, con apoyo técnico y financiero.
6. Monitorización y datos: estadísticas anuales sobre prevención y extinción, comportamiento del fuego, costes y eficacia de las medidas.
7. Integración normativa: incorporar la gestión preventiva en políticas estatales, europeas y sectoriales (urbanismo, conservación, agricultura).

Mecanismos de implementación:

1. Cofinanciación Estado-CCAA con asignación directa a municipios y mancomunidades.
2. Auditoría anual y plataforma digital para transparencia y seguimiento.
3. Coordinación con planes autonómicos y el Plan Estatal de Protección Civil ante Incendios Forestales.

Ámbito: Nacional y autonómico, con ejecución local en zonas forestales y de interfaz urbano-forestal.

Sectores implicados: Medio ambiente, protección civil, agricultura y ganadería, ordenación del territorio, desarrollo rural.

Actores clave: MITECO, MAPA, CCAA, entidades locales, consorcios forestales, empresas de gestión forestal, universidades y centros de investigación.

Limitaciones y advertencias

1. Alto coste financiero y necesidad de financiación estable.
2. Requiere personal técnico cualificado y coordinación interadministrativa.
3. Riesgo de ineficacia si no se priorizan áreas críticas y se asegura mantenimiento.
4. Los resultados pueden no ser inmediatos.

Evidencia científica y referencias



- El IPCC (2022) y la FAO destacan que la gestión activa del combustible y la planificación territorial son las medidas más efectivas para reducir la severidad de incendios.
- Estudios científicos demuestran que los tratamientos preventivos a escala de paisaje reducen la propagación y el impacto de grandes incendios.
- Cada euro invertido en prevención puede ahorrar entre 4 y 14 euros en daños (FEMA, 2018; World Bank, 2025).

Finney, M. A., Seli, R. C., McHugh, C. W., Ager, A. A., Bahro, B., & Agee, J. K. (2007). Simulation of long-term landscape-level fuel treatment effects on large wildfires. *International Journal of Wildland Fire*, 16(6), 712–727. <https://doi.org/10.1071/WF06064>

IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*.

FEMA. (2018). *Natural Hazard Mitigation Saves: Interim Report*.

Fundación Pau Costa. (2023). *Declaración sobre la gestión de los grandes incendios forestales en España*. https://www.paucostafoundation.org/wp-content/uploads/2023/06/Declaracio%CC%81n-sobre-la-gestio%CC%81n-de-los-grandes-incendios-forestales-en-espan%CC%83a_esp-1.pdf

World Bank. (2025). *The Triple Dividend of Resilience*.

Colonico, M., Tomao, A., Ascoli, D., Corona, P., Giannino, F., Moris, J. V., Romano, R., Salvati, L., & Barbati, A. (2022). *Rural development funding and wildfire prevention: Evidences of spatial mismatches with fire activity*. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106079>.

Kirschner, J., Clark, J., & Boustras, G. (2023). Governing wildfires: Toward a systematic analytical framework. *Ecology and Society*, 28(2). <https://doi.org/10.5751/ES-13920-280206>.

Lopes, L. F., Fernandes, P. M., Rego, F. C., & Acácio, V. (2023). Public funding constrains effective postfire emergency restoration in Portugal. *Restoration Ecology*, 31(3), e13769. <https://doi.org/10.1111/rec.13769>.

Pennick Mclver, C., Cook, P. S., & Becker, D. R. (2021). The Fiscal Burden of Wildfires: State Expenditures and Funding Mechanisms for Wildfire Suppression in the Western U.S. and Implications for Federal Policy. *State and Local Government Review*, 53(4), 337-351. <https://doi.org/10.1177/0160323X211061353>.

Plana, E., Serra, M., Smeenk, A., Regos, A., Berchtold, C., Huertas, M., Fuentes, L., Trasobares, A., Vinders, J. N., Colaço, C., & Bonet, J. A. (2024). Framing Coherence Across EU Policies Towards Integrated Wildfire Risk Management and Nature-Based Solutions. *Fire*, 7(11), 415. <https://doi.org/10.3390/fire7110415>

6.a.4. Dotar de una financiación basada en pronósticos al Fondo de Contingencia para la Acción Anticipatoria y Respuesta Inmediata ante Emergencias

Descripción de la propuesta basada en la evidencia científica

Una estrategia complementaria a los mecanismos tradicionales de respuesta posdesastre es la financiación basada en pronósticos (Forecast-based Financing, FbF), que conecta los sistemas de alerta temprana con acciones anticipatorias planificadas y financiadas. Este enfoque permite activar recursos



públicos de forma automática cuando se superan umbrales técnicos previamente definidos, posibilitando la ejecución de medidas preventivas antes de que el evento extremo tenga lugar.

Para aplicar este modelo en el marco jurídico español se propone la creación de un Fondo de Contingencia para la Acción Anticipatoria y Respuesta Inmediata, de carácter estatal o de mejorar el Fondo de prevención anteriormente mencionado, con el objetivo de movilizar recursos de manera oportuna y suficiente ante emergencias climáticas o sociales. Este fondo permitiría actuar de forma preventiva o inmediata frente a fenómenos como sequías, inundaciones, incendios o crisis de vivienda, evitando demoras administrativas y reduciendo el impacto económico y social de los desastres.

La evidencia muestra que la reducción de deuda tras las crisis suele ser muy lenta. Por ello, se propone la creación de fondos de contingencia durante las fases de crecimiento. La experiencia internacional demuestra que, cuando estos fondos están bien diseñados y dotados, pueden mitigar los efectos de las crisis y reforzar la disciplina fiscal.

Desde el punto de vista jurídico-presupuestario, el fondo debería tener base legal mediante su inclusión en la Ley de Presupuestos Generales del Estado o en una norma específica, conforme a la Ley General Presupuestaria. Su finalidad sería financiar actuaciones anticipatorias y de emergencia según protocolos previamente aprobados, activados en función de indicadores objetivos validados por organismos técnicos competentes. La gestión podría ser interadministrativa, coordinada entre la Administración General del Estado y las comunidades autónomas, garantizando coherencia con el Sistema Nacional de Protección Civil y con el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático.

El funcionamiento del fondo se basaría en mecanismos automáticos y auditables de activación, vinculados a pronósticos climáticos y umbrales definidos, con control *ex ante* y *ex post* por los órganos fiscalizadores. Debe garantizarse la compatibilidad con las normas de estabilidad presupuestaria, manteniendo flexibilidad para responder con rapidez a situaciones de riesgo. Asimismo, las actuaciones financiadas deberían ser evaluables, con mecanismos de transparencia y rendición de cuentas.

Desde la perspectiva del sistema de protección social, las ayudas derivadas de la activación del fondo —como transferencias a familias, empresas o municipios— tendrían la consideración de gastos no contributivos, financiados mediante transferencias del Estado y no con cotizaciones sociales. De este modo, se respetaría el principio de separación de fuentes del sistema de Seguridad Social, preservando la sostenibilidad de las prestaciones contributivas.



La eficacia del fondo dependerá de su capacidad para anticipar el riesgo y actuar con rapidez. Los protocolos de activación deberán estar definidos reglamentariamente, identificando umbrales, procedimientos, responsables y plazos. Las acciones podrán incluir transferencias económicas, apoyo logístico, refuerzo de infraestructuras o medidas de protección de grupos vulnerables.

En suma, la creación de este fondo dotaría al Estado de un instrumento jurídico y financiero estable, preventivo y eficiente, que permita actuar con agilidad ante emergencias o previsiones de riesgo, fortaleciendo la resiliencia institucional y social frente a los efectos del cambio climático y otras crisis de carácter extraordinario.

Limitaciones y advertencias

Las principales limitaciones radican en la fiabilidad predictiva y el diseño de umbrales: falsos positivos/*missed events* pueden activar recursos innecesarios o fallar en la anticipación, comprometiendo legitimidad y coste-efectividad. Requiere base legal clara, gobernanza interadministrativa y compatibilidad con reglas de estabilidad, contratación y ayudas de Estado, equilibrando rapidez y rendición de cuentas. Son críticos los techos presupuestarios, criterios de prioridad y auditorías ex ante/ex post para evitar riesgo moral y capturas; además, deben preverse salvaguardas de equidad territorial y protocolos de datos/indicadores auditables para asegurar transparencia y trazabilidad.

Evidencia científica y referencias

Referencias sobre acción anticipatoria (*forecast-based financing*)

Anand, V. (2023). Prediction Technologies and Decision-Making: A Model for Forecast-based Financing for Risk Mitigation. Available at SSRN 5211250.

Nobre, G. G., Pasqui, M., Quaresima, S., Pieretto, S., & Bonifácio, R. M. L. P. (2023). Forecasting, thresholds, and triggers: Towards developing a Forecast-based Financing system for droughts in Mozambique. *Climate Services*, 30, 100344.

Coughlan de Perez, E., van den Hurk, B. J. J. M., Van Aalst, M. K., Jongman, B., Klose, T., & Suarez, P. (2015). Forecast-based financing: an approach for catalyzing humanitarian action based on extreme weather and climate forecasts. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 15(4), 895-904.

Thalheimer, L., Jjemba, E., & Simperingham, E. (2022). The role of forecast-based financing. *Forced Migration Review*, (69).

Referencias sobre fondos de contingencia públicos y financiamiento de riesgos

Brunet, J., Cuadro-Sáez, L., & Pérez, J. J. (2021). Contingency public funds for emergencies: the lessons from the international experience. *Banco de España Occasional Paper*, (2032).

Radu, D. (2022). *Disaster risk financing: Limiting the fiscal cost of climate-related disasters*. Publications Office of the European Union.



Experiencias internacionales con instrumentos similares aplicados en otros países:

Mecanismo Europeo de Protección Civil y el Fondo de Solidaridad de la Unión Europea (FSUE), que financian respuestas ante desastres naturales.

Programas piloto de FbF implementados por la Cruz Roja Alemana y la FAO en América Latina y África, donde los fondos se activan automáticamente antes de sequías o inundaciones, con resultados positivos en la reducción de pérdidas humanas y económicas.

Iniciativas nacionales de anticipación como el “Start Network” en el Reino Unido o el “Action-based Forecasting Fund” en Alemania, que articulan la respuesta inmediata con la previsión meteorológica y los fondos públicos.

6.a.5. Crear un Impuesto sobre el Hidrógeno de Origen Fósil: instrumento fiscal para la creación de un fondo de descarbonización y la resiliencia climática

Descripción de la propuesta

Se propone la creación de un Impuesto estatal sobre el Hidrógeno de Origen Fósil que grave la producción, importación, almacenamiento y primera puesta a consumo de hidrógeno gris y azul con baja captura de CO₂. Su objetivo es internalizar los costes ambientales derivados de la generación intensiva de gases de efecto invernadero y financiar dos finalidades públicas: (a) el impulso del hidrógeno verde (H₂ renovable) y (b) la prevención y gestión de catástrofes naturales agravadas por el cambio climático (gotas frías/DANA -Depresión Aislada en Niveles Altos-, incendios forestales, inundaciones, huracanes, sequías, terremotos, tornados, tormentas solares, etc.).

El diseño técnico del impuesto se alinea con los principios del art. 45 de la Constitución Española, que impone a los poderes públicos la obligación de proteger el medio ambiente, y con la Ley 58/2003, General Tributaria, así como con el Reglamento (UE) 2023/956 del Mecanismo de Ajuste en Frontera por Carbono (CBAM), que incluye expresamente el hidrógeno en su ámbito material.

El tributo tendría carácter indirecto y monofásico, similar a un impuesto especial de fabricación, gestionado por la AEAT. La base imponible se determinaría en función del contenido de carbono incorporado por unidad de hidrógeno (kg CO₂e/kg H₂), verificado mediante un sistema de monitorización, reporte y verificación armonizado con el establecido en el Reglamento (UE) 2023/956 (CBAM). El tipo impositivo se vincularía dinámicamente al precio medio del carbono en el mercado europeo de derechos de emisión (EU ETS), garantizando coherencia fiscal y evitando distorsiones competitivas.

Las exenciones y tipos reducidos se aplicarían únicamente al hidrógeno renovable certificado (RFNBO) y al azul que acredite una captura superior al 90



%. Los ingresos se destinarían a un Fondo Estatal para la Transición del Hidrógeno Verde y Resiliencia Climática (FHVR), con un reparto del 50 % a proyectos de electrólisis, redes de hidrógeno y almacenamiento energético, y el 50 % a infraestructuras de prevención y respuesta ante riesgos naturales.

Esta medida permite evitar el “doble privilegio” del hidrógeno gris importado, actualmente libre de coste ambiental, y refuerza la coherencia fiscal de las políticas de transición energética. Además, actúa como puente temporal hasta la entrada plena del CBAM en 2026, asegurando que tanto la producción nacional como la importada contribuyan equitativamente a los objetivos climáticos.

En síntesis, el impuesto propuesto no es meramente recaudatorio, sino un instrumento de política ambiental correctiva, con fundamento en la evidencia científica sobre la huella de carbono del hidrógeno gris y en el principio de “quien contamina, paga” (art. 191 TFUE).

Limitaciones y advertencias

La implantación del impuesto puede implicar una armonización con el marco europeo (CBAM y EU ETS) para evitar doble imposición o distorsiones competitivas. Su eficacia dependerá de una verificación rigurosa de las emisiones y de la capacidad administrativa de control. Además, es clave garantizar que los ingresos se destinen realmente a fines de descarbonización y resiliencia, evitando su uso como instrumento meramente recaudatorio.

Evidencia científica y referencias

Los estudios de la International Energy Agency (Global Hydrogen Review) y del IPCC (AR6 Mitigation Report) demuestran que el hidrógeno gris, producido mediante reformado con vapor de metano (SMR), genera entre 8,5 y 10 kg de CO₂ equivalente por cada kg de hidrógeno, mientras que el hidrógeno verde, obtenido por electrólisis alimentada con fuentes renovables, emite menos de 0,5 kg CO₂e/kg H₂, reduciendo más del 95 % de la huella total.

El Joint Research Centre y la Agencia Europea de Medio Ambiente subrayan que sustituir hidrógeno gris por verde podría reducir hasta 830 millones de toneladas de CO₂ anuales a nivel global -equivalentes a las emisiones combinadas de Alemania y Francia-, lo que convierte al hidrógeno verde en un vector clave para alcanzar la neutralidad climática europea. En el contexto español, la Hoja de Ruta del Hidrógeno del MITECO (2020) estima una producción actual de unas 600.000 toneladas anuales, casi en su totalidad de origen fósil, con un potencial de ahorro de 5,4 millones de toneladas de CO₂ al año si se reemplaza progresivamente por hidrógeno renovable.

El Reglamento (UE) 2023/956, que establece el Mecanismo de Ajuste en Frontera por Carbono (CBAM), obliga desde 2023 a reportar las emisiones



embebidas de los productos importados (incluido el hidrógeno) y prevé que, a partir de 2026, los importadores abonen certificados CBAM equivalentes al precio del carbono en el EU ETS (Comisión Europea, 2023). El IHOF se concibe, por tanto, como un instrumento complementario y anticipatorio de esta regulación europea, evitando fugas de carbono y asegurando coherencia fiscal entre la producción nacional y el comercio exterior.

La experiencia comparada demuestra la eficacia de los instrumentos fiscales ambientales. El impuesto al carbono sueco (1991) redujo un 27 % las emisiones en menos de una década sin afectar al PIB, y el impuesto español a los envases de plástico no reutilizable (Ley 7/2022) ha mostrado alta eficiencia recaudatoria y disuasoria. Según el Banco Mundial (State and Trends of Carbon Pricing), los países con señales de precio del carbono superiores a 50 €/t CO₂ alcanzan una media del 45 % de penetración de energías limpias, frente al 23 % de aquellos sin instrumentos fiscales equivalentes.

A esta dimensión ambiental se suma una justificación socioeconómica y climática incuestionable. El Banco Mundial (2024) estima que las catástrofes naturales vinculadas al cambio climático provocan pérdidas globales anuales de más de 250.000 millones de euros, mientras que en España dejaron pérdidas económicas por valor de 4.450 millones de euros en 2023, según los datos del Barómetro de las Catástrofes de España de la Fundación Aon.

Estos datos avalan que parte de la recaudación del IHAHC se destine a un Fondo Estatal de Prevención y Resiliencia Climática, orientado a financiar infraestructuras de drenaje urbano sostenible, restauración de cauces, cortafuegos, sistemas de alerta temprana y refuerzo de redes eléctricas ante tormentas solares o incendios.

Es conveniente que la fiscalidad ambiental no solo corrija externalidades, sino que también financie la protección frente a consecuencias evitables. De acuerdo con esta doctrina, el IHAHC actúa como un tributo híbrido, simultáneamente corrector de emisiones y generador de resiliencia climática, alineado con la Ley 7/2021, de Cambio Climático y Transición Energética, y con el principio de justicia intergeneracional que inspira el Pacto Verde Europeo.

Por último, la OCDE documenta que países como Suecia, Canadá y Australia utilizan impuestos sobre emisiones industriales para nutrir fondos de adaptación climática, con resultados positivos tanto en reducción de vulnerabilidad como en creación de empleo verde. España cuenta con un precedente sólido en el Consorcio de Compensación de Seguros, que financia indemnizaciones por fenómenos catastróficos mediante recargos obligatorios. Este modelo jurídico demuestra la viabilidad administrativa y financiera de un fondo finalista alimentado por un tributo ambiental, lo que otorga al IHAHC una sólida base científica, económica y normativa para su implementación.



IEA (2022), Global Hydrogen Review 2022, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2022>, Licence: CC BY 4. IPCC, 2022: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. doi: <https://doi.org/10.1017/9781009157926.001>

Tarvydas, D., The role of hydrogen in energy decarbonisation scenarios, EUR 31358 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022, ISBN 978-92-76-60584-3, doi:10.2760/899528, JRC131299

Hydrogen Europe (2024). Clean Hydrogen Monitor 2024. https://hydrogeneurope.eu/wp-content/uploads/2024/11/Clean_Hydrogen_Monitor_11-2024_V2_DIGITAL_draft3-1.pdf

Hydrogen Europe (2024). H₂ Emissions Paper. https://hydrogeneurope.eu/wp-content/uploads/2024/12/11.2024_H2Europe_H2-emissions-paper.pdf

Banco Mundial (2024). State and Trends of Carbon Pricing. <https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/253e6cdd-9631-4db2-8cc5-1d013956de15/content>

Fundación Aon (2024). Barómetro de las Catástrofes Naturales en España 2023. <https://fundacionaon.es/wp-content/uploads/2024/11/Barometro-Catastrofes-Naturales-en-Espana-2023-Fundacion-Aon.pdf>

OECD (2023), *Effective Carbon Rates 2023: Pricing Greenhouse Gas Emissions through Taxes and Emissions Trading*, OECD Series on Carbon Pricing and Energy Taxation, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/b84d5b36-en>

OECD (2023). Environment Topics. <https://www.oecd.org/en/topics/environment.html>

Government of Canada. Greenhouse Gas Pollution Pricing Act. <https://laws-lois.justice.gc.ca/eng/acts/G-11.55/>

Climate Change Authority (Australia). <https://www.climatechangeauthority.gov.au>

Consorcio de Compensación de Seguros. Riesgos extraordinarios. <https://www.conorseguros.es/web/ambitos-de-actividad/riesgos-extraordinarios>

b. RESPUESTA

6.b.1. Establecer un Fondo de Respuesta Inmediata ante Emergencias Climáticas

Descripción de la propuesta

Se propone la creación de un Fondo de Respuesta Inmediata con capacidad operativa para actuar en las primeras 72 horas tras un evento extremo (inundaciones, incendios, olas de calor, tormentas, sequías severas). Este fondo debe contar con:



1. Dotación presupuestaria flexible y ejecutable: Presupuesto anual ampliable según la gravedad del evento, con mecanismos de ejecución directa por CCAA y entidades locales para evitar bloqueos burocráticos.
2. Protocolos de activación automática: Basados en umbrales objetivos (precipitación, caudales, temperatura, viento, riesgo de incendio) o declaración oficial de emergencia.
3. Cobertura de actuaciones críticas: Restablecimiento de servicios básicos (agua, energía, accesos), estabilización provisional de taludes, limpieza de cauces, logística de emergencia, abastecimiento de agua potable y refuerzo sanitario (personal y material).
4. Capacidad tecnológica y logística: Contratos preacordados con empresas para despliegue inmediato de medios (aviones con sensores LiDAR, imágenes multiespectrales, drones, equipos de análisis rápido) y personal técnico especializado.
5. Reconocimiento profesional: Condiciones laborales dignas, seguros integrales y certificación de contribuciones para personal técnico y voluntariado.
6. Transparencia y evaluación: Registro público de actuaciones, auditorías ex post y KPI (tiempo medio de activación, cobertura territorial, reducción de impactos).

Mecanismos de implementación:

1. Real Decreto de creación del fondo, ventanilla única interoperable, indicadores de seguimiento y auditoría anual.

Ámbito: nacional y autonómico, con ejecución local en los municipios afectados por emergencias climáticas.

Sectores implicados: Protección civil y emergencias (coordinación y despliegue operativo), medio ambiente y gestión territorial (evaluación de daños, restauración inicial), infraestructuras y transporte (restablecimiento de accesos y servicios básicos), agua y saneamiento (abastecimiento de agua potable), energía (reconexión de redes críticas), salud pública y servicios sanitarios (refuerzo asistencial en olas de calor, inundaciones, etc.), tecnología y teledetección (uso de LiDAR, imágenes multiespectrales, drones para evaluación rápida), seguros y finanzas públicas (coordinación con Consorcio de Compensación y mecanismos de transferencia de riesgo), actores privados especializados (empresas de logística, ingeniería, telecomunicaciones, análisis de datos).



Limitaciones y advertencias

1. Necesidad de gobernanza robusta y coordinación interadministrativa.
2. Alta dependencia de capacidades técnicas y logísticas para respuesta rápida.

Evidencia científica y referencias

El IPCC (2023) y la OCDE (2023) destacan que la anticipación y respuesta temprana reducen significativamente pérdidas humanas y económicas. Cada euro invertido en prevención y respuesta temprana ahorra entre 4 y 7 euros en reconstrucción (World Bank, 2021). Experiencias internacionales (Alemania, Italia) confirman la eficacia de fondos específicos para emergencias. A nivel europeo, desde 2021 existe la Reserva para Solidaridad y Ayudas de Emergencia (SEAR) de la UE, proveniente de la fusión del Fondo de Solidaridad y la Reserva de Ayuda de Emergencia. Las Naciones Unidas dispone del Fondo Central de Respuesta a Emergencias (CERF) desde 2005.

IPCC. (2023). *Sixth Assessment Report: Impacts, Adaptation and Vulnerability*.

OECD. (2023). *Recommendation on building financial resilience to disaster risks*.

World Bank. (2021). *The Triple Dividend of Resilience: Realizing Development Goals through Risk-Informed Investment*.

Romero González, J., & Camarasa Belmonte, A. M. (2025). *Evidencias científicas sobre cambio climático y territorio en el Mediterráneo Ibérico*.

Olcina Cantos, J. (2025). El riesgo del cambio climático y su influencia en el aumento de emergencias de protección civil. *Revista d'estudis autonòmics i federals*, 41, 35-71.

European Commission. (s. f.). *European Union SoLiDARity Fund—Performance*. Recuperado 16 de octubre de 2025, de https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/eu-budget/performance-and-reporting/programme-performance-statements/european-union-soLiDARity-fund-performance_en

United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs (OCHA). (2024). *CERF Annual Results Report 2024*.

6.b.2. Reforzar el Ingreso Mínimo Vital como instrumento de resiliencia climática

Descripción de la propuesta

Los programas de ingresos mínimos, como el Ingreso Mínimo Vital (IMV) en España, han demostrado ser herramientas eficaces para fortalecer la resiliencia social frente a crisis económicas y climática. Al garantizar un nivel básico de



ingresos, estos programas permiten a los hogares más vulnerables afrontar mejor las consecuencias de la pérdida de bienes, el endeudamiento y la exclusión social (Official Journal of the European Union, 2023).

El IMV actúa como una red de protección de último recurso, cubriendo lagunas que dejan otros mecanismos contributivos como el seguro de desempleo o las prestaciones por discapacidad. Su capacidad de respuesta rápida quedó demostrada tras la Depresión Aislada en Niveles Altos (DANA) de Valencia en 2024, cuando el Gobierno de España incrementó en un 15% la cuantía del IMV durante tres meses para las personas residentes en las zonas afectadas (Real Decreto-ley 6/2024, de 5 de noviembre). Esta medida puntual evidenció el potencial del IMV para adaptarse a contextos de emergencia climática y reducir el impacto económico inmediato sobre los hogares más vulnerables.

La experiencia europea muestra que, ante crisis como la Gran Recesión de 2008-2009, los sistemas de protección social han sido determinantes para sostener la cohesión y estabilidad económica. En particular, las rentas mínimas de inserción (Minimum Income Schemes) han adquirido relevancia cuando las políticas contributivas (como las prestaciones por desempleo o los mecanismos de retención de empleo) resultan insuficientes o excluyen a determinados colectivos.

Las desigualdades socioeconómicas amplifican los efectos de los desastres climáticos y prolongan los procesos de recuperación. Las familias con menos recursos enfrentan mayores pérdidas relativas y mayores dificultades para reconstruir sus medios de vida. Por ello, los instrumentos de protección social no solo deben compensar el daño inmediato, sino también fortalecer la capacidad adaptativa frente a los eventos climáticos recurrentes.

En este sentido, se propone una política pública de refuerzo automático del IMV en situaciones declaradas de catástrofe climática. Bajo este esquema, cuando una zona sea declarada oficialmente afectada por un desastre (por ejemplo, una inundación, sequía extrema o incendio forestal), la cuantía del IMV se incrementaría de forma automática y temporal (por ejemplo, durante el periodo de vigencia del decreto correspondiente). Esta ampliación excepcional permitiría garantizar la cobertura de necesidades básicas y prevenir el deterioro económico y social de los hogares más vulnerables durante la emergencia

Además, podría complementarse con sistemas de alerta temprana social, que comuniquen automáticamente a las personas beneficiarias los cambios en la prestación y los servicios de apoyo disponibles.

Integrar la dimensión climática en los programas de rentas mínimas supone un avance hacia una protección social adaptativa, alineada con los objetivos de resiliencia y justicia climática promovidos por la Unión Europea. Fortalecer el IMV bajo este enfoque no solo mitigaría los impactos de las crisis climáticas sobre los



hogares más pobres, sino que consolidaría una política pública más ágil, equitativa y coherente con los desafíos del siglo XXI.

Limitaciones y advertencias

La eficacia de esta medida depende de una activación automática bien definida y coordinada con las comunidades autónomas, para evitar solapamientos y desigualdades territoriales. Requiere financiación estable, capacidad administrativa ágil y mecanismos de control que garanticen su sostenibilidad y focalización en los hogares más vulnerables sin generar dependencias estructurales.

Evidencia científica y referencias

Costella, C., van Aalst, M., Georgiadou, Y., Slater, R., Reilly, R., McCord, A., Holmes, R., Ammoun, J., & Barca, V. (2023). Can social protection tackle emerging risks from climate change, and how? A framework and a critical review. *Climate Risk Management*, 40, 100501. <https://doi.org/10.1016/J.CRM.2023.100501>

Council Recommendation of 30 January 2023 on adequate minimum income ensuring active inclusion 2023/C 41/01. *Official Journal of the European Union*. [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32023H0203\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32023H0203(01))

Eichhorst, W., Bonin, H., Krause-Pilatus, A., Marx, P., Dolls, M., & Lay, M. (2023). Minimum income support systems as elements of crisis resilience in Europe – Final Report.

Eichhorst, W., Krause-Pilatus, A., Dolls, M., & Lay, M. (2024). Crisis Resilience of European Welfare States: The Role of Multiple Layers of Protection. www.iza.org

Gómez Bengoechea, G., 2021. The impact of the COVID-19 crisis on income distribution under different protection schemes: the case of Spain. *Public Sect. Econ.* 45., 517–541. <https://doi.org/10.3326/pse.45.4.6>

Immervoll, H., & Pastener, F. (2025). Weathering the storms? Minimum-income benefits as a crisis response. *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*. <https://doi.org/10.1787/D45CA27F-EN>

Otto, I.M., Reckien, D., Reyer, C.P.O., Marcus, R., Le Masson, V., Jones, L., Norton, A., Serdeczny, O., 2017. Social vulnerability to climate change: a review of concepts and evidence. *Reg. Environ. Change* 17, 1651–1662. <https://doi.org/10.1007/s10113-017-1105-9>

Sengupta, S., Costella, C., 2023. A framework to assess the role of social cash transfers in building adaptive capacity for climate resilience. *J. Integr. Environ. Sci.* 20, 2218472. <https://doi.org/10.1080/1943815X.2023.2218472>

Shahini, V., Panaro, A., Jessoula, M., 2024. The politics of minimum income protection in the EU: the long road to a Council Recommendation. *European Trade Union Institute*.

6.b.3. Establecer un Fondo de Impacto Social y Emergencia Climática: una estrategia de protección social adaptativa

Descripción de la propuesta



El Fondo de Impacto Social (FIS), impulsado por el Ministerio de Inclusión, Seguridad Social y Migraciones, constituye un instrumento público innovador de inversión con impacto social y ambiental medible, concebido para canalizar recursos hacia proyectos que generen resultados positivos y verificables dentro de España. Su diseño combina criterios de rentabilidad económica con objetivos de cohesión social y sostenibilidad ambiental, promoviendo la colaboración público-privada y el uso de métricas de impacto.

Hasta el momento, el FIS ha centrado su acción en ámbitos como la inclusión laboral de colectivos vulnerables, la innovación en servicios sociales y la mejora de la eficiencia en las políticas públicas y la vivienda destinada a colectivos vulnerables.

El FIS, por su naturaleza flexible y su gobernanza basada en la evidencia ofrece un modelo de estructura institucional idónea para replicarse y crear una “ventana climática”, que financie proyectos adaptativos, resilientes o anticipatorios.

Esta ventana climática permitiría desarrollar un nuevo fondo para iniciativas de adaptación, mitigación y protección social frente a riesgos climáticos, especialmente en zonas y comunidades vulnerables. Respetando los principios DNSH, el nuevo fondo podría financiar proyectos piloto en territorios con alta exposición climática, siguiendo un enfoque de probar, medir, aprender y escalar, coherente con la lógica de innovación social que orienta el FIS, favorecer la inclusión social y la resiliencia territorial a través de actuaciones de restauración ecológica y de promoción de la Economía Circular.

En su configuración actual el FIS permite responder a retos sociales y medioambientales. Un instrumento similar, centrado principalmente en la ventana climática integraría una dimensión de protección social adaptativa, financiando actuaciones que reduzcan la vulnerabilidad estructural de los hogares frente al cambio climático.

Asimismo, en el diseño operativo de esta ventana climática podrían aplicarse criterios de activación similares a los del enfoque Forecast-based Financing (FbF), que anticipa la acción antes de que se produzca el desastre. Las experiencias internacionales del FbF muestran que este tipo de mecanismos anticipatorios son más eficaces y rentables que las respuestas reactivas.

La naturaleza reinvertible de este nuevo fondo garantiza la sostenibilidad financiera de la estrategia climática, al permitir que los beneficios generados por proyectos verdes o resilientes (como ahorros energéticos o servicios ecosistémicos) se destinen a nuevas iniciativas, incluyendo aquellas orientadas a fortalecer la resiliencia climática y social de las comunidades más vulnerables.

En suma, esta propuesta desarrollaría basándose en el FIS un nuevo instrumento integral de cohesión social y adaptación climática, capaz de alinear



la protección social con las políticas de adaptación al cambio climática. La creación de una ventana climática similar al fondo FIS reforzaría la capacidad del Estado para mitigar y responder a los impactos del cambio climático, garantizando que las estrategias de inclusión contribuyan también a una transición justa y resiliente.

Limitaciones y advertencias

La viabilidad de esta propuesta depende de no duplicar las funciones actuales del Fondo de Impacto Social (FIS) y de asegurar una clara delimitación competencial entre sus objetivos sociales y los climáticos. Requiere definir mecanismos de evaluación y trazabilidad del impacto climático, así como garantizar que la nueva “ventana climática” no disperse recursos ni diluya la misión principal del FIS, manteniendo la coherencia institucional y financiera del instrumento.

Evidencia científica y referencias

Brunet, J., Cuadro Sáez, L., Pérez, J.J., 2020. Fondos públicos de contingencia para situaciones de emergencia: lecciones de la experiencia internacional. Doc. Ocas. - Banco Esp. 1–35.

Cortés Arbués, I., Chatzivasileiadis, T., Storm, S., Ivanova, O., & Filatova, T. (2025). Private investments in climate change adaptation are increasing in Europe, although sectoral differences remain. *Communications Earth & Environment*, 6(1), 470.

Coughlan de Perez, E., van den Hurk, B. J. J. M., Van Aalst, M. K., Jongman, B., Klose, T., & Suarez, P. (2015). Forecast-based financing: an approach for catalyzing humanitarian action based on extreme weather and climate forecasts. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 15(4), 895-904.

Mullan, M., & Ranger, N. (2022). Climate-resilient finance and investment: Framing paper. *OECD Environment Working Papers*, (196), 1-42.

Rahman, F., Murshed, S. B., Salehin, M., Sakib, F. M., & de Perez, E. C. (2024). Does forecast-based financing (FbF) lower women's vulnerability to flooding?. *Progress in Disaster Science*, 24, 100389.

Rüth, A., Fontaine, L., Perez, E.C. de, Kampfer, K., Wyjad, K., Destrooper, M., Amuron, I., Choularton, R., Bürer, M., Miller, R., 2017. Forecast-Based Financing, Early Warning, and Early Action: A Cutting-Edge Strategy for the International Humanitarian Community, in: *Routledge Companion to Media and Humanitarian Action*. Routledge.

Tandukar, S., Maraseni, T., Sarker, T., 2025. Financing sources for mitigation of adverse climate change: a systematic review. *Discov. Sustain.* 6, 160. <https://doi.org/10.1007/s43621-025-00949-9>

Timilsina, G.R., 2021. Financing Climate Change Adaptation: International Initiatives. *Sustainability* 13, 6515. <https://doi.org/10.3390/su13126515>



c. RECUPERACIÓN

6.c.1. Emitir un tipo especial de Bonos del Estado para financiar la recuperación de catástrofes

Descripción de la propuesta

Encargar al Tesoro Público el diseño y emisión de unos bonos especiales del Estado, como vía de financiación para atender a emergencias climáticas.

Los denominados ‘bonos catástrofe’ (*CAT bonds*) son títulos de renta fija ya existentes en los mercados financieros globales (alrededor de 50.000 millones \$ en 2024). Son principalmente emitidos por compañías privadas de seguros para afrontar situaciones catastróficas en las cuales se puede ver comprometida su viabilidad al tener que compensar simultáneamente a muchos asegurados afectados por un mismo evento. No obstante, hay también experiencias reales de emisión de este tipo de títulos por los gobiernos de Chile, México, Filipinas y otros países, apoyadas e impulsadas por el Banco Mundial.

Este tipo de títulos de deuda permiten trasladar parte de ese riesgo extraordinario a inversores privados, que obtienen una rentabilidad algo superior a la media del mercado de renta fija, pero deben afrontar pérdidas de capital en caso de producirse el evento catastrófico.

Las pérdidas para los inversores no son del 100%, sino que están parametrizadas en función del suceso. Por ejemplo, si los costes directos objetivamente estimados por los daños causados por unas inundaciones superan un determinado nivel se perdería una parte del capital invertido. Si el evento finalmente no se produce durante el periodo de vigencia del bono, se recuperaría la inversión completa como en cualquier título de Deuda Pública.

Limitaciones y advertencias

A pesar de que no exista un amplio cuerpo de literatura económica sobre la emisión de ‘bonos catástrofe’ en países avanzados, las experiencias parecen muy positivas en los ejemplos reales ya examinados en países en desarrollo.

En Estados Unidos y la UE los impactos climáticos por el momento han sido asumibles con financiación pública y con los sistemas de seguros. No obstante, el escenario de fenómenos climáticos cada vez más frecuentes y con efectos más severos (consideremos, a modo de ejemplo, el impacto fiscal que tendría en España afrontar un evento del tamaño de la DANA 2024 de Valencia cada pocos años) hace recomendable buscar nuevas fórmulas de financiación para los costes de las políticas de prevención y preparación para hacer frente a fenómenos extremos.



La terminología “bonos-catástrofe”, al no ser común en España ni en nuestros mercados financieros, podría no ser adecuada para atraer inversores dispuestos a asumir riesgos climáticos en sus carteras, al llevar asociada la idea de catástrofes y de alto riesgo de pérdidas de capital en un título de Deuda Pública.

En momentos de necesidad de ayuda a zonas que han sufrido eventos catastróficos muy graves (terremoto Lorca, volcán La Palma, DANA Valencia, etc.), la sociedad española se moviliza enormemente para hacer donaciones solidarias. Por ello, se debería apelar a esa solidaridad en las campañas de comunicación sobre este tipo de títulos emitidos por el Tesoro Público, y se propone nombrarlos, por ejemplo, como Bonos “*Protege España*” o alguna otra variante en esa línea.

De este modo, el propio nombre del título de deuda que adquiere una persona ayudaría a que entienda que está haciendo una inversión con riesgo, pero también una contribución a la protección del país. Solo en caso de que sea necesario, parte de esa inversión irá destinada a la cobertura de costes y pérdidas que otros ciudadanos sufren como consecuencia de una catástrofe climática.

La asunción de ese riesgo normalmente deberá ser compensada con una rentabilidad algo superior a la deuda pública segura (Letras del Tesoro, Bonos del Estado convencionales), lo cual es un coste que deberá ser valorado y ajustado en el diseño de este instrumento.

Evidencia científica y referencias

El análisis de los bonos verdes y otros instrumentos financieros para afrontar los costes crecientes del cambio climático es un tema reciente en la literatura económica (Rose, 2021). En este contexto, los bonos CAT han recibido atención principalmente por su utilización por parte de emisores del sector privado (compañías de seguros), estudiando cuestiones relativas al precio de estos activos en los mercados, o al impacto que tiene el marco regulatorio, como por ejemplo Klein y Wang (2009), quienes comparan la situación en Estados Unidos y la UE.

En el ámbito del sector público la literatura económica sobre bonos CAT está aún poco desarrollada, pero hay estudios del Banco Mundial y el Fondo Monetario Mundial (IMF, 2022) que evalúan los efectos que tiene la utilización de este tipo de bonos por parte de gobiernos que afrontan elevados riesgos fiscales por sufrir frecuentemente catástrofes climáticas, terremotos o actividad volcánica.

En general, las conclusiones obtenidas son que los bonos CAT es un instrumento muy útil y con buena acogida por los inversores, si bien requieren estar bien



definidos y parametrizados en su funcionamiento, sobre todo en las condiciones que deben darse para que no se recupere la inversión.

En un trabajo reciente de la OCDE, Molnar-Tanaka y Sakamoto (2025) comparan, en el marco de un modelo teórico, la financiación de los costes de una catástrofe a partir de impuestos o con la emisión de bonos CAT. Como principal conclusión, estos autores obtienen que los bonos CAT resultan preferibles a los impuestos en términos de bienestar social, si bien plantean algunos retos como la necesidad de tener una base amplia de inversores, y la existencia de agencias o instituciones independientes que sean capaces de recopilar y analizar datos para distintos tipos de catástrofes.

Otro aspecto interesante es que los bonos CAT aportan a los mercados financieros una posibilidad de mayor diversificación de carteras, al no estar generalmente correlacionados en la evolución de sus precios con la mayor parte de otros activos financieros.

Barrieu, P., Braun, A., Makariou, D., 2025. Catastrophe Bonds, in: Dionne, G. (Ed.), Handbook of Insurance: Volume I. Springer Nature Switzerland, Cham, pp. 169–195. https://doi.org/10.1007/978-3-031-69561-2_6

Domfeh, D., Chatterjee, A., Dixon, M., 2024. A Bayesian valuation framework for catastrophe bonds. J. R. Stat. Soc. Ser. C Appl. Stat. 73, 1389–1410. <https://doi.org/10.1093/jrsssc/qlae041>

Maran, R., 2025. Do investors reward sovereign catastrophe bond issuance? Evidence from a panel of 26 disaster-prone countries. Rev. World Econ. 161, 705–741. <https://doi.org/10.1007/s10290-024-00557-1>

IMF (2022). Sovereign Climate Debt Instruments: An Overview of the Green and Catastrophe Bond Markets. IMF Staff Climate Note 2022/004, International Monetary Fund, Washington DC.

Klein, R.W. & Wang, S. (2009). Catastrophe Risk Financing in the US and the EU: A Comparative Analysis of Alternative Regulatory Approaches. *Journal of Risk and Insurance*, vol. 76, no. 3. 607-637. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6975.2009.01308.x>

Molnar-Tanaka, K. & Sakamoto, H. (2025). Financing the costs of disasters: Catastrophe bonds or taxation? OECD Development Centre Working Papers, No. 354, OECD Publishing, Paris, doi.org/10.1787/f652ad80-en.

Rose, P. (2021). Debt for Climate: Green Bonds and Other Instruments, en Mehling, M. & van Asselt, H. (eds). *Research Handbook on Climate Finance and Investment Law*. Edward Elgar, Cheltenham (UK), <https://doi.org/10.2139/ssrn.3750862>

Sakai, A., Roch, F., Wiriadinata, U., Fu, C., 2022. Sovereign Climate Debt Instruments: An Overview of the Green and Catastrophe Bond Markets. Staff Clim. Notes 2022. <https://doi.org/10.5089/9798400210006.066.A001>

6.c.2. Promover la reconstrucción resiliente y la estabilidad de los mercados tras desastres climáticos

Descripción de la propuesta



Se propone un esquema de estabilización y reconstrucción que se active automáticamente cuando los daños generados por desastres climáticos superan umbrales objetivos previamente definidos. La activación coordina, de forma secuenciada y transparente, flexibilidades de la Política Agraria Común, líneas de liquidez y avales para capital circulante y reposición, módulos extraordinarios del seguro y ayudas a activos críticos (riego, establos, almacenes, energía). Todas las ayudas quedan condicionadas a incorporar medidas que reduzcan el riesgo futuro (relocalización fuera de áreas de alta peligrosidad, elevación de equipos, drenaje sostenible, barreras de erosión, revegetación estratégica, cortafuegos productivos).

A partir de las lecciones aprendidas de las obras de reconstrucción tras la DANA de finales de octubre de 2024, se recomienda priorizar tres principios operativos: primero, apoyar la recuperación del potencial productivo con los propios medios de los productores, facilitando rápidamente materiales, asesoramiento y financiación; segundo, priorizar infraestructuras rurales esenciales —camino, redes de riego, suministro eléctrico— para restablecer la operatividad del territorio; tercero, buscar sinergias con administraciones y empresas locales, optimizando contratación, logística y plazos. Una ventanilla única integrará peritaje, solicitud y resolución; la priorización se apoya en criterios técnicos (impacto productivo, vulnerabilidad social, continuidad de la cadena de valor) y en cartografía oficial de peligrosidad, garantizando trazabilidad y evaluación ex post.

Para reforzar la estabilidad de los mercados, el esquema prevé mecanismos de amortiguación que eviten disrupciones graves en la oferta y volatilidad de precios: utilización temporal de reservas o acuerdos interprofesionales para escalonar la comercialización de productos afectados; apoyo a la logística y el almacenamiento para mantener la continuidad de los flujos de suministro; activación coordinada con la OCM y los instrumentos de mercado de la PAC para prevenir distorsiones.

Limitaciones y advertencias

La eficacia del esquema depende de una activación ágil y criterios claros de elegibilidad, evitando retrasos o discrecionalidad en la asignación de ayudas. Requiere coordinación efectiva entre niveles administrativos y una ventanilla única plenamente operativa para no duplicar procedimientos. Además, la condicionalidad para reconstruir con criterios de resiliencia puede generar tensiones a corto plazo con productores afectados o territorios con menor capacidad técnica o financiera, por lo que se recomienda garantizar asesoramiento, acompañamiento y flexibilidad transitoria. Sin una financiación estable y mecanismos de evaluación ex post, el riesgo es reconstruir rápido, pero sin reducir vulnerabilidades futuras.



Evidencia científica y referencias

El consenso es alto: reconstruir con criterios de reducción de riesgo evita la 'maladaptación' y reduce pérdidas futuras. Existe también amplio consenso en que la estabilización temprana de los mercados agrarios tras un desastre climático es esencial para evitar efectos en cascada sobre precios, rentas y abastecimiento. El reto está en el funcionamiento de los mecanismos de activación y en la coordinación entre administraciones.

European Commission. (2024). European Climate Risk Assessment (EUCRA): Infrastructure and agri-food systems under increasing extremes, <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/european-climate-risk-assessment>

Hallegatte, S., Rentschler, J., & Rozenberg, J. (2019). Lifelines: The resilient infrastructure. World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1430-3>

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Working Group II contribution (Risk, decision-making; Europe; Food systems), <https://www.ipcc.ch/working-group/wg2/>

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2021). Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021–2030 (PNACC-2). Gobierno de España.

United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2015). Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030, <https://www.undrr.org/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030>

Noy, Ilan and Ferrarini, Benno and Park, Donghyun, Build Back Better: What Is It, and What Should It Be? (Dec 16, 2019). Asian Development Bank Economics Working Paper Series No. 600, <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3590873>

Collier, Benjamin L., Sabrina T. Howell & Lea Rendell (2024): After the Storm: How Emergency Liquidity Helps Small Businesses Following Natural Disasters, Working Paper 32326, National Bureau of Economic Research, DOI: 10.3386/w32326.

Faccia, D., Parker, M., & Stracca, L. (2021). *Feeling the Heat: Extreme Temperatures and Price Stability* (SSRN Scholarly Paper No. 3981219). Social Science Research Network. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3981219>

Guo, K., Li, Y., Zhang, Y., Ji, Q., & Zhao, W. (2023). How are climate risk shocks connected to agricultural markets? *Journal of Commodity Markets*, 32, 100367. <https://doi.org/10.1016/j.jcomm.2023.100367>

Mitchell, S. M., & Pizzi, E. (2021). Natural Disasters, Forced Migration, and Conflict: The Importance of Government Policy Responses. *International Studies Review*, 23(3), 580-604. <https://doi.org/10.1093/isr/viaa058>

Ruiz, J. R., & Stupariu, P. (2021). A green new deal and debt sustainability for the post COVID-19 world. *International Review of Applied Economics*, 35(2), 288-307. <https://doi.org/10.1080/02692171.2021.1879742>

Kameda, K., Miwa, H., & Nagamine, J. (2021). Effects of reconstruction works on private employment after a natural disaster: A case in the stricken area of the Great East Japan Earthquake. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 52, 101968. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2020.101968>



Zhuang, L., Wang, M., Zhang, Z., & Liu, K. (2024). Measurement of multidimensional reconstruction fund planning on the effectiveness of urban post-disaster recovery and reconstruction using indirect economic impact. *Environmental Impact Assessment Review*, 105, 107365. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2023.107365>

d. POLIVALENTE

6.d.1. Incorporar criterios de justicia social y territorial, perspectiva de género y poblaciones vulnerables

Descripción de la propuesta

Se propone un marco de priorización y salvaguardas para que ambos fondos (prevención local y respuesta inmediata) asignen recursos según riesgo climático, vulnerabilidad social y capacidad institucional, integrando presupuestos sensibles al género y criterios de justicia interterritorial.

Acciones clave:

1. Para establecer un marco de priorización se puede tener en consideración la combinación de diversos factores: (i) peligro-exposición (inundación, calor, incendios); (ii) indicadores socio-territoriales (renta, edad, aislamiento térmico, tenencia/ alquiler social, densidad, acceso a servicios, aspectos que puedan recoger la discriminación racial o por origen o segregación de comunidades migrantes); (iii) capacidad técnica/fiscal inversa (más puntos si es baja); y (iv) ruralidad/periurbano (bonificación para corregir sesgos metropolitanos).
2. El enfoque de género y cuidados se integra mediante: etiquetado y seguimiento presupuestario con desagregación por sexo/edad; cuotas de participación ($\geq 40\%$ para mujeres y considerar también la inclusión de colectivos diversos) en comités; y líneas elegibles para refugios climáticos, centros cívicos climatizados y salud materna (alertas por calor, itinerarios de atención a embarazadas).
3. Para incluir salvaguardas, se puede establecer: (a) mínimo 30% del fondo de prevención a municipios/mancomunidades con baja capacidad; (b) etiqueta de género en $\geq 20\%$ del total anual; (c) cláusula de equidad interterritorial para zonas rurales y periurbanas; (d) publicación en plataforma digital de criterios, proyectos y resultados con indicadores de riesgo, equidad y género.

Mecanismos de implementación:

1. Establecer un Consejo de Coordinación Climática y comités mixtos con $\geq 40\%$ mujeres y representación de colectivos vulnerables.
2. Plataforma digital con tablero de equidad (KPI de riesgo, género, ruralidad, capacidad), auditoría anual independiente.



3. Asistencia técnica y plantillas simplificadas para EELL con baja capacidad; formación en presupuestación con enfoque de género.

Ámbito: Nacional-autonómico con ejecución local; aplicable a ambos fondos del Eje 6 (prevención local y respuesta inmediata).

Sectores implicados: Protección Civil, Salud, Servicios Sociales y Cuidados, Vivienda/Urbanismo, Medio Ambiente, Agua, Igualdad, Hacienda.

Limitaciones y advertencias

1. Calidad/escala de datos: los indicadores agregados pueden inducir errores (*ecological fallacy*); combinar datos individuales, de hogar/barrio/comunitarios y agregados, así como validar localmente.
2. Riesgo de “marcar casillas”: asegurar participación sustantiva y auditorías de género; *evitar green/social-washing*.
3. Carga administrativa: simplificar convocatorias para municipios con baja capacidad y ofrecer asistencia técnica.

Evidencia científica y referencias

Existe un amplio consenso científico sobre la incorporación de criterios de equidad social y territorial, perspectiva de género y atención a poblaciones vulnerables en la asignación de fondos climáticos, lo cual se apoya en múltiples estudios y revisiones.

- Equidad social y territorial: La evidencia indica que asignar fondos según riesgo y vulnerabilidad social reduce desigualdades y mejora la eficacia de las políticas de equidad, frente a criterios agregados que pueden perpetuar diversas brechas. Incorporar indicadores socioeconómicos y territoriales (renta, aislamiento, capacidad institucional) y reservar recursos para municipios con baja capacidad técnica evitan que la desigualdad institucional se traduzca en desigualdad climática. Considerar criterios de vulnerabilidad coyunturales.
- Perspectiva de género y cuidados: Las mujeres y personas cuidadoras sufren impactos desproporcionados en emergencias y olas de calor. Integrar presupuestos sensibles al género, cuotas de participación y proyectos que apoyen cuidados (refugios climáticos, centros comunitarios) es clave. Además, estudios confirman que el calor extremo y los desastres durante el embarazo aumentan riesgos para madre y feto, justificando medidas específicas.
- Vulnerabilidad y salud: La falta de criterios sociales en la asignación de ayudas perpetúa inequidades. Herramientas como índices de vulnerabilidad permiten orientar recursos hacia comunidades con menor resiliencia. Incorporar estos criterios en la planificación financiera fortalece



la justicia climática, la cohesión territorial y la protección de la salud en grupos sensibles.

- Estudios científicos y revisiones de la literatura realizadas por el proyecto de investigación europeo IMBRACE analizan el impacto adverso del clima en la salud de los migrantes en los lugares de destino y su vulnerabilidad.

Chiu, B., Weisert, L. and Campian, C. (2023). Advancing Gender Equity and Equality in Climate: Analyzing the Gender and Social Value of Climate Interventions. *Social Value, Climate Change and Environmental Stewardship: Insights from Theory and Practice*, pp.57–74. https://doi.org/10.1007/978-3-031-23145-2_4.

Domingue, S. J., & Emrich, C. T. (2019). Social vulnerability and procedural equity: Exploring the distribution of disaster aid across counties in the United States. *American Review of Public Administration*, 49(8), 897–913. <https://doi.org/10.1177/0275074019856122>

Fatima, F., Ruiz Cayuela, S., & Kotsila, P. (2025). *Drivers of vulnerability to heat-related health impacts for migrants in European cities: A scoping review of the existing literature* (IMBRACE report). Universitat Autònoma de Barcelona, Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals (ICTA). <https://ddd.uab.cat/record/321598?ln=en>

Flanagan, B. E., Gregory, E. W., Hallisey, E. J., Heitgerd, J. L., & Lewis, B. (2011). A social vulnerability index for disaster management. *Journal of Homeland Security and Emergency Management*, 8(1), 1–22. [https://doi.org/10.2202/1547-7355.1792\[MdPGP3\]](https://doi.org/10.2202/1547-7355.1792[MdPGP3])

Joseph, D. and Doon, R. (n.d.). The Impact of Climate Change on Vulnerable Populations SOCIAL RESPONSES TO A CHANGING ENVIRONMENT. [online] Available at: https://mdpi-res.com/bookfiles/edition/7335/The_Impact_of_Climate_Change_on_Vulnerable_Populations.pdf?v=1751332033 [Accessed 15 Oct. 2025].

Kotsila, P., Cuenca, V.-C., Franco, M., Melo, L., & Pickard, S. (2025). Embodying and resisting urban heat injustice: Migrant vulnerabilities and radical adaptations in El Raval, Barcelona. *International Journal of Urban and Regional Research*, 49(6), 1462–1484. <https://doi.org/10.1111/1468-2427.13359>

Lakhoo, D.P., Brink, N., Radebe, L., Craig, M.H., Pham, M.D., Haghghi, M.M., Wise, A., Solarin, I., Luchters, S., Maimela, G., Chersich, M.F., Chikandiwa, A., Nakstad, B., Wright, C.Y., Brimicombe, C., Technau, K.-G., Harden, L., Boeckmann, M., Strehlau, R. and Hetem, R.S. (2024). A systematic review and meta-analysis of heat exposure impacts on maternal, fetal and neonatal health. *Nature Medicine*. doi:<https://doi.org/10.1038/s41591-024-03395-8>.

Li, A., Toll, M. and Bentley, R. (2023). Mapping social vulnerability indicators to understand the health impacts of climate change: a scoping review. *The Lancet Planetary Health*, [online] 7(11), pp.e925–e937. doi:[https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(23\)00216-4](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(23)00216-4).

Pollack, A. B., Santamaria-Aguilar, S., Maduwantha, P., Helgeson, C., Wahl, T., & Keller, K. (2024). Funding rules that promote equity in climate adaptation outcomes. *PNAS*, 121(2), e2418711121. <https://doi.org/10.1073/pnas.2418711121>

Shawoo, Z., Browne, K., Canales, N., & Nazareth, A. (2024). *A framework for distributive equity of adaptation finance*. Stockholm Environment Institute. <https://www.sei.org>

UN Women. (2021). *Basics of mainstreaming gender into climate change and DRR policies*. <https://wrd.unwomen.org>

UNDP. (2021). *Gender Responsive Climate Budgeting Handbook*. [online] Available at: <https://www.undp.org/indonesia/publications/gender-responsive-climate-budgeting-handbook>.



UNDRR. (2024). *Risk governance (Priority 2, Sendai)*. <https://www.undrr.org/implementing-sendai-framework/drr-focus-areas/risk-governance>

Ünsel-Bolat, G., Yıldırım, S., Kılıçaslan, F., & Caparros-Gonzalez, R. A. (2024). Natural disasters as a maternal prenatal stressor and children's neurodevelopment: A systematic review. *Behavioral Sciences*, 14(11), 1054. <https://doi.org/10.3390/bs14111054>

6.d.2. Incluir en ambos fondos líneas específicas para fomentar la transición ecológica y energética

Descripción de la propuesta

Se propone que ambos fondos del Eje 6 incorporen líneas específicas para proyectos de transición ecológica, agroecológica y energética, con prioridad a soluciones que combinen prevención de riesgos, reducción de emisiones y aprovechamiento de recursos locales. Entre ejemplos de actuaciones elegibles, se destaca:

- Valorización de restos de poda y biomasa en plantas de digestión anaerobia, reduciendo la carga de combustible forestal (prevención de incendios) y evitando emisiones por descomposición no controlada.
- Producción de biogás y biometano a partir de residuos biodegradables (agrícolas, ganaderos, urbanos), contribuyendo a la descarbonización, la seguridad energética y la resiliencia ante crisis de suministro.
- Uso del digestato como biofertilizante, sustituyendo fertilizantes sintéticos y mejorando la salud del suelo, en línea con la economía circular y la reducción de impactos ambientales.
- Proyectos de eficiencia energética y energías renovables en sectores productivos y residenciales, movilidad sostenible y reconversión industrial verde, en coherencia con el PNIEC y la transición justa.
- Valorización de subproductos agroindustriales mediante compostaje para generar materia orgánica y mejorar la fertilidad del suelo, reduciendo dependencia de insumos externos.
- Aprovechamiento de subproductos agrícolas para alimentación animal, disminuyendo desperdicios y emisiones, en coherencia con principios de bioeconomía.
- Fomento de manejos agroecológicos y circuitos cortos de comercialización, contribuyendo a la resiliencia socio-ecológica y a la transformación del sistema alimentario.

Estas líneas podrán cofinanciarse con fondos europeos (FEDER, FEADER, LIFE) y organismos internacionales, e incluir mecanismos para generar créditos climáticos verificables, reforzando la sostenibilidad financiera del sistema.

Nivel de impacto esperado: Alto, si los proyectos favorecen la transición ecológica, agroecológica y energética, mediante por ejemplo la reducción de emisiones de GEI (metano y CO₂), la disminución del riesgo de incendios



forestales, el incremento de la autosuficiencia energética y resiliencia territorial o favorecen la creación de empleo rural y fortalecimiento de la bioeconomía.

De hecho, a través de estas líneas de financiación varias de las medidas descritas en este documento que buscan materializar esta transición ecológica, agroecológica y energética podrían verse apoyadas. No obstante, para la evaluación de las propuestas y la priorización en la asignación de recursos con la que operaría el fondo y sus líneas específicas, sería útil la búsqueda de sinergias, entendiendo que el abordaje de un elemento puede repercutir positiva o negativamente en los demás (IPBES, 2024).

Limitaciones y advertencias

1. La financiación de estos proyectos podría generar coste de oportunidad con otros de carácter más urgente o crítico.
2. Los ejemplos de proyectos ofrecidos plantean limitaciones de la necesidad de una inversión inicial elevada y marcos regulatorios claros para inyección de biometano en red, el desplegar una logística eficiente para la recogida y transporte de biomasa, o el riesgo de impactos ambientales si no se gestiona adecuadamente el digestato. Por su parte, los ejemplos para el fomento de la transición agroecológica requieren cambios estructurales y coordinación intersectorial.

Evidencias científicas y referencias

Hay consenso científico y técnico en que el uso de esta clase de fondos no debe limitarse a reducir los riesgos, sino que también puede alinearse con objetivos de descarbonización, impulsando energías renovables, eficiencia energética y bioeconomía. Esto maximiza el “triple dividendo” de reducción de pérdidas, beneficios económicos y cobeneficios ambientales. Hay fondos internacionales como el Climate Investment Funds y el Adaptation Fund que han demostrado que proyectos de resiliencia pueden integrar infraestructura verde, energías renovables y soluciones circulares, generando retornos sociales y económicos superiores al coste inicial. Algunas revisiones sistemáticas confirman que las inversiones en adaptación que incluyen energía limpia, eficiencia y gestión sostenible de recursos ofrecen cobeneficios significativos.

Brychkova, G., McGrath, A., Larkin, T., Goff, J., McKeown, P. C., & Spillane, C. (2024). Use of anaerobic digestate to substitute inorganic fertilisers for more sustainable nitrogen cycling. *Journal of Cleaner Production*, 446, 141016. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141016>

Calero, M., Godoy, V., García Heras, C., Lozano, E., Arjandas, S., & Martín-Lara, M. A. (2023). Current state of biogas and biomethane production and its implications for Spain. *Sustainable Energy & Fuels*, 7, 3584–3602. <https://doi.org/10.1039/D3SE00419H>

Helgenberger, S., Jänicke, M. and Konrad Gürtler (2019). Co-benefits of Climate Change Mitigation. *Encyclopedia of the UN sustainable development goals*, pp.1–13. doi:[https://doi.org/10.1007/978-3-319-71063-1_93-1\[MdPGP5\]](https://doi.org/10.1007/978-3-319-71063-1_93-1[MdPGP5]) .



IPBES. (2024). *Summary for Policymakers of the Thematic Assessment Report on the Interlinkages among Biodiversity, Water, Food and Health of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services* (P. D. McElwee, P. A. Harrison, T. L. van Huysen, V. Alonso Roldán, E. Barrios, P. Dasgupta, F. DeClerck, Z. V. Harmáčková, D. T. S. Hayman, M. Herrero, R. Kumar, D. Ley, D. Mangalagiu, R. A. McFarlane, C. Paukert, W. A. Pengue, P. R. Prist, T. H. Ricketts, M. D. A. Rounsevell, O. Saito, O. Selomane, R. Seppelt, P. K. Singh, N. Sitas, P. Smith, J. Vause, E. L. Molua, C. Zambrana-Torrel, & D. Obura, Eds.). IPBES secretariat. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13850289>

Karlsson, M., Alfredsson, E., & Westling, N. (2020). Climate policy co-benefits: A review. *Climate Policy*, 20(7), 743–759. <https://doi.org/10.1080/14693062.2020.1724070>

López-Aguilera, A., Morales-Polo, C., Victoria-Rodríguez, J., & Cledera-Castro, M. del M. (2025). Assessment of biomethane production potential in Spain: A regional analysis of agricultural residues, municipal waste, and wastewater sludge for 2030 and 2050. *Sustainability*, 17(10), 4742. <https://doi.org/10.3390/su17104742>

Martín-Sanz-Garrido, C., Revuelta-Aramburu, M., Santos-Montes, A. M., & Morales-Polo, C. (2025). A review on anaerobic digestate as a biofertilizer: Characteristics, production, and environmental impacts from a life cycle assessment perspective. *Applied Sciences*, 15(15), 8635. <https://doi.org/10.3390/app15158635>

Martín-Sanz-Garrido, C., Revuelta-Aramburu, M., Santos-Montes, A. M., & Morales-Polo, C. (2025). Digestate from Spanish wholesale food markets: Valorization as biofertilizer and analysis of environmental impacts compared to synthetic fertilizers. *Environmental Sciences Europe*, 37, 134. [https://doi.org/10.1186/s12302-025-01183-w\[MdPGP6\]](https://doi.org/10.1186/s12302-025-01183-w[MdPGP6])

OECD. (2025). *Investing in Climate for Growth and Development*. [online] Available at: https://www.oecd.org/en/publications/investing-in-climate-for-growth-and-development_16b7cbc7-en.html.

OECD (2025). *OECD Review on Aligning Finance with Climate Goals*. [online] OECD. Available at: https://www.oecd.org/en/publications/oecd-review-on-aligning-finance-with-climate-goals_b9b7ce49-en.html.

Pollack, A. B., Santamaria-Aguilar, S., Maduwantha, P., Helgeson, C., Wahl, T., & Keller, K. (2024). Funding rules that promote equity in climate adaptation outcomes. *PNAS*, 121(2), e2418711121. <https://doi.org/10.1073/pnas.2418711121>.

Saralegui-Díez, P., Aguilera, E., Cerrillo-García, I., González De Molina, M., Guzmán, G. I., López, L., Moranta, J., Morilla, R., Olea, N., Ramos, M., Ramirez, E., Rasero, S., Rivera-Ferre, M., Salazar, S., Salmerón, N., Villasante, S., & Vitoria, J. (2025). *Hacia la transformación del sistema alimentario en España: situación actual, impactos y escenarios de futuro*. Alimenta.

Shawoo, Z., Browne, K., Canales, N. and Nazareth, A. (2025). Assessing the distributive equity of adaptation finance: a framework. *Climate Policy*, pp.1–16. doi:[https://doi.org/10.1080/14693062.2025.2456552\[MdPGP7\]](https://doi.org/10.1080/14693062.2025.2456552[MdPGP7]).

UNFCCC (2019). Opportunities and options for adaptation finance, including in relation to the private sector. (n.d.). Available at: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/tp2019_03E.pdf.

UNDRR.org. (2024). *Guide for adaptation and resilience finance*. [online] Available at: <https://www.undrr.org/publication/documents-and-publications/guide-adaptation-and-resilience-finance>.

World Bank. (2021). *The triple dividend of resilience[MdPGP8] : Realizing development goals through risk-informed investment*. World Bank Group.

Curle, R. (2025). *The triple dividend of resilience: realizing development goals through the multiple benefits of disaster risk management*. [online] World Bank. Available at: <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/993161515193991394>.



6.d.3. Incorporar el enfoque One Health y reforzar aspectos de salud en ambos fondos

Descripción de la propuesta

Según el IDAEA-CSIC, en España se registraron 10.958 muertes atribuibles al calor en el verano de 2023. El sistema MoMo del ISCIII atribuye 1.180 fallecimientos a olas de calor entre mayo y julio de 2025, el 95% en mayores de 65 años.

El aumento de olas de calor y eventos climáticos extremos aumenta la conveniencia de adoptar un enfoque integral que aborde los impactos en la salud humana, animal y ecosistémica. Se propone que ambos fondos del Eje 6 incluyan líneas específicas para proyectos One Health, con dos ejes de actuación.

Acciones clave:

1. Prevención y vigilancia integrada:
 - Líneas de proyectos One Health que combinen datos de salud humana, indicadores ambientales y veterinarios (p. ej., casos de golpe de calor en animales) para sistemas de alerta temprana más sensibles. Estas líneas y proyectos podrían estar alineados con la Estrategia Española de Salud Global, así como los planes de las CCAA.
 - Refuerzo de las partidas para vigilancia y control de zoonosis (con sinergias con la Agencia Española de Seguridad Alimentaria), diagnóstico molecular (PCR, serología, secuenciación) cuando estuviese justificado por las alertas y control vectorial integrado alineándose el apoyo con el Plan de Prevención, Vigilancia y Control de las Enfermedades Transmitidas por Vectores del Ministerio de Sanidad. Entre las acciones propuestas, se puede contemplar la promoción de la divulgación científica y la ciencia ciudadana para que la población tome conciencia de la importancia que tiene la propia población en el control vectorial y en cómo protegerse de las picaduras.
 - Refuerzo de la conservación de recursos genéticos agrícolas y forestales (bancos de germoplasma, diversidad genética) para garantizar seguridad alimentaria y resiliencia frente a sequías y plagas, apoyando la Estrategia Española para la Conservación y el Uso Sostenible de los Recursos Genéticos Forestales y el Plan Nacional de Conservación de Recursos Genéticos Forestales.
 - Recursos para autorizaciones de emergencia fitosanitaria y desarrollo de fitosanitarios de bajo riesgo.
2. Respuesta inmediata en salud climática:
 - Movilización de medios sanitarios durante episodios críticos (olas de calor, inundaciones), reforzando plantillas, habilitando espacios



climatizados y asegurando la continuidad asistencial y/o una adecuada asistencia de personas vulnerables.

Ámbito: Nacional y autonómico, con ejecución local en coordinación con sistemas sanitarios, redes veterinarias y autoridades ambientales.

Sectores implicados: Salud pública, protección civil, medio ambiente, agricultura y ganadería, investigación biomédica, gestión forestal y biodiversidad.

Nivel de impacto esperado: alto. Reducción de mortalidad y morbilidad asociadas a calor extremo, mejora de la capacidad de anticipación ante riesgos sanitarios y zoonóticos, protección del patrimonio genético agrícola y forestal, reforzando la seguridad alimentaria y la resiliencia ecosistémica.

Limitaciones y advertencias

1. Requiere coordinación intersectorial (salud, medio ambiente, agricultura y ganadería, investigación biomédica, gestión forestal y biodiversidad, protección civil, etc.).
2. Necesidad de datos integrados y sistemas interoperables.
3. Costes iniciales altos para infraestructuras y vigilancia avanzada.

Evidencia científica y referencias

Existe consenso científico para incorporar el enfoque One Health en fondos climáticos. La evidencia muestra que los impactos del cambio climático sobre la salud humana son graves y hay estudios que confirman la urgencia de estrategias adaptativas para reducir mortalidad. Según estudios de zoonosis y seguridad alimentaria, integrar vigilancia sanitaria, ambiental y veterinaria mejora la anticipación y respuesta ante riesgos climáticos, reforzando la resiliencia ecosistémica y la salud pública.

Dempewolf, H., Baute, G., Anderson, J., et al. (2017). Past and future use of wild relatives in crop breeding. *Crop Science*, 57(3), 1070–1082. <https://doi.org/10.2135/cropsci2016.10.0885>

Farooq, Z., Sjödin, H., Semenza, J. C., et al. (2023). European projections of West Nile virus transmission under climate change scenarios. *One Health*, 16, 100509. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2023.100509>

IDAEA (2024). La importancia de los datos en la prevención de muertes durante las olas de calor. [online] IDAEA. Available at: [https://www.idaea.csic.es/es/importancia-de-los-datos-prevencion-muertes-olas-de-calor\[MdPGP15\]/](https://www.idaea.csic.es/es/importancia-de-los-datos-prevencion-muertes-olas-de-calor[MdPGP15]/).

Gallo, E., Quijal-Zamorano, M., Fernando, Tonne, C., Basagaña, X., Achebak, H. and Ballester, J. (2024). Heat-related mortality in Europe during 2023 and the role of adaptation in protecting health. *Nature Medicine*, [online] 30, pp.1–5. doi:<https://doi.org/10.1038/s41591-024-03186-1>.

Janoš, T., Quijal-Zamorano, M., Shartova, N., Gallo, E., Méndez Turrubiates, R.F., Denisse Beltrán Barrón, N., Peyrusse, F. and Ballester, J. (2025). Heat-related mortality in Europe during 2024 and health emergency



forecasting to reduce preventable deaths. *Nature Medicine*. doi:<https://doi.org/10.1038/s41591-025-03954-7>.

MITECO (2025). 1.180 muertes atribuibles a altas temperaturas desde la activación del plan del calor. [online] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Available at: <https://www.miteco.gob.es/es/prensa/ultimas-noticias/2025/julio/1-180-muertes-atribuibles-a-altas-temperaturas-desde-la-activaci.html>[MdPGP16].

Ministerio de Sanidad. (2023). *Plan Nacional de prevención, vigilancia y control de las enfermedades transmitidas por vectores: Parte I (enfermedades transmitidas por Aedes); Parte II (enfermedades transmitidas por Culex); Parte III (enfermedades transmitidas por garrapatas)*. Ministerio de Sanidad. Recuperado de https://www.msbs.gob.es/areas/sanidadAmbiental/riesgosAmbientales/vectores/docs/Plan_Vectores_2023.pdf.

Soliño, M., Alía, R., & Agúndez, D. (2020). Citizen's preferences for research programs on forest genetic resources. *Forest Policy and Economics*, 118, 102255. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2020.102255>

6.d.4. Modular una financiación híbrida y multifondo para ambos fondos

Descripción de la propuesta

A tenor de las diferentes recomendaciones planteadas por la comunidad científica se plantea que ambos fondos partan de una financiación híbrida y multifondo que permita la estabilidad y diversidad de fuentes de financiación.

1. Cofinanciación Estado-CCAA con asignación directa y plurianual a municipios y mancomunidades (evita fragmentación de convocatorias puntuales y blinda la continuidad de proyectos locales).
2. Fuentes públicas nacionales: Presupuestos Generales del Estado y presupuestos autonómicos; ingresos por subastas ETS con afectación climática; impuestos/tasas ambientales y multas/sanciones vinculadas a riesgos o externalidades ambientales (principio “quien contamina paga”).
3. Instrumentos de mercado: bonos verdes/sostenibles (soberanos, autonómicos o municipales) y contribuciones privadas (filantropía/impacto), bajo estándares y taxonomías robustas para minimizar *greenwashing*. Cabe señalar que, más allá de la compensación de impactos y la filantropía, existe un interés creciente por parte de empresas y entidades financieras en financiar/invertir con el objeto de reducir los riesgos derivados de las dependencias que su actividad económica (o la de su cartera) tiene de los servicios ecosistémicos que ofrece la naturaleza, alineando su estrategia con la META 15 del marco Global de Diversidad Biológica.
4. Fondo finalista con gestión financiera prudente (inspirado en fondos finalistas españoles sectoriales) que pueda generar rendimientos con carteras de renta fija de alta calidad y renta variable ESG, sujeto a límites estrictos de liquidez, solvencia y riesgo y a un mandato estatutario climático.



5. Enfoque multifondo (p. ej., ITI-like) para agregar y coordinar recursos FEDER/FSE+/FEADER/PAC y nacionales en estrategias territoriales integradas (inundaciones, incendios, erosión costera, olas de calor), con gobernanza interadministrativa y MRV comunes.
6. Planificación a largo plazo que movilice inversión privada (*blended finance* cuando proceda), manteniendo la adicionalidad pública y salvaguardas de justicia climática.

Acciones clave:

1. Blindaje presupuestario mediante reglas de afectación (earmarking) y marcos plurianuales.
2. Reglamento del fondo finalista (mandato, tolerancia al riesgo, exclusiones, reporte).
3. ITI climáticas con cartera de actuaciones, cronograma y KPI únicos.

Mecanismos de implementación:

1. Ley/Real Decreto que crea el Fondo finalista y la arquitectura normativa para la financiación híbrida y multifondo, pudiendo fijar reglas de earmarking (ETS, tasas, sanciones), blindaje y asignaciones directas.
2. Normas ITI climáticas: estrategia territorial, cartera integrada, KPI y MRV únicos.
3. Marco de emisiones (bonos verdes) con verificación externa y reporte de uso de fondos/impactos.

Limitaciones y advertencias

1. Volatilidad de ingresos ETS y riesgo de ciclicidad de rendimientos financieros: exigir colchones y reglas de estabilización.
2. *Greenwashing* en emisiones de bonos si no hay estándares/verificación externa; necesidad de taxonomías y *reporting* robustos.
3. Complejidad administrativa de ITI y multifondos: requiere capacidad técnica y gobernanza clara.
4. Riesgos y *trade-offs* del *blended finance* en adaptación si no se diseñan salvaguardas (concesionalidad focalizada, equidad).
5. Aceptabilidad social: el earmarking de fiscalidad verde mejora el apoyo ciudadano si se percibe destino climático y justicia distributiva.

Evidencia científica y referencias

- Ingresos ETS y estabilidad: Los ingresos por subastas del EU ETS son una fuente relevante para acción climática, pero volátiles; se recomienda no depender solo de ellos y crear mecanismos de estabilización (fondos de reserva, reglas plurianuales).



- Earmarking e impuestos ambientales: Afectar impuestos verdes a proyectos climáticos aumenta la aceptación social y la confianza, aunque puede reducir flexibilidad presupuestaria; requiere diseño claro y revisiones periódicas.
- Bonos verdes y financiación de mercado: Bonos verdes movilizan capital privado y pueden reducir costes financieros (*greenium*), pero necesitan estándares robustos y verificación externa para evitar *greenwashing*.
- Fondos finalistas y modelos sectoriales: Fondos finalistas con aportaciones obligatorias y gestión prudente aseguran sostenibilidad financiera; aplican principios como “quien contamina paga” y permiten generar rendimientos bajo marcos regulatorios estrictos.
- Instrumentos multifondo e ITI: Las ITI coordinan fondos europeos y nacionales, evitando fragmentación y maximizando sinergias, pero implican gobernanza clara y capacidad técnica.
- *Blended finance* y movilización privada: El *blended finance* puede atraer inversión privada en adaptación, pero con riesgos de dependencia y equidad; requiere salvaguardas, adicionalidad y transparencia.
- Transferencias directas a municipios: Transferencias predecibles a gobiernos locales son clave para adaptación y planificación a largo plazo, pero necesitan fortalecer capacidades locales y sistemas de rendición de cuentas.

van der Zwet, A., Bachtler, J., Ferry, M., McMaster, I., & Miller, S. (2017). *Integrated territorial and urban strategies: How are ESIF adding value in 2014–2020?* European Commission.

European Environment Agency. (2024). *Use of auctioning revenues generated under the EU ETS*. European Environment Agency. Recuperado de <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/use-of-auctioning-revenues-generated>

Ferry, M. (2019). *Integrated Territorial Investments as an effective tool of the Cohesion Policy*. European Parliament.

EURAD H2020. (2021). *Guidance on cost assessment and financing schemes of radioactive waste management programmes D12.4 of the HORIZON 2020 project EURAD*. EC Grant agreement no: 847593. Recuperado de <https://www.ejp-eurad.eu/publications/eurad-d124-guidance-cost-assessment-and-financing-schemes-rwm-programmes>

Haase, I., et al. (2022). *The use of auctioning revenues from the EU ETS for climate action – An analysis based on eight case studies*. Ecologic Institute, Berlín. Lipper, L., et al. (2021). Financing adaptation for resilient livelihoods under food system transformation: the role of Multilateral Development Banks. *Food Security*, 13(6), 1525–1540 <https://doi.org/10.1007/s12571-021-01210-7>

Marsiliani, L., & Renström, T. I. (2000). Time inconsistency in environmental policy: Tax earmarking as a commitment solution. *The Economic Journal*, 110(462), 123–C138. <https://doi.org/10.1111/1468-0297.00525>

Mus, M., Mercier, C., & Chevallier, J. (2023). Designing an acceptable and fair carbon tax: The role of mental accounting. *PLoS Climate*, 2(10), e0000227. <https://doi.org/10.1371/journal.pclm.0000227>

Soares, C. D. (2012). Earmarking revenues from environmental taxes. En J. E. Milne & M. S. Andersen (Eds.), *Handbook of Research on Environmental Taxation* (pp. 123–138). Edward Elgar Publishing.



World Bank, & UNCDF. (2024). *Local governments climate finance instruments: Global experiences and prospects in developing countries*. World Bank Group. Recuperado de <http://documents.worldbank.org/curated/en/099041224090039327>

6.d.5. Establecer una gobernanza coordinada, transparente y corresponsable para los fondos climáticos sujeta a una evaluación

Descripción de la propuesta

Se propone crear una arquitectura de gobernanza integrada que garantice la coherencia entre los fondos y los distintos niveles de gobierno (Estado, CCAA, entidades locales), evitando duplicidades y asegurando trazabilidad.

Acciones clave:

1. Establecer un Consejo de Coordinación Climática: órgano permanente con representación del Estado, CCAA, entidades locales y sociedad civil, encargado de la planificación, supervisión y evaluación de los fondos.
2. Crear comités mixtos de seguimiento en cada CCAA, con participación de administraciones locales, universidades y organizaciones sociales, para reforzar la corresponsabilidad territorial.
3. Contar con una plataforma digital única para la gestión y transparencia: publicación de convocatorias, proyectos financiados, montos, plazos y resultados, con indicadores de impacto y resiliencia.
4. Diseñar indicadores comunes de impacto y asegurar la trazabilidad: métricas homogéneas para evaluar reducción de riesgo, protección de vulnerables, accesibilidad, justicia y eficacia de la inversión.
5. Fomentar la participación local en la priorización: los municipios y mancomunidades participarán en la identificación de necesidades y en la evaluación del desempeño.

Mecanismos de implementación:

1. Constitución por Real decreto del Consejo de Coordinación Climática, comités mixtos.
2. Desarrollo técnico de una plataforma digital y sistema de indicadores.
3. Asegurar la auditoría anual y publicación de resultados.

Ámbito: Nacional, autonómico y local (gobernanza multinivel).

Sectores implicados: Protección civil, medio ambiente, hacienda, administraciones territoriales, sociedad civil.

Actores: AGE (Interior, MITECO), CCAA, FEMP, municipios, universidades, ONG.



Nivel de impactos esperado: muy alto. Mayor eficacia y coherencia en la asignación de recursos, reducción del riesgo de captura institucional o corporativa, incremento de la confianza pública mediante transparencia y participación, mejora de la resiliencia territorial y social gracias a la corresponsabilidad.

Limitaciones y advertencias

1. Requiere capacidad técnica y recursos para sostener la gobernanza y la plataforma digital.
2. Riesgo de burocratización si no se simplifican procedimientos.
3. Necesidad de alinear competencias entre niveles de gobierno para evitar conflictos.
4. El vínculo ampliamente aceptado entre transparencia y rendición de cuentas podría no materializarse en las políticas climáticas

Evidencia científica y referencias

La literatura científica y técnica sobre gobernanza climática y gestión de riesgos destaca que la coordinación multinivel y la transparencia son factores críticos para la eficacia de fondos y políticas. Existen experiencias internacionales (p. ej., mecanismos de gobernanza en fondos europeos y en ITI) que muestran que la participación social y la trazabilidad digital reducen riesgos de corrupción y aumentan legitimidad (European Commission, 2017; European Parliament, 2019). Organismos internacionales como la OCDE y UNDRR contemplan los principios de rendición de cuentas (*accountability*) y corresponsabilidad para la gestión de riesgos climáticos.

Frey, K., & Calderón Ramírez, D. R. (2018). Multi-level network governance of disaster risks: The case of the Metropolitan Region of the Aburra Valley (Medellin, Colombia). *Journal of Environmental Planning and Management*. <https://doi.org/10.1080/09640568.2018.1470968>

Herrero-Alcalde, A., & Lago-Peñas, S. (2024). Decentralization and the management of extreme events: Does multilevel governance matter? *International Center for Public Policy Working Paper 24-07*.

Vu, B. T., Obaitor, O. S., Grobusch, L. C., et al. (2025). Enablers and barriers to implementing effective disaster risk management according to good governance principles: Lessons from Central Vietnam. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 120, 105344. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2025.105344>

Skovgaard, J., Adams, K. M., Dupuy, K., et al. (2023). Multilateral climate finance coordination: Politics and depoliticization in practice. *Global Environmental Politics*, 23(2), 125–147. https://doi.org/10.1162/glep_a_00703

UNDRR (2023). *The Report of the Midterm Review of the Implementation of the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030*. UNDRR: Geneva, Switzerland

OECD. (2023). *Recommendation on building financial resilience to disaster risks*. OECD Publishing.

UN DESA. (2024). *Policy Brief No. 162: Multilevel governance for climate change mitigation and adaptation*.



Browne, K. E. (2022). Rethinking governance in international climate finance: Structural change and alternative approaches. *WIREs Climate Change*, 13(5), e795. <https://doi.org/10.1002/wcc.795>

Gupta, A., & van Deursen, M. (2025). Making transparent the accountability deficit in the global climate regime. *Npj Climate Action*, 4(1), 60. <https://doi.org/10.1038/s44168-025-00264-z>

6.d.6. Elaborar presupuestos nacionales y autonómicos para la reducción del riesgo de desastres y eventos extremos con perspectiva de género

Descripción de la propuesta

Definir partidas presupuestarias específicas y líneas de emergencia para el ámbito de la igualdad con procedimientos simplificados para la transferencia inmediata a las comunidades afectadas, priorizando la continuidad de servicios psicosociales, sanitarios y legales para mujeres vulnerables y víctimas de violencia machista (Epstein et al., 2020).

Reservar recursos de igualdad para la habilitación y el funcionamiento inmediato de refugios seguros, unidades móviles de atención y servicios de acompañamiento jurídico y psicológico, garantizando accesibilidad y privacidad (Epstein et al., 2020; Thurston et al., 2021).

Realizar informes de impacto de género en todos los fondos destinados a todas las fases de la prevención, gestión y respuesta frente a las emergencias climáticas.

Limitaciones y advertencias

La efectividad de esta medida depende de la integración real del enfoque de género en todas las fases presupuestarias y de la coordinación entre niveles de gobierno para evitar duplicidades o dispersión de recursos. Requiere mecanismos claros de rendición de cuentas y evaluación del impacto de género, así como una formación adecuada del personal técnico encargado de la planificación y ejecución de los fondos. Sin estas condiciones, existe el riesgo de que el enfoque se limite a una formalidad administrativa sin efectos transformadores reales.

Evidencia científica y referencias

La evidencia científica demuestra que la financiación sostenida y la integración del enfoque de género en la respuesta y prevención mejoran la eficacia institucional, protegen derechos y aceleran la recuperación post-desastre.

La literatura científica subraya que la financiación sostenida y la capacidad de movilización rápida de fondos destinados a emergencias relacionadas con el



incremento de las violencias contra las mujeres y el incremento de la sobrecarga de los cuidados en contextos de emergencia, que impacta en la población más vulnerable, reducen daños indirectos y protegen derechos en contextos de desastre (Epstein et al., 2020; Houghton, 2009; Drolet et al., 2015).

Las investigaciones muestran que la inversión adelantada en adaptación y en fortalecimiento de capacidades locales reduce la recurrencia y severidad de impactos, y que integrar un enfoque de género reduce desigualdades que aumentan la vulnerabilidad (Turquet et al., 2023; UNFCCC, 2015; Epstein et al., 2020; Houghton, 2009).

Drolet, J., Dominelli, L., Alston, M., Ersing, R., Mathbor, G., & Wu, H. (2015). *Women rebuilding lives post-disaster: Innovative community practices for building resilience and promoting sustainable development*. *Gender & Development*, 23(3), 433–448.

Epstein, D., Bendavid, E., & Charania, S. (2020). *Gender and disaster response: Ensuring protection and equality in crisis contexts*. *Disasters*, 44(4), 819–841.

Erman, A., De Vries Robbe, S. A., Thies, S. F., Kabir, K., & Maruo, M. (2021). *Gender Dimensions of Disaster Risk and Resilience*. World Bank, Washington, DC. <https://doi.org/10.1596/35202>

Houghton, R. (2009). *Everything became a struggle, absolute struggle: Post-flood increases in domestic violence in New Zealand*. *Gender & Development*, 17(1), 145–156.

Koussayer, Anis (2023); *Women at the Center: Towards a More Inclusive Natural Disaster Management Framework*, <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4618508>.

Thurston, A. M., Stöckl, H., & Kapilashrami, A. (2021). *Strengthening health systems to respond to gender-based violence in emergencies*. *BMJ Global Health*, 6(4), e004439.

Turquet, L., Tabbush, C., Staab, S., Williams, L. & Howell, B. (2023). *“Feminist Climate Justice: A Framework for Action”*. *Conceptual framework prepared for Progress of the World’s Women series*. New York: UN-Women.

UNFCCC (2015). *Paris Agreement: Gender and climate change*. United Nations Framework Convention on Climate Change.

6.d.7. Crear un fondo de Contingencia para la Acción Anticipatoria y Respuesta Inmediata ante Emergencias

Descripción de la propuesta

Una estrategia complementaria a los mecanismos tradicionales de respuesta posdesastre es la financiación basada en pronósticos (Forecast-based Financing, FbF), que conecta los sistemas de alerta temprana con acciones anticipatorias planificadas y financiadas. Este enfoque permite activar recursos públicos de forma automática cuando se superan umbrales técnicos previamente definidos, posibilitando la ejecución de medidas preventivas antes de que el evento extremo tenga lugar.



Para aplicar este modelo en el marco jurídico español se propone la creación de un Fondo de Contingencia para la Acción Anticipatoria y Respuesta Inmediata, de carácter estatal, con el objetivo de movilizar recursos de manera oportuna y suficiente ante emergencias climáticas o sociales. Este fondo permitiría actuar de forma preventiva o inmediata frente a fenómenos como sequías, inundaciones, incendios o crisis de vivienda, evitando demoras administrativas y reduciendo el impacto económico y social de los desastres.

La evidencia muestra que la reducción de deuda tras las crisis suele ser muy lenta. Por ello, se propone la creación de fondos de contingencia durante las fases de crecimiento. La experiencia internacional demuestra que, cuando estos fondos están bien diseñados y dotados, pueden mitigar los efectos de las crisis y reforzar la disciplina fiscal.

Desde el punto de vista jurídico-presupuestario, el fondo debería tener base legal mediante su inclusión en la Ley de Presupuestos Generales del Estado o en una norma específica, conforme a la Ley General Presupuestaria. Su finalidad sería financiar actuaciones anticipatorias y de emergencia según protocolos previamente aprobados, activados en función de indicadores objetivos validados por organismos técnicos competentes. La gestión podría ser interadministrativa, coordinada entre la Administración General del Estado y las comunidades autónomas, garantizando coherencia con el Sistema Nacional de Protección Civil y con el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático.

El funcionamiento del fondo se basaría en mecanismos automáticos y auditables de activación, vinculados a pronósticos climáticos y umbrales definidos, con control ex ante y ex post por los órganos fiscalizadores. Debe garantizarse la compatibilidad con las normas de estabilidad presupuestaria, manteniendo flexibilidad para responder con rapidez a situaciones de riesgo. Asimismo, las actuaciones financiadas deberían ser evaluables, con mecanismos de transparencia y rendición de cuentas.

Desde la perspectiva del sistema de protección social, las ayudas derivadas de la activación del fondo —como transferencias a familias, empresas o municipios— tendrían la consideración de gastos no contributivos, financiados mediante transferencias del Estado y no con cotizaciones sociales. De este modo, se respetaría el principio de separación de fuentes del sistema de Seguridad Social, preservando la sostenibilidad de las prestaciones contributivas.

La eficacia del fondo dependerá de su capacidad para anticipar el riesgo y actuar con rapidez. Es conveniente que los protocolos de activación estén definidos reglamentariamente, identificando umbrales, procedimientos, responsables y plazos. Las acciones podrán incluir transferencias económicas, apoyo logístico, refuerzo de infraestructuras o medidas de protección de grupos vulnerables.



En suma, la creación de este fondo dotaría al Estado de un instrumento jurídico y financiero estable, preventivo y eficiente, que permita actuar con agilidad ante emergencias o previsiones de riesgo, fortaleciendo la resiliencia institucional y social frente a los efectos del cambio climático y otras crisis de carácter extraordinario.

Limitaciones y advertencias

Las principales limitaciones radican en la fiabilidad predictiva y el diseño de umbrales: falsos positivos/*missed events* pueden activar recursos innecesarios o fallar en la anticipación, comprometiendo legitimidad y coste-efectividad. Requiere base legal clara, gobernanza interadministrativa y compatibilidad con reglas de estabilidad, contratación y ayudas de Estado, equilibrando rapidez y rendición de cuentas. Son críticos los techos presupuestarios, criterios de prioridad y auditorías ex ante/ex post para evitar riesgo moral y capturas; además, deben preverse salvaguardas de equidad territorial y protocolos de datos/indicadores auditables para asegurar transparencia y trazabilidad.

Evidencia científica y referencias

Referencias sobre acción anticipatoria (*forecast-based financing*):

Anand, V. (2023). Prediction Technologies and Decision-Making: A Model for Forecast-based Financing for Risk Mitigation. Available at SSRN 5211250: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=5211250

Nobre, G. G., Pasqui, M., Quaresima, S., Pieretto, S., & Bonifácio, R. M. L. P. (2023). Forecasting, thresholds, and triggers: Towards developing a Forecast-based Financing system for droughts in Mozambique. *Climate Services*, 30, 100344, <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2023.100344>.

Coughlan de Perez, E., van den Hurk, B., van Aalst, M. K., Jongman, B., Klose, T., and Suarez, P.: Forecast-based financing: an approach for catalyzing humanitarian action based on extreme weather and climate forecasts, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 15, 895–904, <https://doi.org/10.5194/nhess-15-895-2015>, 2015.

Referencias sobre fondos de contingencia públicos y financiamiento de riesgos:

Brunet, J., Cuadro-Sáez, L., & Pérez, J. J. (2021). Contingency public funds for emergencies: the lessons from the international experience. *Banco de España, Documentos ocasionales n°2032*, <https://www.bde.es/f/webbde/SES/Secciones/Publicaciones/PublicacionesSerias/DocumentosOcasional/es/20/Files/do2032e.pdf>.

Radu, D. (2022). *Disaster risk financing: Limiting the fiscal cost of climate-related disasters*. European Economy Discussion Paper 174, Publications Office of the European Union, https://economy-finance.ec.europa.eu/system/files/2022-11/dp174_en.pdf.

Experiencias internacionales con instrumentos similares aplicados en otros países:

Mecanismo Europeo de Protección Civil y el Fondo de Solidaridad de la Unión Europea (FSUE), que financian respuestas ante desastres naturales.



Programas piloto de FbF implementados por la Cruz Roja Alemana (<https://redcross.eu/projects/forecast-based-financing>) y la FAO en América Latina y África, donde los fondos se activan automáticamente antes de sequías o inundaciones, con resultados positivos en la reducción de pérdidas humanas y económicas.

Iniciativas nacionales de anticipación como el “Start Network” en el Reino Unido o el “Action-based Forecasting Fund” en Alemania, que articulan la respuesta inmediata con la previsión meteorológica y los fondos públicos (<https://startnetwork.org/>).

6.d.8. Crear un seguro agrario climático reforzado y reaseguro europeo

Descripción de la propuesta

El cambio climático está elevando la frecuencia e intensidad de sequías, olas de calor, granizo y lluvias torrenciales, generando pérdidas agrarias crecientes y brechas de protección, tanto en la cobertura de seguros como en la capacidad de adaptación de explotaciones pequeñas y medianas. Esta propuesta actúa en dos frentes:

Seguro agrario más útil y preventivo. Reforzar el sistema español de seguros agrarios (Entidad Estatal de Seguros Agrarios y el pool asegurador) modulando las primas a la baja cuando la explotación adopta prácticas que reducen el riesgo (por ejemplo, cubiertas vegetales, riego eficiente, medidas basadas en la naturaleza) y ampliando coberturas a sequía meteorológica y agrícola, episodios de lluvias torrenciales intensas, calor extremo y pérdidas de calidad.

Capa europea de reaseguro para eventos sistémicos. Impulsar, a escala de la Unión Europea, una capa de reaseguro público que se active por umbrales objetivos (p. ej., pérdidas agregadas sectoriales) y establezca primas y solvencia en episodios extremos multirregionales, complementando—no sustituyendo— el esquema nacional.

El resultado es más aseguramiento, precios más estables, y una señal económica alineada con la adaptación, de modo que quien reduce su riesgo paga menos y el sistema conserva su capacidad de respuesta incluso ante años excepcionalmente adversos.

Limitaciones y advertencias

El refuerzo del seguro y una capa europea de reaseguro pueden verse limitados por riesgos sistémicos y de correlación (sequías multirregionales) que tensen la viabilidad actuarial y eleven primas. Existen riesgos de selección adversa y riesgo moral si los descuentos por prevención no se basan en verificación robusta de medidas y resultados (no solo intenciones). La ampliación de coberturas (sequía, calor, pérdidas de calidad) incrementa complejidad, costes de peritaje y “*basis risk*” en pólizas índice, afectando la aceptación si los pagos no se perciben como justos o ágiles. La capa de reaseguro exige coordinación



UE, reglas claras de activación por umbrales, compatibilidad con ayudas de Estado y una gobernanza que evite retrasos en los desembolsos. Puede haber exclusión de pequeñas explotaciones si no se controlan los costes administrativos y la accesibilidad; se requieren subsidios focalizados y educación aseguradora. Finalmente, el esquema debe condicionarse a inversiones reales de reducción de riesgo para evitar maladaptación y garantizar que el seguro complementa, y no sustituye, la adaptación. Se recomienda una mayor investigación en diseños multirriesgo, estrategias de mitigación, y esquemas compartidos público-privados para manejar eventos extremos.

Evidencia científica y referencias

Consenso alto sobre el papel del seguro y el reaseguro como instrumentos que complementan (no reemplazan) la adaptación. El diseño de una capa europea requiere coordinación interinstitucional y definición precisa de umbrales y gobernanza.

Benso, M. R., Gesualdo, G. C., Silva, R. F., Silva, G. J., Castillo Rápalo, L. M., Navarro, F. A. R., Marques, P. A. A., Marengo, J. A., & Mendiando, E. M.. (2023). Review article: Design and evaluation of weather index insurance for multi-hazard resilience and food insecurity. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 23(4), 1335–1354. <https://doi.org/10.5194/nhess-23-1335-2023>

European Commission, Directorate-General for Agriculture and Rural Development. (2021). Study on risk management in EU agriculture.

European Commission. (2024). European Climate Risk Assessment (EUCRA): Risk transfer and the insurance protection gap.

European Insurance and Occupational Pensions Authority. (2023). Climate change and the natural catastrophe insurance protection gap in Europe.

Guerrero-Baena, M. D., & Gómez-Limón, J. A. (2019). Insuring Water Supply in Irrigated Agriculture: A Proposal for Hydrological Drought Index-Based Insurance in Spain. *Water*, 11(4), 686. <https://doi.org/10.3390/w11040686>

Ingels, Michiel W., W. Botzen, Jeroen C. J. H. Aerts, Jan Brusselaers, & M. Tesselaar. (2024). The state of the art and future of climate risk insurance modeling. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1541(1). <https://doi.org/10.1111/nyas.15255>

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Working Group II contribution (Finance and investment; Europe; Food systems). IPCC.

Organisation for Economic Co-operation and Development. (2021). Managing climate risks, facing up to losses and damages.

Surminski, S., Bouwer, L. & Linnerooth-Bayer, J. (2016). How insurance can support climate resilience. *Nature Climate Change* 6, 333–334. <https://doi.org/10.1038/nclimate2979>

Zhou, N., & Vilar-Zanón, J.-L.. (2025). Climate change and crop insurance: geographical heterogeneity in hailstorm risk for wine grapes in Spain. *European Actuarial Journal*. <https://doi.org/10.1007/s13385-025-00419-6>



6.d.9. Aplicar soluciones innovadoras en automatización e inteligencia artificial a los procesos administrativos de solicitudes de ayudas para estos nuevos fondos

Descripción de la propuesta

Los fenómenos climáticos extremos alcanzan en ocasiones tal intensidad que afectan a un gran número de personas y municipios. En este contexto, las administraciones públicas despliegan un abanico de ayudas para paliar los daños personales y materiales sufridos por la ciudadanía, así como el deterioro de las infraestructuras públicas.

El volumen de solicitudes presentadas plantea la necesidad de explorar la aplicación de la automatización y la inteligencia artificial al ciclo de gestión de las ayudas, tanto en las dirigidas a la ciudadanía como a los ayuntamientos y otras entidades locales. En particular, la utilización de asistentes virtuales o *chatbots* sería una opción – complementaria a la atención presencial – para guiar y apoyar a la ciudadanía en la solicitud de las diversas ayudas. Por otro lado, se buscaría una mayor eficacia y rapidez en el procesamiento administrativo de las solicitudes, centrando así el esfuerzo humano en la supervisión del sistema.

Las oportunidades que abre la aplicación de la inteligencia artificial en el sector público deben ir siempre acompañadas de una evaluación de sus retos y limitaciones. Una aplicación paulatina e incremental, que cuente con la opinión ciudadana y se limite a las áreas de máxima utilidad, es clave para el éxito de las iniciativas en este campo.

Limitaciones y advertencias

La automatización de procesos administrativos mediante inteligencia artificial requiere una preparación rigurosa de los datos, garantizando su calidad, seguridad y respeto a la privacidad. Además, la transparencia algorítmica y el control humano son esenciales para evitar decisiones automatizadas injustas o errores en la tramitación. La implementación debe ser gradual, evaluada y centrada en el ciudadano.

Evidencia científica y referencias

Los procesos de automatización e inteligencia artificial podrían contribuir a la gestión de grandes volúmenes de solicitudes de ayuda tras un desastre natural, las cuales provienen tanto de la ciudadanía como de ayuntamientos y otras



entidades locales. La OCDE (2025) ha identificado 11 funciones gubernamentales clave donde se aplica la IA, entre ellas el diseño y prestación de servicios públicos, susceptible de una lectura en términos de gestión administrativa.

La incorporación de la IA a la gestión administrativa ofrece distintas oportunidades. Puede proveer una mayor eficacia en la gestión de grandes volúmenes de solicitudes, con el consiguiente ahorro de esfuerzo humano (Wirtz & Müller, 2019). También mejorar la accesibilidad y personalización en la atención ciudadana (OECD, 2025). Se estima que el 84% de las transacciones ciudadanas de tipo repetitivo, pero complejo, serían altamente automatizables (Straub et al., 2024).

Los retos de la gobernanza de la IA pueden resumirse, siguiendo a Mehr (2017) en: 1) integrar la IA en programas basados en objetivos y centrados en el ciudadano; 2) obtener la opinión de los ciudadanos; 3) aprovechar los recursos existentes; 4) preparar anticipadamente los datos asegurando la privacidad; 5) mitigar los riesgos éticos y evitar la toma de decisiones solo basada en IA; y 6) aumentar la capacidad de los empleados, no reemplazarlos.

La cuestión ética es especialmente relevante, ya que pueden verse afectados en diversos aspectos los derechos fundamentales (Gutiérrez & Muñoz-Cadena, 2023). Los derechos del interesado deben protegerse en los formularios inteligentes, en particular el derecho de subsanación de solicitudes (Berning Prieto, 2023). También preocupa la reducción o eliminación del control humano (Wirtz and Müller, 2019), especialmente con algoritmos predictivos (Berning Prieto, 2023; Cotino Hueso, 2020), y la cuestión de la discrecionalidad administrativa (Covilla Martínez, 2025). Se reclama mayor “transparencia algorítmica” (Jiménez, 2023) para reducir los riesgos descritos, abogándose por algoritmos “interpretables” (Rudin, 2019).

Con todas estas cautelas, hay tecnologías y experiencias cuya aplicación debería estudiarse en este contexto. En la fase de presentación de solicitudes, los asistentes virtuales o *chatbots* mejoran el acceso a servicios por parte de la ciudadanía e identifican necesidades (Larsen & Følstad, 2024), como es el caso del *chatbot* sobre Clave Digital Móvil implementado en Portugal e incluido en el repositorio de buenas prácticas de la OCDE (2025), o el programa Bürokratt de Estonia (Dreyling et al., 2024; e-Estonia, 2025). Ahora bien, han de limitarse a temas de gestión sin entrar en áreas como la salud mental (Moore et al., 2025). También debe evaluarse detenidamente si conviene evitar los problemas de los



modelos de lenguaje natural (Bender et al., 2021) mediante “cuestionarios *chatbot*” no basados en él (Te Pas et al., 2022).

Por otro lado, en términos del procesamiento de las solicitudes, hay contribuciones interesantes como la plataforma de servicios públicos inteligente SmartHS en China (Zheng et al., 2018). En cualquier caso, hay que evitar la “paradoja de la eficiencia” mediante la cual la aplicación de algoritmos vuelve la gestión más ineficiente (Valdivia & De La Cueva, 2022).

Berning Prieto, A. D. (2023). El uso de sistemas basados en inteligencia artificial por las Administraciones públicas: estado actual de la cuestión y algunas propuestas ad futurum para un uso responsable. *Revista de Estudios de la Administración Local y Autonómica*, 20, 165–185. <https://doi.org/10.24965/REALA.11247>

Bender, E. M., Gebru, T., McMillan-Major, A., & Shmitchell, S. (2021). On the dangers of stochastic parrots: Can language models be too big? In *Proceedings of the 2021 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency*, 610-623.

Cotino Hueso, L. (2020). Holanda: «SyRI, ¿a quién sanciono?» — Garantías frente al uso de inteligencia artificial y decisiones automatizadas en el sector público y la sentencia holandesa de febrero de 2020. *La Ley Privacidad*, (4).

Covilla Martínez, J. C. (2025). Inteligencia artificial y discrecionalidad administrativa: explorando adaptaciones y límites. *Revista Española de Derecho Administrativo*, (242).

Dreyling, R., Tammet, T., Pappel, I., & McBride, K. (2024). Navigating the AI maze: Lessons from Estonia's Bürokratt on public sector AI digital transformation. SSRN. <https://doi.org/10.2139/SSRN.4850696>

Gutiérrez, J. D., & Muñoz-Cadena, S. (2023). Adopción de sistemas de decisión automatizada en el sector público: Cartografía de 113 sistemas en Colombia. *GIGAPP Estudios Working Papers*, 10(267-272), 365-395.

Jiménez, P. (2023). Transparencia algorítmica al sector público. *Govern Obert*. Generalitat de Catalunya.

Larsen, A. G., & Følstad, A. (2024). The impact of chatbots on public service provision: A qualitative interview study with citizens and public service providers. *Government Information Quarterly*, 41(2), Article 101927. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2024.101927>

Mehr, H. (2017, agosto). *Artificial intelligence for citizen services and government*. Ash Center for Democratic Governance and Innovation, Harvard Kennedy School. https://ash.harvard.edu/wp-content/uploads/2024/02/artificial_intelligence_for_citizen_services.pdf

Moore, J., Grabb, D., Agnew, W., Klyman, K., Chancellor, S., Ong, D. C., & Haber, N. (2025, junio). Expressing stigma and inappropriate responses prevents LLMs from safely replacing mental health providers. En *Proceedings of the 2025 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency* (pp. 599-627). <https://doi.org/10.1145/3715275.3732039>

OECD. (2022). *OECD framework for the classification of AI systems* (OECD Digital Economy Papers, No. 323). OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/CB6D9ECA-EN>

OECD. (2025). *Governing with artificial intelligence: The state of play and way forward in core government functions*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/795DE142-EN>



Rudin, C. (2019). Stop explaining black box machine learning models for high stakes decisions and use interpretable models instead. *Nature Machine Intelligence*, 1, 206-215. <https://doi.org/10.1038/s42256-019-0048-x>

Straub, V. J., Hashem, Y., Bright, J., Bhagwanani, S., Morgan, D., Francis, J., Esnaashari, S., & Margetts, H. (2024). AI for bureaucratic productivity: Measuring the potential of AI to help automate 143 million UK government transactions. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2403.14712>

Te Pas, M., Rutten, W., Bouwman, R., & Buise, M. (2020). User experience of a chatbot questionnaire versus a regular computer questionnaire: Prospective comparative study. *JMIR Medical Informatics*, 8(12), e21982. <https://doi.org/10.2196/21982>

Valdivia, A. (2022). The paradox of efficiency: Frictions between law and algorithms. *Verfassungsblog: On Matters Constitutional*. <https://doi.org/10.17176/20220402-131142-0>

Wirtz, B. W., & Müller, W. M. (2019). An integrated artificial intelligence framework for public management. *Public Management Review*, 21, 1076-1100. <https://doi.org/10.1080/14719037.2018.1549268>

Zheng, Y., Yu, H., Cui, L., Miao, C., Leung, C., & Yang, Q. (2018). SmarHS: An AI platform for improving government service provision. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 32(1), 7704–7711. <https://doi.org/10.1609/aaai.v32i1.11382>



EJE 7: Mantener de forma permanente los medios técnicos y humanos necesarios para combatir eventos climáticos extremos

d. POLIVALENTE

7.d.1. Mejorar la estabilidad y condiciones laborales de cuerpos especializados: bomberos, agentes forestales, técnicos de emergencias, etc.

Descripción de la propuesta

La recurrencia e intensidad de olas de calor, incendios forestales, inundaciones y sequías en España exige pasar de respuestas ad hoc a capacidades permanentes. La evidencia internacional muestra que los países con estructuras técnicas e institucionales estables presentan mayor resiliencia y menores pérdidas humanas y económicas; los enfoques reactivos y fragmentados son insuficientes.

La evidencia en la región mediterránea indica que la prevención y preparación continuas son determinantes para reducir el riesgo estructural de incendios y eventos extremos; esto exige recursos humanos permanentes y profesionalizados y no solo refuerzos estacionales. Se propone una serie de actuaciones:

1. Contratación estable (365 días) y dotación presupuestaria plurianual para dispositivos como BRIF, servicios autonómicos/municipales y apoyo logístico; itinerarios de carrera profesional y formación continua (interoperabilidad y ejercicios conjuntos). Esta continuidad evita improvisación, consolida aprendizajes y aumenta la confianza ciudadana en la gestión pública.
2. Reconocimiento profesional específico a los bomberos forestales y personal de gestión forestal-territorial que asume prevención–detección–extinción–restauración; alineado con la Ley 5/2024, básica de bomberos forestales, y los recientes desarrollos autonómicos. Así como mecanismos de reconocimiento de desempeño y rendimiento de los distintos miembros de un sistema multiequipo.
3. Fortalecer escalas científica y técnicas (geología, hidrología, meteorología, ecología, ingeniería ambiental) con estabilidad, progresión por méritos técnicos y capacidad operativa para participar en planificación, prevención y respuesta.



4. Salud laboral y salud mental operativa: programas basados en evidencia (p. ej., enfoques de prevención y tratamiento para primeros intervinientes), con cribados periódicos, apoyo entre pares y acceso a terapias específicas

A través de esta medida, se espera una menor siniestralidad y mayor eficacia en primera intervención; una reducción de rotación y pérdida de conocimiento; y una mejora de la resiliencia comunitaria y del desempeño en temporadas ampliadas de riesgo.

Ámbito: Nacional con despliegue autonómico/local.

Sectores implicados: Emergencias, medio ambiente, función pública, salud laboral.

Actores clave: MITECO, Interior/Protección Civil, CCAA, ayuntamientos, sindicatos, universidades.

Limitaciones y advertencias

1. Requiere acuerdos laborales y financiación sostenida.
2. Los programas de salud mental muestran beneficios operativos (absentismo/retorno al servicio), pero la evidencia sobre reducción de trastornos clínicos exige implementación cuidadosa y evaluación.

Evidencia científica y referencias

European Forest Institute. (2023). *Key recommendations on wildfire prevention in the Mediterranean*. <https://doi.org/10.36333/rs6>

European Environment Agency. (2023). *Is Europe on track towards climate resilience?*

Ley 5/2024, de 8 de noviembre, básica de bomberos forestales. (2024). BOE.

Held, M. B., et al. (2024). Environmental health of wildland firefighters: A scoping review. *Fire Ecology*, 20, 16. <https://doi.org/10.1186/s42408-023-00235-x>

Arjmand, H.-A., et al. (2025). Prevention and treatment of mental health conditions in first responders: An umbrella review. *Clinical Psychology: Science and Practice*, 32(2), 163–182. <https://doi.org/10.1037/cps0000252>

RAND Corporation. (2021). *Stress Control for Military, Law Enforcement, and First Responders: A Systematic Review*.

Kanfer, R., & Kerry, W. (2012). Motivation in multiteam systems. *Organizational Psychology Review*, 2(1), 46–71. <https://doi.org/10.1177/2041386611431254>

Maglione MA, Chen C, Bialas A, Motala A, Chang J, Akinniranye G, Hempel S. Stress Control for Military, Law Enforcement, and First Responders: A Systematic Review. *Rand Health Q.* 2022 Jun 30;9(3):20. PMID: 35837521; PMCID: PMC9242555.



7.d.2. Reforzar los equipos de intervención climática y las brigadas forestales permanentes

Descripción de la propuesta

Se propone la profesionalización permanente de brigadas forestales y equipos de intervención climática, bomberos urbanos, salvamento marítimo, etc. con contratos anuales y funciones diversificadas. El modelo actual, basado en brigadas temporales concentradas en verano y centradas en la extinción reactiva, es insuficiente ante la nueva realidad climática. Los incendios extremos en Galicia y León han evidenciado que el riesgo está condicionado por factores estructurales como el abandono rural, la acumulación de combustible y la intensificación de sequías y olas de calor. El IPCC (2023) confirma que la ventana meteorológica de riesgo se ha ampliado, con incendios más tempranos en primavera y más tardíos en otoño, invalidando los modelos estacionales de respuesta.

Funciones clave de las brigadas forestales permanentes:

1. Prevención activa todo el año: tratamientos selvícolas, pastoreo dirigido, quemas prescritas y mantenimiento de cortafuegos.
2. Restauración ecológica inmediata: tras incendios, inundaciones o sequías, aplicando soluciones basadas en la naturaleza.
3. Educación comunitaria: campañas de sensibilización y formación en autoprotección frente a eventos extremos.
4. Apoyo a la ganadería extensiva: construcción de abrevaderos, instalación de barreras y gestión del paisaje para reducir biomasa combustible.

Este enfoque integral convierte a las brigadas en un instrumento operativo del Estado para anticiparse, restaurar y educar, reforzando la resiliencia territorial y social. Además, la literatura sobre gestión de emergencias en España subraya que la eficacia depende de la previsión, prevención y rehabilitación, no solo de la reacción durante la crisis (Ochoa Monzó, 2025). Casos como la DANA de 2024 en Valencia ilustran la necesidad de equipos estables y coordinados desde la preemergencia hasta la recuperación.

Asimismo, el refuerzo de equipos de emergencia ante fenómenos de piroconvección resulta de interés. El desarrollo de protocolos específicos de seguridad y combate ante piroconvección con carácter transfronterizo e interadministrativo, incorporando simulaciones meteorológicas en tiempo real y la capacitación de brigadas para escenarios de pirocúmulo. La lucha contra incendios de alta intensidad, que liberan una gran cantidad de columnas convectivas que crean sus propias condiciones atmosféricas, necesita de nuevas formas de abordaje e intervención. La seguridad de los equipos de emergencia y conseguir una máxima eficacia en la intervención requieren de la planificación,



coordinación y puesta a disposición de medios de manera anticipada, ordenada y eficaz para conseguir unas intervenciones más eficaces.

Se espera con esta medida una reducción del riesgo estructural de incendios y vulnerabilidad territorial, una mayor resiliencia comunitaria y protección de ecosistemas como bienes jurídicos y una disminución de costes asociados a emergencias y restauración postcrisis.

Ámbito: Nacional, con despliegue regional/local (prioridad en zonas de interfaz urbano-forestal y áreas de alto riesgo).

Sectores implicados: Medio ambiente, emergencias, desarrollo rural, ganadería, educación ambiental.

Actores clave: MITECO, CCAA, consorcios de bomberos forestales, ayuntamientos, asociaciones ganaderas, ONG, universidades.

Limitaciones y advertencias

1. Requiere financiación sostenida y coordinación interadministrativa.
2. Necesidad de formación continua y protocolos claros para evitar impactos negativos en ecosistemas.
3. Riesgo de fragmentación si no se integran en planes nacionales y autonómicos.

Evidencia científica y referencias

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report*. Cambridge University Press.

Olcina Cantos, J. (2025): El riesgo del cambio climático y su influencia en el aumento de emergencias de protección civil, *Revista d'estudis autonòmics i federals*, 41, págs. 35-71, <https://raco.cat/index.php/REAF/article/view/10000005639>

Bacciu, V., Salis, M., Arca, B., Pellizzaro, G., Ascoli, D., Delogu, G.M., Eftychidis, G., Chuvieco, E., Gitas, I., Viegas, D.X., 2025. Shifting to a holistic approach in national wildfire management policies: the Italian case. *IForest - Biogeosciences For.* 18, 163. <https://doi.org/10.3832/ifor4786-018>

Bianchi, C., Nasi, G., Rivenbark, W.C., 2021. Implementing collaborative governance: models, experiences, and challenges. *Public Manag. Rev.* 23, 1581–1589. <https://doi.org/10.1080/14719037.2021.1878777>

Chen, W., Moriya, K., Sakai, T., Koyama, L., Cao, C., 2014. Monitoring of post-fire forest recovery under different restoration modes based on time series Landsat data. *Eur. J. Remote Sens.* 47, 153–168. <https://doi.org/10.5721/EuJRS20144710>

Dellmuth, L.M., Gustafsson, M.-T., 2021. Global adaptation governance: how intergovernmental organizations mainstream climate change adaptation. *Clim. Policy* 21, 868–883. <https://doi.org/10.1080/14693062.2021.1927661>



Espejo, D.E., Altamirano-Fernández, A., 2025. Forest dynamics in environmental protection and fire spread: a mathematical model. *Comput. Appl. Math.* 45, 61. <https://doi.org/10.1007/s40314-025-03435-0>

González-Hidalgo, M., 2023. Affected by and affecting forest fires in Sweden and Spain: A critical feminist analysis of vulnerability to fire. *Sociol. Rural.* 63, 729–750. <https://doi.org/10.1111/soru.12432>

Log, T., Vandvik, V., Velle, L.G., Metallinou, M.-M., 2020. Reducing Wooden Structure and Wildland-Urban Interface Fire Disaster Risk through Dynamic Risk Assessment and Management. *Appl. Syst. Innov.* 3, 16. <https://doi.org/10.3390/asi3010016>

Manzello, S.L., Bianchi, R., Gollner, M.J., Gorham, D., McAllister, S., Pastor, E., Planas, E., Reszka, P., Suzuki, S., 2018. Summary of workshop large outdoor fires and the built environment. *Fire Saf. J.* 100, 76–92. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2018.07.002>

Oliveira, S., Laneve, G., Fusilli, L., Eftychidis, G., Nunes, A., Lourenço, L., Sebastián-López, A., Oliveira, S., Laneve, G., Fusilli, L., Eftychidis, G., Nunes, A., Lourenço, L., Sebastián-López, A., 2017. A Common Approach to Foster Prevention and Recovery of Forest Fires in Mediterranean Europe, in: *Mediterranean Identities - Environment, Society, Culture*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.68948>

Pascual D, Pla E, Nadal-Romero E, Lasanta T, Zabalza J, Foronda A, Pueyo Y, Reiné R, Barrantes O, Lana-Renault N, Ruiz P, Lorenzo J (2024) Report with the final monitoring results of the implementation action C2. Deliverable 31 LIFE MIDMACC.

Santiago-Gómez, E., Rodríguez-Rodríguez, C., 2023. Building Forest Fires Resilience, the Incorporation of Local Knowledge into Disaster Mitigation Strategies. *Soc. Sci.* 12, 420. <https://doi.org/10.3390/socsci12070420>

Wardropper, C.B., Sparks, A.M., Hovardas, T., 2025. Social capital and adaptation to wildfire in southern Greece. *Ecol. Soc.* 30. <https://doi.org/10.5751/ES-16075-300319>

7.d.3. Instaurar la formación especializada de las FAS, en especial de la UME, como pilar estratégico frente a emergencias climáticas

Descripción de la propuesta

La comunidad científica advierte que la creciente frecuencia e intensidad de emergencias climáticas hace necesario disponer de Fuerzas Armadas (FAS) altamente preparadas, capaces de apoyar eficazmente a las autoridades civiles. En este contexto, la formación integral y especializada se revela como un pilar estratégico para garantizar una respuesta coordinada, rápida y técnicamente solvente. Se recomienda que la preparación combine entrenamiento práctico y conocimiento teórico, mediante ejercicios, simulacros y programas formativos avanzados impartidos desde la Escuela Militar de Emergencias (EMES), fortaleciendo la interoperabilidad con agencias civiles y los sistemas nacionales de protección civil.

Para evitar duplicidades y fomentar sinergias, se recomienda establecer convenios de colaboración entre la EMES y la Escuela Nacional de Protección Civil (ENPC), promoviendo la integración curricular y el reconocimiento mutuo de



competencias. Esta coordinación permitiría compartir recursos formativos, diseñar módulos conjuntos para personal civil y militar, y consolidar un sistema nacional de formación en emergencias climáticas que combine experiencia operativa con innovación pedagógica.

Este modelo formativo profundizaría en la colaboración con universidades y centros de investigación, incorporando innovación científica y tecnológica al diseño de simuladores, el análisis de escenarios de riesgo y el desarrollo de nuevas metodologías de respuesta. La cooperación con organismos públicos de todos los niveles administrativos facilitará el intercambio de experiencias y la generación de una red nacional de formación en emergencias. La UME puede liderar, mediante convenios y programas conjuntos, un ecosistema formativo que impulse la investigación aplicada y la profesionalización de todos los actores implicados.

Operativamente, resulta clave seguir promoviendo simulacros conjuntos con organismos civiles (DGPCYE, bomberos, policías, servicios sanitarios, Cruz Roja, ONG), así como ejercicios combinados con el resto de las FAS a escala estatal, autonómica y local, y la participación en maniobras multinacionales en el marco del Mecanismo Europeo de Protección Civil, la ONU y la OTAN. La EMES se consolidaría como núcleo de enseñanza en riesgos emergentes (incendios de sexta generación, inundaciones, NBQ-R, mando y control) y reforzar su proyección internacional mediante el Plan FORUME, compartiendo experiencia y buenas prácticas con países aliados y posicionando a España y a la UME como referente global en gestión de emergencias climáticas y tecnológicas.

Limitaciones y advertencias

Requiere inversión sostenida (tiempo, personal, logística y simuladores) y puede tensionar la disponibilidad operativa; sin estándares comunes, la interoperabilidad civil-militar y entre FAS/UME se resiente. Los simulacros y gemelos digitales aportan realismo limitado si no incorporan datos actualizados, riesgos compuestos y evaluación posejercicio; existe riesgo de sobreconfianza tecnológica. La formación en climas extremo-calor/frío conlleva riesgos para la salud y exige protocolos médicos, aclimatación y equipos adecuados. Es clave evitar “inflación curricular” (demasiados módulos, poca práctica), asegurar reciclajes periódicos y métricas de desempeño comparables. La coordinación multinivel puede chocar con marcos legales/competenciales y con culturas organizativas distintas. Contemplar rotación del personal, prevención de fatiga y apoyo psicosocial, así como criterios de inclusión (género, LGTBI, diversidad funcional) y protección de datos en ejercicios conjuntos e internacionales.

Evidencia científica y referencias

La formación especializada y continuada tienen pleno consenso desde la comunidad científica:



Lentini, A., Eklund, G., Corbane, C., Asikainen, T., Ronco, M., et al, *Analysis of Risks Europe is facing - An analysis of current and emerging risks*, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2025, <https://data.europa.eu/doi/10.2760/0176850>, JRC141673.

Ashworth, E., Cotter, J., & Kilding, A. (2020). Methods for improving thermal tolerance in military personnel prior to deployment. *Military Medical Research*, 7. <https://doi.org/10.1186/s40779-020-00287-z>

Baetzner, A., Wespi, R., Hill, Y., Gyllencreutz, L., Sauter, T., Saveman, B., Mohr, S., Regal, G., Wrzus, C., & Frenkel, M. (2022). Preparing medical first responders for crises: a systematic literature review of disaster training programs and their effectiveness. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine*, 30. <https://doi.org/10.1186/s13049-022-01056-8>

Klous, L., Teien, H., Hollis, S., Levels, K., Boonstra, A., Sullivan-Kwantes, W., Haman, F., Castellani, J., Catoire, M., & Kingma, B. (2024). Cold weather operations: Preventive strategies in a military context. *Temperature: Multidisciplinary Biomedical Journal*, 12, 8–27. <https://doi.org/10.1080/23328940.2024.2408059>

Moran, D., DeGroot, D., Potter, A., & Charkoudian, N. (2023). Beating the Heat: Military Training and Operations in the Era of Global Warming. *Journal of Applied Physiology*. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00229.2023>

Sullivan-Kwantes, W., Haman, F., Kingma, B., Martini, S., Gautier-Wong, E., Chen, K., & Friedl, K. (2020). Human performance research for military operations in extreme cold environments. *Journal of Science and Medicine in Sport*. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2020.11.010>

Sookermany, A. M. (Ed.). (2020). *Handbook of Military Sciences*. Springer. <https://link.springer.com/referencework/10.1007/978-3-030-02866-4>

Jones, B.A., 2020. Emergency Management: Best Practices, in: *Encyclopedia of Security and Emergency Management*. Springer, Cham, pp. 1–6. https://doi.org/10.1007/978-3-319-69891-5_132-1

Sanderson Reid, J., 2021. Personnel Security: Training, in: *Encyclopedia of Security and Emergency Management*. Springer, Cham, pp. 722–729. https://doi.org/10.1007/978-3-319-70488-3_218

El uso de simuladores y gemelos digitales para la formación de unidades militares especializadas en emergencias está muy respaldado por la ciencia:

Szabadföldi, István. "Artificial Intelligence in Military Application – Opportunities and Challenges" *Land Forces Academy Review*, vol. 26, no. 2, Nicolae Balcescu Land Forces Academy, 2021, pp. 157-165. <https://doi.org/10.2478/raft-2021-0022>

Lee, CE., Baek, J., Son, J. et al. Deep AI military staff: cooperative battlefield situation awareness for commander's decision making. *J Supercomput* 79, 6040–6069 (2023). <https://doi.org/10.1007/s11227-022-04882-w>

NATO. (2025, August 4). Partnership Training and Education Centres (PTECs). NATO. https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics_187359.htm

Guarda, T., Díaz-Nafria, J.M., 2024. Use of Simulators as a Digital Resource for Knowledge Transference, in: Guarda, T., Portela, F., Diaz-Nafria, J.M. (Eds.), *Advanced Research in Technologies, Information, Innovation and Sustainability*. Springer Nature Switzerland, Cham, pp. 116–127. https://doi.org/10.1007/978-3-031-48930-3_9

Mohanraj, R., Balaji, S.N., 2025. Digital Twin Technology: A Comprehensive Review of Modeling, Applications, Challenges and Future Directions in Complex System Integration. *Arch. Comput. Methods Eng*. <https://doi.org/10.1007/s11831-025-10397-3>



El desarrollo de simulacros tiene amplio consenso:

Gagliardi, E., Bernardini, G., Quagliarini, E., Schumacher, M., & Calvaresi, D. (2023). Characterization and future perspectives of Virtual Reality Evacuation Drills for safe built environments: A Systematic Literature Review. *Safety Science*. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106141>

Li, Q., Wang, J., Wang, Y., & Lv, J. (2022). A Two-Stage Stochastic Programming Model for Emergency Supplies Pre-Position under the Background of Civil-Military Integration. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su141912080>

Elvegård, R., Andreassen, N., Badu, J., 2024. Building collaboration and trust in emergency preparedness: a model for planning collaboration exercises. *Saf. Extreme Environ.* 6, 319–331. <https://doi.org/10.1007/s42797-024-00107-w>

Vasovic, D., Janackovic, G., Musicki, S., 2020. Model of Effective Civil-Military Collaboration in Natural Disaster Risk Management, in: Gocić, M., Aronica, G.T., Stavroulakis, G.E., Trajković, S. (Eds.), *Natural Risk Management and Engineering: NatRisk Project*. Springer International Publishing, Cham, pp. 23–40. https://doi.org/10.1007/978-3-030-39391-5_2

7.d.4. Mejorar las capacidades técnicas para los cuerpos especializados en emergencias: bomberos, brigadas forestales, etc.

Descripción de la propuesta

Se propone reducir el riesgo y mejorar la eficacia operativa frente a incendios extremos y otros peligros climáticos mediante evidencias de alta calidad, alerta temprana, modelización y entrenamiento aplicado basado en evidencia científica, apoyando así las capacidades técnicas para servicios de extinción y emergencia con tres ejes:

1. Conocimiento sistemático del territorio y alerta temprana.

- Fortalecer unidades técnicas permanentes (p. ej., IGME-CSIC) para actualizar cartografías de peligros y mantener bases espaciales interoperables (mapas, inventarios, visores y servicios WMS) al servicio de la decisión pública y operativa.
- Reforzar o desarrollar equipos especializados de analistas de incendios que anticipen el peligro de incendios a nivel nacional dependientes de o coordinados con MITECO o la DG de Protección Civil, capaces de interpretar y emplear los resultados aportados por la tecnología en el proceso de toma de decisiones.
- Integrar observación satelital y sensores terrestres (Copernicus/EFFIS, Sentinel-2, Soil Moisture/CLMS) y avisos multirriesgo alineados con MHEWS (WMO/UNDRR).
- Potenciar una red estatal de observación marina: Consolidación y coordinación de sistemas existentes (IEO-CSIC, Puertos del Estado, SOCIB, PLOCAN, AEMET, universidades) bajo gobernanza clara y



financiación estable. Esta red garantizará datos continuos y abiertos para alertas tempranas (marejadas, olas de calor marinas, meteotsunamis), seguridad civil, gestión pesquera y cumplimiento de directivas europeas. Se propone un mandato estatal que asegure interoperabilidad y sostenibilidad.

- Promover un Observatorio de Grandes Incendios Forestales (OGIF). Creación de un organismo con funciones de: (a) supervisión de inversiones en prevención (infraestructuras verdes y grises, selvicultura preventiva, planificación territorial), (b) monitorización de ejecución y operatividad, y (c) sistema estadístico nacional que compare inversión en prevención, porcentaje de ejecución y gasto en extinción, con resultados publicados anualmente y trazabilidad por cuenca y comarca.
- Fortalecimiento del IGME-CSIC y unidades técnicas para mantener cartografías de riesgo, bases de datos espaciales y sistemas de alerta temprana. Se incorporarán equipos móviles para intervención rápida (evaluación de daños, instalación de sensores) y laboratorios de campo conectados a redes nacionales e internacionales. Protocolos de actualización periódica garantizarán la vigencia de la información.

2. Operaciones basadas en datos.

- Desplegar UAS/drones y teledetección para monitoreo de combustible y focos activos; estandarizar salas de situación que integren datos en tiempo real.
- I+D técnica aplicada (modelización predictiva, aprendizaje automático) y evaluación posincendio (NBR/NDVI; recuperación de vegetación).
- Desarrollo de laboratorios de simulación climática: Instalaciones capaces de reproducir escenarios extremos (olas de calor, sequías prolongadas, inundaciones) para evaluar la resiliencia de especies forestales y agropecuarias. Estos laboratorios permitirán validar estrategias de manejo adaptativo, seleccionar material genético resistente y diseñar planes de restauración y agricultura adaptativa. Incorporarán herramientas de modelización, fenotipado avanzado y biotecnología, asegurando transferencia a la práctica mediante protocolos para viveros y planes selvícolas.

3. Gobernanza, aprendizaje y salud.

- Programa nacional de Lecciones Aprendidas, con informes y actualización de protocolos, y estrategia de comunicación con equipos profesionales. (Buenas prácticas europeas muestran que la gobernanza y la coordinación son críticas para la adaptación). Tras 2011, Japón consolidó capacidades permanentes y coordinadas entre niveles nacional y local; estas lecciones son extrapolables, adaptadas a la vulnerabilidad mediterránea y a la España interior rural.



- Sistema nacional de información municipal sobre vulnerabilidad y riesgo (SIG, indicadores, AHP/PCA/ML) para priorizar recursos y anticipar emergencias.
- Coordinación con Sanidad y planes de calor (protocolos hospitalarios y alerta sanitaria) para picos de demanda en olas de calor e incendios.

Ámbito: Nacional con despliegue regional/local (prioridad Mediterráneo e interfaz urbano-forestal).

Sectores: Emergencias y protección civil, medio ambiente/forestal, salvamento marítimo, ciencia y tecnología, salud, administraciones nacionales, autonómicas y locales.

Actores clave: MITECO, DGPCE (Interior), CCAA y consorcios de bomberos, Escuela Nacional de Protección Civil, IGME-CSIC, AEMET, JRC/EEA/Copernicus, universidades/centros tecnológicos, ayuntamientos, empresas de teledetección y UAS, hospitales.

Impactos esperados: mejor detección y anticipación (reducción de tiempos de respuesta), operaciones más seguras y eficaces, y decisiones basadas en riesgo a escala municipal, regional, y nacional.

- Los enfoques permanentes y la capacidad institucional mejoran la resiliencia y reducen pérdidas; los esquemas reactivos fragmentados fallan ante extremos cada vez más frecuentes.
- La confianza pública aumenta con estructuras estables y rendición de cuentas.

Limitaciones y advertencias

1. Calidad y estandarización de datos (interoperabilidad, actualización) y capacidades humanas para operar las plataformas.
2. Necesidad de colaboraciones interinstitucionales entre diferentes niveles competenciales.
3. Los modelos de propagación requieren validación local y pueden fallar en condiciones de megaincendio/spotting si no se calibran.

Evidencia científica y referencias

Chuvieco, E., Aguado, I., Salas, J., García, M., Yebra, M., & Oliva, P. (2020). Satellite remote sensing contributions to wildland fire science and management. *Current Forestry Reports*, 6(2), 81–96. <https://doi.org/10.1007/s40725-020-00116-5>

Field, C. B., Barros, V. R., Dokken, D. J., Mach, K. J., Mastrandrea, M. D., Bilir, T. E., ... White, L. L. (Eds.). (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects (Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change)*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415379>



Heslop, E., Tintoré, J., Rotllan, P., et al. (2019). SOCIB integrated multi-platform ocean observing and forecasting. *Journal of Operational Oceanography*, 12(S2), s67–s79. <https://doi.org/10.1080/1755876X.2019.1582129>

Joint Research Centre (JRC)/Copernicus. (n.d.). European Forest Fire Information System (EFFIS). <https://effis.jrc.ec.europa.eu/>

Krueger, E. S., et al. (2023). Using soil moisture to better predict wildfire danger: A review. *International Journal of Wildland Fire* (preprint). NASA Technical Reports. https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20230014040/downloads/IJWF%20Accepted_Manuscript.pdf

Ministerio de Sanidad. (2025). Plan Nacional de Actuaciones Preventivas frente al Exceso de Temperaturas. https://www.sanidad.gob.es/areas/sanidadAmbiental/riesgosAmbientales/calorExtremo/publicaciones/docs/planNacionalExcesoTemperaturas_2025.pdf

Price, S. J., & Germino, M. J. (2022). Modeling fire spread using FARSITE: Improving input data and accuracy. *Fire Ecology*, 18(1), 23. <https://doi.org/10.1186/s42408-022-00147-2>

7.d.5. Incorporar la perspectiva biomédica y social: integración estructural de la salud mental y protección de poblaciones vulnerables en planes de contingencia climática

Descripción de la propuesta

Para una completa Gestión del Riesgo ante el cambio climático, se trata de anticipar la saturación de los servicios sanitarios y mitigar el impacto de eventos climáticos y desastres socioambientales, con especial atención a la salud mental y poblaciones vulnerables (como mujeres embarazadas, niños y niñas, personas mayores, sin hogar, con discapacidad o migrantes). La creciente frecuencia de estos eventos se asocia con alteraciones cerebrales cognitivas, emocionales y neurológicas que agravan la vulnerabilidad social y sanitaria. Metaanálisis recientes evidencian que las olas de calor se relacionan con mayor conducta suicida y uso de servicios hospitalarios de salud mental, mientras que revisiones sistemáticas confirman el aumento del riesgo de trastorno de estrés postraumático (TEPT) tras inundaciones y huracanes. La *umbrella review* de Radua (2024) otorga a esta asociación un grado de evidencia II, esto es que existe consistencia en los hallazgos entre distintos estudios y revisiones y está respaldada por múltiples metaanálisis, aunque no llega a tener una mayor asociación con pruebas experimentales o ensayos clínicos (grado I).

En cuanto a los riesgos específicos en poblaciones vulnerables, estudios recientes en embarazadas muestran que desastres socioambientales y olas de calor pueden afectar a su salud, la del feto y aumentar los riesgos obstétricos. La exposición al calor se ha relacionado con dificultades en el aprendizaje en escolares, mientras que temperaturas extremas, tanto altas como bajas, lo han hecho con el deterioro cognitivo en personas mayores. Diversos estudios demuestran un mayor impacto de los eventos climáticos en personas sin hogar y con discapacidad o diversidad funcional. Estos hallazgos hacen conveniente



establecer medidas preventivas y protocolos específicos para las poblaciones vulnerables.

Acciones clave:

- Protocolos integrados para atención en emergencias climáticas, incorporando pautas médicas, psicológicas y sociales, con especial atención a poblaciones vulnerables.
- Formación especializada para profesionales sanitarios y de protección civil en gestión de crisis psiquiátricas y atención a poblaciones vulnerables en escenarios extremos.
- Identificación y seguimiento de poblaciones vulnerables en zonas de riesgo, con recursos específicos (consultas prioritarias, telemedicina).
- Coordinación interinstitucional mediante estructuras permanentes de protección civil y emergencias, evitando improvisación y sobrecarga asistencial.
- Fomentar la investigación interdisciplinar que relacione exposición ambiental, salud y posibles estrategias farmacológicas, incluyendo la identificación de biomarcadores neuroinflamatorios y toxicológicos para evaluar el impacto del calor extremo y la contaminación sobre la salud cerebral.
- Establecer redes de vigilancia en salud mental y farmacología ambiental, que integren datos clínicos, biológicos y ambientales para la toma de decisiones basadas en evidencia.

Ámbito: Nacional, con adaptación regional y local.

Sectores implicados: Salud, investigación biomédica, educación superior, protección civil, emergencias, cambio climático.

Actores clave: Ministerio de Sanidad, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO), CCAA, hospitales, universidades, OPI, colegios profesionales, sociedades científicas, ONG.

A través de esta medida, se espera una reducción de morbilidad psiquiátrica, de problemas sanitarios en población vulnerable, una mejora de la capacidad de respuesta sanitaria ante emergencias climáticas y una disminución del riesgo de colapso asistencial en periodos críticos.

Limitaciones y advertencias

- Necesidad protocolos adaptados y recursos humanos suficientes.
- Necesidad de coordinación entre las especialidades médicas y protección civil.



- Necesidad de financiación estable para realizar programas de prevención y estudios clínicos longitudinales sobre los efectos del cambio climático en la salud que contribuyan a cubrir las lagunas de conocimiento existentes.

Evidencia científica y referencias

Baharav, Y., Nichols, L., Wahal, A., Gow, O., Shickman, K., Edwards, M., Huffling, K., 2023. The Impact of Extreme Heat Exposure on Pregnant People and Neonates: A State of the Science Review. *J. Midwifery Womens Health* 68, 324–332. <https://doi.org/10.1111/jmwh.13502>

Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I., & Wisner, B. (2014). *At risk: Natural hazards, people's vulnerability and disasters*. Routledge.

Bongioanni, P., Del Carratore, R., Corbianco, S., Diana, A., Cavallini, G., Masciandaro, S.M., Dini, M., Buizza, R., 2021. Climate change and neurodegenerative diseases. *Environmental Research* 201, 111511. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111511>

Brandt, L., Adorjan, K., Catthoor, K., Chkonina, E., Falkai, P., Fiorillo, A., Gondek, T.M., Vay, J.N.L., Rojnic, M., Meyer-Lindenberg, A., Heinz, A., Dom, G., Luykx, J.J., 2024. Climate change and mental health: Position paper of the European Psychiatric Association. *European Psychiatry* 67, e41. <https://doi.org/10.1192/j.eurpsy.2024.1754>

Byun, G., Choi, Y., Foo, D., Stewart, R., Song, Y., Son, J.-Y., Heo, S., Ning, X., Clark, C., Kim, H., Michelle Choi, H., Kim, S., Kim, S.-Y., Burrows, K., Lee, J.-T., Deziel, N.C., Bell, M.L., 2024. Effects of ambient temperature on mental and neurological conditions in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Environment International* 194, 109166. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2024.109166>

Clayton, S., Crandon, T., 2025. Climate Change and Mental Health. *Annual Review of Clinical Psychology* 21, 61–83. <https://doi.org/10.1146/annurev-clinpsy-081423-025932>

Doell, K.C., Berman, M.G., Bratman, G.N., Knutson, B., Kühn, S., Lamm, C., Pahl, S., Sawe, N., Van Bavel, J.J., White, M.P., Brosch, T., 2023. Leveraging neuroscience for climate change research. *Nat. Clim. Chang.* 13, 1288–1297. <https://doi.org/10.1038/s41558-023-01857-4>

Faherty, T., Raymond, J.E., McFiggans, G., Pope, F.D., 2025. Acute particulate matter exposure diminishes executive cognitive functioning after four hours regardless of inhalation pathway. *Nat Commun* 16, 1339. <https://doi.org/10.1038/s41467-025-56508-3>

Golitaleb, M., Mazaheri, E., Bonyadi, M., Sahebi, A., 2022. Prevalence of Post-traumatic Stress Disorder After Flood: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front. Psychiatry* 13, 890671. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2022.890671>

Lakhoo, D.P., Brink, N., Radebe, L., Craig, M.H., Pham, M.D., Haghghi, M.M., Wise, A., Solarin, I., Luchters, S., Maimela, G., Chersich, M.F., 2025. A systematic review and meta-analysis of heat exposure impacts on maternal, fetal and neonatal health. *Nat Med* 31, 684–694. <https://doi.org/10.1038/s41591-024-03395-8>

Larson, P.S., Clarke, P., Melendez, R., Finlay, J.M., Sol, K., Judd, S., Gomez-Lopez, I., Khan, A., Gronlund, C.J., 2025. Long-term exposure to extreme heat and cold and cognitive decline in older adults: Results from the Reasons for Geographic and Racial Differences in Stroke (REGARDS) cohort. *Environmental Research* 283, 121984. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2025.121984>



Lin, Z., Weinberger, E., Nori-Sarma, A., Chinchilla, M., Wellenius, G.A., Jay, J., 2024. Daily heat and mortality among people experiencing homelessness in 2 urban US counties, 2015-2022. *Am J Epidemiol* 193, 1576–1582. <https://doi.org/10.1093/aje/kwae084>

Mahmood, R., Clery, P., Yang, J.C., Cao, L., Dykxhoorn, J., 2025. The impact of climate change on mental health in vulnerable groups: a systematic review. *BMC Psychol* 13, 1208. <https://doi.org/10.1186/s40359-025-03497-z>

Manoj, N., Kennedy, M.K., Liu, M., Olagunju, A.T., 2025. Impacts of extreme temperatures on mood disorders: A systematic review. *European Psychiatry* 68, e149. <https://doi.org/10.1192/j.eurpsy.2025.10110>

Miller, V.E., Fitch, K.V., Swilley-Martinez, M.E., Agha, E., Alam, I.Z., Kavee, A.L., Cooper, T., Gaynes, B.N., Carey, T.S., Goldston, D.B., Ranapurwala, S.I., Pence, B.W., 2025. Impact of Hurricanes and Floodings on Mental Health Outcomes Within the United States: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Disaster Med. Public Health Prep.* 18, e335. <https://doi.org/10.1017/dmp.2024.327>

Ortiz, G., Aledo, A., Aznar, P., & Olcina, J. (2025). La incorporación de la vulnerabilidad social en la gestión integral del riesgo de inundación. *RES. Revista Española de Sociología*, 34(1). <https://doi.org/10.22325/fes/res.2025.255>.

Park, R.J., Behrer, A.P., Goodman, J., 2021. Learning is inhibited by heat exposure, both internationally and within the United States. *Nat Hum Behav* 5, 19–27. <https://doi.org/10.1038/s41562-020-00959-9>

Qiu, X., Danesh-Yazdi, M., Wei, Y., Di, Q., Just, A., Zanobetti, A., Weisskopf, M., Dominici, F., Schwartz, J., 2022. Associations of short-term exposure to air pollution and increased ambient temperature with psychiatric hospital admissions in older adults in the USA: a case–crossover study. *The Lancet Planetary Health* 6, e331–e341. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(22\)00017-1](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(22)00017-1)

Radua, J., De Prisco, M., Oliva, V., Fico, G., Vieta, E., Fusar-Poli, P., 2024. Impact of air pollution and climate change on mental health outcomes: an umbrella review of global evidence. *World Psychiatry Off. J. World Psychiatr. Assoc. WPA* 23, 244–256. <https://doi.org/10.1002/wps.21219>

Rancière, F., Wafo, O., Perrot, X., Momas, I., 2024. Associations between heat wave during pregnancy and term birth weight outcomes: The PARIS birth cohort. *Environ. Int.* 188, 108730. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2024.108730>

Sisodiya, S.M., Gulcebi, M.I., Fortunato, F., Mills, J.D., Haynes, E., Bramon, E., Chadwick, P., Ciccarelli, O., David, A.S., Meyer, K.D., Fox, N.C., Wetton, J.D., Koltzenburg, M., Kullmann, D.M., Kurian, M.A., Manji, H., Maslin, M.A., Matharu, M., Montgomery, H., Romanello, M., Werring, D.J., Zhang, L., Friston, K.J., Hanna, M.G., 2024. Climate change and disorders of the nervous system. *The Lancet Neurology* 23, 636–648. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(24\)00087-5](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(24)00087-5)

Sönmez, D., Hocaoglu, C., 2023. Post-Traumatic Stress Disorder After Natural Disasters: A Review. *Düzce Tıp Fakültesi Derg.* 25, 103–114. <https://doi.org/10.18678/dtfd.1277673>

Stein, P.J.S., Stein, M.A., Groce, N., Kett, M., Akyeampong, E.K., Alford, W.P., Chakraborty, J., Daniels-Mayes, S., Eriksen, S.H., Fracht, A., Gallegos, L., Grech, S., Gurung, P., Hans, A., Harpur, P., Jodoin, S., Lord, J.E., Macanawai, S.S., McClain-Nhlapo, C.V., Mezmur, B.D., Moore, R.J., Muñoz, Y., Patel, V., Pham, P.N., Quinn, G., Sadlier, S.A., Shachar, C., Smith, M.S., Susteren, L.V., 2024. Advancing disability-inclusive climate research and action, climate justice, and climate-resilient development. *The Lancet Planetary Health* 8, e242–e255. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(24\)00024-X](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(24)00024-X)

Thompson, R., Lawrance, E.L., Roberts, L.F., Grailey, K., Ashrafian, H., Maheswaran, H., Toledano, M.B., Darzi, A., 2023. Ambient temperature and mental health: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Planet. Health* 7, e580–e589. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(23\)00104-3](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(23)00104-3)



Todorova, B., Steining, M.O., Lamm, C., Doell, K.C., 2025. Neuroscience and climate action: intersecting pathways for brain and planetary health. *Current Opinion in Behavioral Sciences* 63, 101522. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2025.101522>

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). (2015). *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030*. United Nations. <https://www.undrr.org/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030>

Ünsel-Bolat, G., Yıldırım, S., Kılıçaslan, F., Caparros-Gonzalez, R.A., 2024. Natural Disasters as a Maternal Prenatal Stressor and Children's Neurodevelopment: A Systematic Review. *Behav. Sci.* 14, 1054. <https://doi.org/10.3390/bs14111054>

Vázquez-Lara, M.D., Ruger-Navarrete, A., Mohamed-Abdel-Lah, S., Gómez-Urquiza, J.L., Fernández-Carrasco, F.J., Rodríguez-Díaz, L., Caparros-Gonzalez, R.A., Palomo-Gómez, R., Riesco-González, F.J., Vázquez-Lara, J.M Baharav, Y., Nichols, L., Wahal, A., Gow, O., Shickman, K., Edwards, M., Huffling, K., 2023. The Impact of Extreme Heat Exposure on Pregnant People and Neonates: A State of the Science Review. *J. Midwifery Womens Health* 68, 324–332. <https://doi.org/10.1111/jmwh.13502>

Wang, J., Tong, S., Williams, G., Pan, X., 2019. Exposure to Heat Wave During Pregnancy and Adverse Birth Outcomes: An Exploration of Susceptible Windows. *Epidemiol. Camb. Mass* 30 Suppl 1, S115–S121. <https://doi.org/10.1097/EDE.0000000000000995>

World Meteorological Organization (WMO). (2016). *Integrated Flood Management Tools Series: Public perception of flood risk and social impact assessment*. Stockholm: Global Water Partnership and World Meteorological Organization. <https://www.floodmanagement.info>

Xiang, W., Lyu, K., Li, Y., Yin, B., Ke, L., Di, Q., 2025. Chronic high temperature exposure, brain structure, and mental health: Cross-sectional and prospective studies. *Environ Res* 264, 120348. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.120348>

Zhang, Xiaodi, Liu, H., Wu, X., Jia, L., Gadhave, K., Wang, L., Zhang, K., Li, H., Chen, R., Kumbhar, R., Wang, N., Terrillion, C.E., Kang, B.G., Bai, B., Park, M., Denna, Ma.C.F., Zhang, S., Zheng, W., Ye, D., Rong, X., Yang, L., Niu, L., Ko, H.S., Peng, W., Jin, L., Ying, M., Rosenthal, L.S., Nauen, D.W., Pantelyat, A., Kaur, M., Irene, K., Shi, L., Feleke, R., García-Ruiz, S., Ryten, M., Dawson, V.L., Dominici, F., Weber, R.J., Zhang, Xuan, Liu, P., Dawson, T.M., Han, S., Mao, X., 2025. Lewy body dementia promotion by air pollutants. *Science* 389, eadu4132. <https://doi.org/10.1126/science.adu4132>

7.d.6. Incorporar la perspectiva psicológica y social: integración estructural de la salud mental y protección de poblaciones vulnerables en planes de contingencia climática

Descripción de la propuesta

Para una completa Gestión del Riesgo de Desastres, se trata de anticipar la saturación de los servicios sanitarios y mitigar el impacto psicológico y físico de olas de calor extremo y Desastres Socioambientales, con especial atención a salud mental y mujeres embarazadas. Los eventos climáticos extremos generan una doble vulnerabilidad: impacto en salud mental y riesgos específicos en poblaciones vulnerables (como las embarazadas, las personas mayores, los sin hogar, personas con discapacidad o diversidad funcional). Metaanálisis recientes evidencian que las olas de calor se asocian con mayor conducta suicida y uso de servicios hospitalarios de salud mental (Thompson, 2023), mientras que



revisiones sistemáticas confirman el aumento del riesgo de TEPT tras inundaciones y huracanes (Golitaleb, 2022; Miller, 2024; Sönmez, 2023). La umbrella review de Radua (2024) otorga a esta asociación un grado de evidencia II, esto es que existe consistencia en los hallazgos entre distintos estudios y revisiones y está respaldada por múltiples metaanálisis, aunque no llega a tener una mayor asociación con pruebas experimentales o ensayos clínicos (grado I).

En cuanto a los riesgos específicos en poblaciones vulnerables. Se pueden ver algunos ejemplos más concretos en las propuestas siguientes. Sirva destacar como ejemplo el caso de las embarazadas, en donde estudios recientes muestran que desastres socioambientales y olas de calor durante el embarazo pueden afectar el desarrollo cerebral del feto y aumentar riesgos obstétricos (Ünsel-Bolat, 2024; Wang, 2019; Baharav, 2023). Estos hallazgos exigen medidas preventivas y protocolos específicos.

Acciones clave:

- Protocolos integrados para atención en emergencias climáticas, incorporando pautas psiquiátricas y obstétricas.
- Formación especializada para profesionales sanitarios y de protección civil en gestión de crisis psiquiátricas y atención obstétrica en escenarios extremos.
- Identificación y seguimiento de mujeres embarazadas en zonas de riesgo, con recursos específicos (consultas prioritarias, telemedicina).
- Coordinación interinstitucional mediante estructuras permanentes de protección civil y emergencias, evitando improvisación y sobrecarga asistencial.

Ámbito: Nacional, con adaptación regional y local.

Sectores implicados: Salud, protección civil, emergencias, cambio climático.

Actores clave: Ministerio de Sanidad, MITECO, CCAA, hospitales, colegios profesionales, ONG.

A través de esta medida, se espera una reducción de morbilidad psicológica y obstétrica en población vulnerable, una mejora de la capacidad de respuesta sanitaria ante emergencias climáticas y una disminución del riesgo de colapso asistencial en periodos críticos.

Limitaciones y advertencias

- Falta de protocolos adaptados y recursos humanos suficientes.
- Necesidad de coordinación entre salud mental, obstetricia y protección civil.



Evidencia científica y referencias

Baharav, Y., Nichols, L., Wahal, A., Gow, O., Shickman, K., Edwards, M., Huffling, K., 2023. The Impact of Extreme Heat Exposure on Pregnant People and Neonates: A State of the Science Review. *J. Midwifery Womens Health* 68, 324–332. <https://doi.org/10.1111/jmwh.13502>

Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I., & Wisner, B. (2014). *At risk: Natural hazards, people's vulnerability and disasters*. Routledge.

Golitaleb, M., Mazaheri, E., Bonyadi, M., Sahebi, A., 2022. Prevalence of Post-traumatic Stress Disorder After Flood: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front. Psychiatry* 13, 890671. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2022.890671>

Miller, V.E., Fitch, K.V., Swilley-Martinez, M.E., Agha, E., Alam, I.Z., Kavee, A.L., Cooper, T., Gaynes, B.N., Carey, T.S., Goldston, D.B., Ranapurwala, S.I., Pence, B.W., 2025. Impact of Hurricanes and Floodings on Mental Health Outcomes Within the United States: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Disaster Med. Public Health Prep.* 18, e335. <https://doi.org/10.1017/dmp.2024.327>

Ortiz, G., Aledo, A., Aznar, P., & Olcina, J. (2025). La incorporación de la vulnerabilidad social en la gestión integral del riesgo de inundación. *RES. Revista Española de Sociología*, 34(1). <https://doi.org/10.22325/fes/res.2025.255>.

Radua, J., De Prisco, M., Oliva, V., Fico, G., Vieta, E., Fusar-Poli, P., 2024. Impact of air pollution and climate change on mental health outcomes: an umbrella review of global evidence. *World Psychiatry Off. J. World Psychiatr. Assoc. WPA* 23, 244–256. <https://doi.org/10.1002/wps.21219>

Rancière, F., Wafo, O., Perrot, X., Momas, I., 2024. Associations between heat wave during pregnancy and term birth weight outcomes: The PARIS birth cohort. *Environ. Int.* 188, 108730. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2024.108730>

Sönmez, D., Hocaoglu, C., 2023. Post-Traumatic Stress Disorder After Natural Disasters: A Review. *Düzce Tıp Fakültesi Derg.* 25, 103–114. <https://doi.org/10.18678/dtfd.1277673>

Thompson, R., Lawrance, E.L., Roberts, L.F., Grailey, K., Ashrafian, H., Maheswaran, H., Toledano, M.B., Darzi, A., 2023. Ambient temperature and mental health: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Planet. Health* 7, e580–e589. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(23\)00104-3](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(23)00104-3)

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). (2015). *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030*. United Nations. <https://www.undrr.org/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030>

Ünsel-Bolat, G., Yıldırım, S., Kılıçaslan, F., Caparros-Gonzalez, R.A., 2024. Natural Disasters as a Maternal Prenatal Stressor and Children's Neurodevelopment: A Systematic Review. *Behav. Sci.* 14, 1054. <https://doi.org/10.3390/bs14111054>

Vázquez-Lara, M.D., Ruger-Navarrete, A., Mohamed-Abdel-Lah, S., Gómez-Urquiza, J.L., Fernández-Carrasco, F.J., Rodríguez-Díaz, L., Caparros-Gonzalez, R.A., Palomo-Gómez, R., Riesco-González, F.J., Vázquez-Lara, J.M Baharav, Y., Nichols, L., Wahal, A., Gow, O., Shickman, K., Edwards, M., Huffling, K., 2023. The Impact of Extreme Heat Exposure on Pregnant People and Neonates: A State of the Science Review. *J. Midwifery Womens Health* 68, 324–332. <https://doi.org/10.1111/jmwh.13502>

Wang, J., Tong, S., Williams, G., Pan, X., 2019. Exposure to Heat Wave During Pregnancy and Adverse Birth Outcomes: An Exploration of Susceptible Windows. *Epidemiol. Camb. Mass* 30 Suppl 1, S115–S121. <https://doi.org/10.1097/EDE.0000000000000995>



World Meteorological Organization (WMO). (2016). *Integrated Flood Management Tools Series: Public perception of flood risk and social impact assessment*. Stockholm: Global Water Partnership and World Meteorological Organization. <https://www.floodmanagement.info>

7.d.7. Incorporar la perspectiva psicológica y social en poblaciones vulnerables: salud mental en la infancia y la juventud. Atención psicosocial a las dimensiones emocionales de la emergencia

Descripción de la propuesta

En todas las fases de un proceso de emergencia, las emociones cobran gran importancia, desde la preparación emocional ante un posible evento hasta la recuperación emocional. La literatura señala que la ecoansiedad (sentimiento de impotencia y desesperanza ante la imposibilidad de prevenir el cambio climático catastrófico) es un problema para la salud mental de niñas, niños y jóvenes. Frente a esto, existen evidencias de los efectos positivos de fomentar el sentido de la autoeficacia y la eficacia colectiva; los procesos de participación autorreflexiva parecen fomentar el bienestar, capacidad de acción y confianza. De hecho, el abordaje de estas temáticas en sesiones formativas y de prevención de riesgo de desastres con niños, niñas y jóvenes no parece aumentar el estrés y el miedo en ellas y ellos, más bien fomentan la seguridad y confianza.

Acciones clave:

A medida que los fenómenos climáticos aumentan en frecuencia, intensidad y duración, sería oportuno que los servicios de salud mental deberían adaptarse a esta realidad. Se recomienda:

- Reforzar la infraestructura de salud mental con especialización en infancia y emergencias que apoyen y aumenten la resiliencia ante los impactos psicológicos de las emergencias. Estos servicios pueden trabajar con niños, niñas y jóvenes (considerando su diversidad) para diseñar conjuntamente estrategias culturalmente seguras y adecuadas a los contextos específicos.
- Garantizar la presencia de profesionales y ofrecer acompañamiento (psicológico, terapéutico, educativo y comunitario) para procesar las emociones y el impacto de la emergencia.
- Promover el apoyo entre iguales: generar espacios comunitarios y de apoyo entre iguales para la detección de necesidades emocionales, psicológicas y relacionales, donde se pueda hablar, generar y fortalecer.



Formar a jóvenes para que trabajen entre iguales en el acompañamiento emocional.

- Incluir métodos creativos para la expresión emocional: generar espacios de creatividad, expresión y creación, utilizar medios como la fotografía, el dibujo, el teatro comunitario como herramienta clave para gestionar el trauma, especialmente para niños y niñas pequeñas, pero no solo.
- Facilitar la participación de jóvenes en las acciones de respuesta y reconstrucción: escuchar y facilitar la voluntad de los y las jóvenes de contribuir al proceso, reconocer su contribución como voluntarios/as que tiene, además, impactos positivos para su recuperación emocional.
- Seguimiento de la salud mental a largo plazo: desarrollar planes de planes de seguimiento a largo término, puesto que el impacto mental de la emergencia a menudo se visualiza entre 6 y 12 meses después. En este sentido es operativo reconocer una perspectiva de “desastre lento”; se recomienda que la asistencia y el apoyo formen parte del sistema de Protección Civil a largo plazo.

Limitaciones y advertencias

La efectividad depende de recursos estables y personal especializado en infancia y emergencias; sin financiación plurianual, los dispositivos se vuelven episódicos. Puede haber sobrecarga de servicios si no se integran salud, educación y protección social con rutas claras de derivación. La participación juvenil requiere salvaguardas para evitar tokenismo y no retraumatizar; los métodos creativos deben ser voluntarios y culturalmente seguros. Es clave asegurar equidad territorial (rural/urbano) y accesibilidad para colectivos vulnerables; de lo contrario, la intervención amplía brechas. El seguimiento a largo plazo puede diluirse si no hay indicadores e interoperabilidad de datos; y la coordinación con Protección Civil debe evitar duplicidades y clarificar roles durante crisis.

Evidencia científica y referencias

Diffey, J., Wright, S., Uchendu, J. O., Masithi, S., Olude, A., Juma, D. O., ... & Lawrance, E. (2022). “Not about us without us”—the feelings and hopes of climate-concerned young people around the world. *International Review of Psychiatry*, 34(5), 499-509, doi: 10.1080/09540261.2022.2126297.

Fothergill, A., & Peek, L. (2015). *Children of Katrina*. University of Texas Press, <https://utpress.utexas.edu/9781477305461/>.

Garcia, D. M., & Sheehan, M. C. (2016). Extreme Weather-driven Disasters and Children's Health. *International journal of health services: planning, administration, evaluation*, 46(1), 79-105. <https://doi.org/10.1177/0020731415625254>



Godden, N. J., Farrant, B. M., Yallup Farrant, J., Heyink, E., Carot Collins, E., Burgemeister, B., Tabeshfar, M., Barrow, J., West, M., Kieft, J., Rothwell, M., Leviston, Z., Bailey, S., Blaise, M., & Cooper, T. (2021). Climate change, activism, and supporting the mental health of children and young people: Perspectives from Western Australia. *Journal of Paediatrics and Child Health*, 57(11), 1759-1764. <https://doi.org/10.1111/jpc.15649>

Hickman, C., Marks, E., Pihkala, P., Clayton, S., Lewandowski, R. E., Mayall, E. E., ... & Van Susteren, L. (2021). Climate anxiety in children and young people and their beliefs about government responses to climate change: a global survey. *The Lancet Planetary Health*, 5(12), e863-e873, doi: 10.1016/S2542-5196(21)00278-3.

Mizuki, R., Kobayashi, T. & Maeda, M. (2021). Disruption of Child Environments and Its Psychological Consequences After the Fukushima Disaster: a Narrative Review Based on the Ecological Systems Model. *Curr Psychiatry Rep* 23, 49 <https://doi.org/10.1007/s11920-021-01263-7>

Mutch, C. (2013), "Sailing through a river of emotions": Capturing children's earthquake stories, *Disaster Prevention and Management*, 22(5), 445–55.

Park, W., Grace, M., Hutton, C. et al. (2025). Science Education in an Age of Unnatural Disasters: An Introduction to the Special Issue. *Sci & Educ* 34, 957–967. <https://doi.org/10.1007/s11191-025-00652-1>

Rodríguez, I., López, D. Arenas, M. Guin, E., González, S. (2018) Policy Brief La participación como herramienta para la resiliencia de niños y jóvenes ante situaciones de desastre <https://ec.europa.eu/research/participants/documents/downloadPublic?documentIds=080166e5bbc8ac74&appld=PPGMS>

Sanson, A.V., Van Hoorn, J. and Burke, S.E.L. (2019), Responding to the Impacts of the Climate Crisis on Children and Youth. *Child Dev Perspect*, 13: 201-207. <https://doi.org/10.1111/cdep.12342>

Van Nieuwenhuizen, A., Hudson, K., Chen, X., & Hwong, A. R. (2021). The Effects of Climate Change on Child and Adolescent Mental Health: Clinical Considerations. *Current Psychiatry Reports*, 23(12), 88. <https://doi.org/10.1007/s11920-021-01296-y>

7.d.8. Protección de la infancia en situaciones de emergencia

Descripción de la propuesta

La literatura científica muestra que situaciones de emergencia y desastres pueden incrementar la vulnerabilidad ante los abusos y la violencia contra niños y niñas. Las causas de este incremento se relacionan con la desintegración de sistemas de protección infantil y servicios sociales, dificultando la prevención y denuncia; el incremento del estrés económico y emocional en las familias; y la separación de las personas adultas cuidadoras de referencia y cambios en la supervisión, especialmente en albergues temporales o desplazamientos. Las niñas suelen estar más expuestas a violencia sexual y los niños a violencia física. Frente a esto, se recomiendan las siguientes acciones clave:

- Fortalecer los sistemas de protección infantil antes, durante y después de emergencias, asegurando la continuidad de servicios y mecanismos de denuncia.



- Apoyar a las familias con recursos económicos, apoyo psicosocial y programas de manejo del estrés para reducir factores de riesgo.
- Capacitar a personal humanitario y comunitario en identificación y respuesta ante la violencia infantil y de género.
- Promover la participación infantil en la preparación y respuesta a desastres, y adaptar las intervenciones a distintos contextos culturales.
- Monitorizar y recoger datos para identificar pautas de riesgo y evaluar la efectividad de las intervenciones.

Limitaciones y advertencias

La eficacia depende de financiación sostenida, plantillas estables y protocolos activables en crisis. Sin ello, los servicios se interrumpen justo cuando más se necesitan. Persisten brechas de detección y denuncia por colapso institucional, falta de datos desagregados y barreras de acceso (idioma, desplazamiento, discapacidad, estatus migratorio). En albergues y traslados, riesgos de revictimización y confidencialidad mal gestionada pueden disuadir a niños y cuidadores de pedir ayuda. La formación acelerada sin supervisión y autocuidado incrementa burnout y rotación de personal. La coordinación multiagencia puede fallar si no hay mandatos claros, interoperabilidad y rutas seguras de derivación. Programas mal diseñados corren el riesgo de culpabilizar a familias o imponer modelos culturales, por lo que se requieren enfoques centrados en derechos, sensibles al contexto y evaluados con métricas éticas y participación infantil real.

Evidencia científica y referencias

Cerna-Turoff, I., Fischer, H.-T., Mansourian, H., & Mayhew, S. (2021). The pathways between natural disasters and violence against children: A systematic review. *BMC Public Health*, 21(1), 1249. <https://doi.org/10.1186/s12889-021-11252-3>

Börner, S. (2023). Emotions matter: EMPOWER-ing youth by integrating emotions of (chronic) disaster risk into strategies for disaster preparedness. *International journal of disaster risk reduction*, 89, 103636, <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2023.103636>.

Datzberger, S., Howard-Merrill, L., Parkes, J., & Iorfa, S. K. (2024). How do extreme weather events contribute to violence against children? *Child abuse & neglect*, 158, 107093. <https://doi.org/10.1016/j.chiabu.2024.107093>

Seddighi, H., Salmani, I., Javadi, M., & Seddighi, S. (2021). Child Abuse in Natural Disasters and Conflicts: A Systematic Review. *Trauma, Violence, & Abuse*, 22, 176 - 185. <https://doi.org/10.1177/1524838019835973>.

Thurston, A., Stöckl, H., & Ranganathan, M. (2021). Natural hazards, disasters and violence against women and girls: a global mixed-methods systematic review. *BMJ Global Health*, 6. <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2020-004377>.



Usher, K., Jones, C., Bhullar, N., Durkin, J., Gyamfi, N., Fatema, S., & Jackson, D. (2021). COVID-19 and family violence: Is this a perfect storm?. *International Journal of Mental Health Nursing*, 30, 1022 - 1032. <https://doi.org/10.1111/inm.12876>.

7.d.9. Prevenir las violencias machistas en situaciones críticas

Descripción de la propuesta

Acciones clave:

1. Establecer fondos nacionales y autonómicos específicos para la respuesta inmediata y la prevención de la violencia de género en contextos de emergencia, con financiación sostenida y mecanismos de evaluación del impacto (Epstein et al., 2020; Houghton, 2009; Rezwana & Pain, 2020; UNFCCC, 2015; Clissold & McNamara, 2022; Drolet et al., 2015).
2. Desarrollar protocolos operativos obligatorios que incluyan prevención de violencia de género, seguimiento de mujeres vulnerables en las zonas afectadas, detección temprana de riesgos y gestión segura de refugios (Sakurai et al., 2017; Sloand et al., 2017; True, 2013; Thurston et al., 2021).
3. Asegurar la continuidad de los servicios psicosociales, legales y sanitarios, priorizando la atención inmediata y la provisión de servicios mínimos esenciales (Epstein et al., 2020; Rezwana & Pain, 2020; Houghton, 2009).
4. Incorporar protocolos y mecanismos de protección ante el aumento de violencias machistas durante emergencias, asegurando servicios accesibles, especializados y coordinados (atención médica, psicológica, legal y social).
5. Diseñar canales seguros de denuncia y comunicación accesible, adaptados a contextos de emergencia y a personas con diversidad funcional (Sanz-Barbero et al., 2018; True, 2013).
6. Garantizar refugios y espacios seguros, con privacidad, accesibilidad universal e iluminación adecuada, y personal capacitado para prevenir la violencia machista (Sanz-Barbero et al., 2018; Sakurai et al., 2017; Sloand et al., 2017).
7. Implementar medidas específicas para prevenir trata, explotación sexual y prostitución, con atención prioritaria a adolescentes, mujeres embarazadas, hogares monoparentales y personas con diversidad funcional (Parzniewski et al., 2025; Tadesse et al., 2024; Cocina-Díaz et al., 2025; Kasherwa et al., 2025).
8. Implementar formación obligatoria en violencia de género y derechos humanos para personal sanitario, cuerpos de seguridad y equipos de emergencia, asegurando la detección precoz y la atención inclusiva (Fothergill, 1996; Pérez-Gañán et al., 2023; Juran, 2012).



Limitaciones y advertencias

La efectividad de los protocolos depende de su integración real en los planes de emergencia, lo que requiere formación continua y sensibilización del personal implicado. Garantizar canales seguros y accesibles de denuncia en contextos de crisis implicaría infraestructura tecnológica y logística que no siempre está disponible, especialmente en zonas rurales o afectadas por desastres. Se recomienda que la evaluación del impacto contemple indicadores sensibles al género y a la diversidad funcional.

Evidencia científica y referencias

La evidencia científica confirma una estrecha relación entre desastres (sequías, inundaciones, ciclones, olas de calor y terremotos) y violencia contra las mujeres en los territorios afectados, agresiones y explotación sexual, sin importar el nivel de desarrollo del país (Masson et al., 2016; Mittal & Singh, 2020).

Durante y después de los desastres, la interrupción de los servicios de ayuda y la sobrecarga de los sistemas de seguridad y justicia crean condiciones que favorecen la persistencia, la impunidad y el aumento de la violencia (Fatema et al., 2021; Johnson et al., 2024; Stark, Seff & Reis, 2021; Van Daalen et al., 2022).

Los eventos extremos aumentan las violencias machistas —física, sexual y económica—, especialmente en contextos con falta de servicios de protección o coordinación institucional (Masson et al., 2016; Mittal & Singh, 2020).

Durante la Dana en la Comunidad de Valencia las denuncias por violencia de género aumentaron un 6,4%, frente a la bajada nacional del 11,9% (Mattera, 2025).

Los desastres generan nuevas formas de agresión derivadas de la escasez de recursos, la inseguridad en refugios temporales y el colapso de las redes de apoyo (Fontanil et al., 2022; Rezwana & Pain, 2021).

La violencia de género, sexual, explotación y trata se intensifica durante desastres socioambientales y emergencias climáticas debido a la inseguridad en refugios, desabastecimiento de recursos esenciales y ausencia de mecanismos efectivos de protección (Aryanti & Muhlis, 2020; Fontanil et al., 2022; Rezwana & Pain, 2021).

Estos eventos generan estrés económico, pérdida de medios de vida, desplazamientos y debilitamiento de redes de apoyo, intensificando la exposición a violencia de género y sexual, así como a procesos de



desigualdad estructural (Epstein et al., 2020; Rezwana & Pain, 2020; True, 2013).

Los impactos de los desastres son duraderos y atraviesan contextos culturales y socioeconómicos diversos, evidenciando la necesidad de integrar la perspectiva de género en la planificación y gestión de emergencias (Thurston et al., 2021; True, 2013).

Las políticas y protocolos de emergencia suelen carecer de medidas específicas de protección para mujeres, aumentando su vulnerabilidad frente a desastres y emergencias climáticas (Fothergill, 1996; Pérez-Gañán et al., 2022).

7.d.10. Reducir la segregación de género horizontal en los medios técnicos y humanos

Descripción de la propuesta

Acciones clave:

1. Promover la contratación paritaria de mujeres y personas del colectivo LGTBI de los territorios afectados en roles profesionales, de decisión y en la gestión de desastres, incluyendo formación y participación en todas las fases del ciclo del desastre (prevención, preparación, respuesta y recuperación).
2. Implementar programas de formación ambiental con perspectiva de género e interseccional, con becas, mentorías y redes, reduciendo la segregación horizontal de género en silvicultura sostenible, economía verde, gestión forestal y otras disciplinas afines.

La participación activa de mujeres de las zonas afectadas en la gestión de desastres mejora la resiliencia individual, familiar y comunitaria, especialmente en tareas de rescate, protección de dependientes y coordinación de recursos.

Los desastres impactan de manera diferencial según el género y otros factores interseccionales, aumentando la vulnerabilidad de mujeres y colectivos históricamente discriminados.

Incorporar la perspectiva de género en la gobernanza de emergencias en todas las fases aumenta la eficacia institucional y fortalece la recuperación comunitaria tras eventos climáticos extremos.

Limitaciones y advertencias



La eficacia de la medida depende de acompañar la contratación paritaria con formación técnica específica, recursos y poder real de decisión, evitando enfoques simbólicos. Existen brechas de capacitación y resistencias culturales en sectores técnicos que pueden limitar la participación efectiva, por lo que se requieren programas de mentoría, conciliación y sensibilización institucional. Además, la falta de indicadores y financiación estable podría dificultar el seguimiento y la sostenibilidad de los avances en igualdad y diversidad.

Evidencia científica y referencias

Afriyie, K., Ganle, J. K., & Santos, E. (2018). The gendered vulnerability and resilience nexus: Perspectives from flood-affected communities in Ghana. *Climate and Development*, 10(1), 84–93. <https://doi.org/10.1080/17565529.2017.1291403>

Alston, M. (2014). Gender mainstreaming and climate change. *Women's Studies International Forum*, 47(B), 287–294. <https://doi.org/10.1016/j.wsif.2013.01.016>

Enarson, E. (2001). What women do: Gendered labor in the Red River Valley flood. *Environmental Hazards*, 3(1), 1–18. <https://doi.org/10.3763/ehaz.2001.0301>

Enarson, E. (2012). *Women confronting natural disaster: From vulnerability to resilience*. Lynne Rienner Publishers.

Fothergill, A. (1999). Women's roles in a disaster. *Applied Behavioral Science Review*, 7(2), 125–143. <https://doi.org/10.1177/106939719900700203>

Hou, W., & Wu, X. (2020). Women's empowerment and community resilience to disasters: Evidence from rural China. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 45, 101481. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101481>

James, R., Lewis, S., & Rao, N. (2023). Gender equality in climate-resilient development: Evidence and policy pathways. *World Development*, 161, 106102. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2022.106102>

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2007). *Gender mainstreaming: A key driver of development in environment and energy*. United Nations Development Programme.

Rao, N., Lawson, E. T., Raditloaneng, W. N., Solomon, D., & Angula, M. N. (2019). Gendered vulnerabilities to climate change: Insights from the semi-arid regions of Africa and Asia. *Climate and Development*, 11(1), 14–26. <https://doi.org/10.1080/17565529.2017.1372266>

Ravera, F., Iniesta-Arandia, I., Martín-López, B., Pascual, U., & Bose, P. (2016). Gender perspectives in resilience, vulnerability and adaptation to global environmental change. *Ambio*, 45(3), 235–247. <https://doi.org/10.1007/s13280-016-0842-1>

UNISDR (United Nations Office for Disaster Risk Reduction). (2015). *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030*. United Nations. <https://www.undrr.org>

Villarreal, M., & Meyer, M. A. (2020). Rural women's climate leadership: Building community resilience in Latin America. *Gender & Development*, 28(3), 547–563. <https://doi.org/10.1080/13552074.2020.1822945>



Yoosefi Lebni, J., Ziapour, A., Mehedi, N., Qorbani, M., & Irandoost, S. F. (2020). The role of women in natural disasters: A qualitative study in Iran. *BMC Public Health*, 20, 1832. <https://doi.org/10.1186/s12889-020-09930-8>

7.d.11. Crear un Cuerpo Técnico Facultativo de Prevención y Protección Civil Climática

Descripción de la propuesta

Se propone crear un Cuerpo Técnico Facultativo con estructura nacional y despliegue regional, interdisciplinar (geología, hidrología, meteorología, ecología, ingeniería, salud pública, logística) para anticipar, gestionar y aprender de cada episodio climático extremo, integrado con Protección Civil y redes científicas nacionales, con funciones de:

- Conocimiento sistemático del medio (cartografías de peligro, vigilancia instrumental, modelización) y gestión de datos interoperables para decisiones operativas, en línea con el Sendai Framework (prioridades 1 y 2: conocimiento y gobernanza del riesgo).
- Prevención y anticipación: integración con AEMET y redes de observación (WMO/GCOS) para alertas multirriesgo (EW4All); diseño de umbrales de activación, protocolos de evacuación/contingencia y evaluación de impacto.
- Capacidades móviles y de campo: equipos de intervención rápida con laboratorios móviles para evaluación ambiental y sanitaria, instalación de sensores y apoyo logístico
- Recursos estratégicos: gestión de almacenes/*stockpiles* (energía, comunicaciones, material sanitario) y el acceso a reservas europeas (rescEU) para incendios, inundaciones y CBRN.
- Interdisciplinariedad operativa: equipos mixtos (obra pública, geotecnia, hidrología, evaluación estructural, salud pública, logística) con niveles mínimos permanentes de medios humanos y materiales por tipología de riesgo.
- Planificación sanitaria: coordinación con la Agencia Estatal de Salud Pública y servicios de salud para escalabilidad de recursos críticos (UCI, transporte sanitario, personal), lección aprendida en COVID-19 (incremento de camas, personal y circuitos).
- Cuerpo estable de respuesta comunitaria y profesional (mixto): integración de voluntariado acreditado (formación y certificación permanentes) con profesionales, siguiendo la evidencia sobre sistemas de alerta participativos y ciencia ciudadana.



La propuesta busca mejorar la capacidad de prevención y respuesta ante emergencias mediante una coordinación profesionalizada y técnicamente cualificada de los servicios de Protección Civil en todos los niveles administrativos. Se propone que la coordinación de los servicios de Protección Civil del Estado, de las comunidades autónomas y de los municipios de más de 20.000 habitantes sea ejercida por técnicos con formación específica en prevención de riesgos y gestión de emergencias. Se recomienda extender este requisito progresivamente a los municipios de menor tamaño, fortaleciendo así la respuesta territorial y la coherencia de la planificación del riesgo.

Mecanismos de implementación:

La medida requiere de reformas y negociación con función pública y de procesos de oposición, así como la actualización de los criterios de designación y formación de los responsables de coordinación.

Ámbito: Nacional con despliegue regional/local.

Sectores implicados: Protección Civil, meteorología, salud pública, medio ambiente, infraestructuras.

Actores clave: Interior/DGPCE, AEMET, Ministerio de Sanidad, MITECO, IGME-CSIC, CCAA, ayuntamientos, universidades/centros tecnológicos.

La medida permitirá una gestión más eficaz y técnica de las emergencias, reduciendo la vulnerabilidad institucional y mejorando la capacidad de respuesta coordinada ante desastres. Se espera una (1) Mayor anticipación (MHEWS) y reducción de pérdidas; (2) respuesta más rápida por preposicionamiento y uso de reservas; (3) mejor coordinación ciencia-operaciones; (4) aprendizaje sistemático “después de la acción”.

Limitaciones y advertencias:

- Se apoya en la existencia de un marco normativo y financiación para plantilla, equipamiento y stockpiles.
- Conviene evitar solapamientos con estructuras existentes (Protección Civil, UME, BRIF) mediante convenios e interoperabilidad.
- La interdisciplinariedad exige inversión en capacidades de trabajo en equipo y evaluación continua de competencias.

Evidencia científica y referencias

United Nations. (2024). *Implementation of the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030: Report of the Secretary-General (A/79/268)*. United Nations Digital Library. https://digitallibrary.un.org/record/4060256/files/A_79_268-EN.pdf



Mushasha, R., Paez Jimenez, A., Dolmazon, V., Baumann, J., & Jansen, A. (2024). Existing operational standards for field deployments of rapid response mobile laboratories: A scoping review. *Frontiers in Public Health*, 12, 1455738. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1455738>

European Commission. (2021–2025). *EU Stockpiling Strategy and rescEU: Medical, energy and CBRN reserves*. European Civil Protection and Humanitarian Aid Operations. <https://civil-protection-humanitarian-aid.ec.europa.eu>

Ge, Y., et al. (2019). Building interdisciplinary disaster response teams: A review. *Risk Analysis*, 39(8), 1693–1708. <https://doi.org/10.1111/risa.13280>

Morgan, S. E., et al. (2021). Team development interventions for interdisciplinary disaster response teams. *Journal of Clinical and Translational Science*, 5(1), e123. <https://doi.org/10.1017/cts.2021.123>

Carlson J. Finalizing emergency management professionalization in 2024. *J Emerg Manag.* 2024 May-Jun;22(3):225-234. doi: 10.5055/jem.0866. PMID: 39017596.

Gray, J. R. (2019). Professionalization of emergency management: Are we our own worst enemy? *Journal of Emergency Management*, 17(2), 136–138. <https://doi.org/10.5055/jem.2019.0405>

7.d.12. Reforzar la función de los consorcios y/o asociaciones de Voluntarios Civiles de Protección Civil, la colaboración con colegios profesionales y la activación y participación de los reservistas de las Fuerzas Armadas y de las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado, reforzar su papel en las emergencias y avanzar en su capacitación, con el fin de adquirir conocimiento específico para atender las necesidades en situaciones de emergencia

Descripción de la propuesta

Se propone reformar el marco normativo para definir con mayor precisión las funciones de los consorcios y asociaciones de voluntarios de Protección Civil, ampliando su ámbito de actuación más allá de la respuesta a la emergencia hacia la prevención, la coordinación del Cuerpo de Voluntarios Civiles y su plena integración en el sistema estatal de protección civil. La medida contempla la formación de los responsables en la Escuela Nacional de Protección Civil (ENPC) y la capacitación de los miembros voluntarios por parte de las Comunidades Autónomas. Esta reforma legislativa permitirá optimizar la coordinación entre la sociedad civil y los recursos públicos, y reforzar la capacidad local de preparación y respuesta.

La propuesta plantea reforzar el papel de las asociaciones de voluntarios de Protección Civil, cuya intervención es fundamental a escala local durante las emergencias, en coordinación con las fuerzas de seguridad y los servicios sanitarios. Se puede avanzar así en La norma ISO 22319:2017, Seguridad y resiliencia - Resiliencia comunitaria - Directrices para la planificación de la participación de voluntarios espontáneos, norma internacional desarrollada por



el ISO/TC 292 Seguridad y resiliencia¹ y publicada por la Organización Internacional de Normalización² en 2017 que propone directrices para la gestión de voluntarios espontáneos en emergencias, estableciendo principios útiles para regular organizaciones de voluntariado.

Actualmente, estas asociaciones presentan funciones limitadas y de carácter difuso, y en muchos casos carecen de formación específica, especialmente en los municipios de menos de 20.000 habitantes que constituyen la mayoría del territorio. Se propone regular de forma más clara y homogénea sus funciones, ampliando sus competencias más allá de la respuesta a la emergencia para incluir también la prevención, la coordinación del Cuerpo de Voluntarios Civiles, su integración en el Sistema Nacional de Protección Civil y el fortalecimiento de la formación, tanto de los responsables —a través de la Escuela Nacional de Protección Civil (ENPC)— como de los miembros voluntarios, mediante programas formativos impulsados por las Comunidades Autónomas. La ampliación de estas funciones puede implicar la reforma del marco legislativo vigente, con el fin de consolidar un sistema de voluntariado más capacitado, coordinado y eficaz, con posibilidad de tener un sistema escalonado de competencias voluntarias desde tareas auxiliares hasta tareas de mando, según formación y grado. En este caso serían los concededores del terreno y tendrían que ser los indicadores para guiar a las unidades de extinción externas por los caminos.

Asimismo, conviene reforzar la colaboración con colegios profesionales mediante convenios, acuerdos y otra clase de instrumentos para favorecer su participación en actividades formativas, instrucción técnica, intercambio de conocimientos para la gestión de la emergencia y otros.

En todo caso, en numerosos dispositivos autonómicos y locales, el modelo actual combina personal profesional y personal voluntario que percibe compensaciones por disponibilidad. Sin embargo, la evidencia acumulada en informes operativos de diferentes campañas tales como el *WMO Sand and Dust Storm Warning Advisory System 2023*, el Informe EFFIS 2022–2023 (Copernicus-Wildfire), o los análisis comparados de *FAO FRA Fire Management Review*, indica que existe una brecha relevante entre la disponibilidad teórica y la participación efectiva en los frentes de incendio, lo que reduce la capacidad operativa real y genera una falsa percepción de robustez del dispositivo. Por tanto, la eficacia de los sistemas de extinción depende críticamente de la movilización efectiva, la profesionalización, la capacidad de despliegue, y la coherencia entre recursos declarados y recursos realmente operativos.

¹ <https://www.iso.org/committee/5259148.html>

² <https://www.iso.org/home.html>



Por último, se puede reforzar la activación por parte de las Fuerzas Armadas de Seguridad (FAS) de los reservistas del ejército como apoyos adicionales para atajar la emergencia. Los reservistas podrían ver reforzado su papel con su conocimiento y experiencias y podría valorarse su presencia en la mesa de coordinación, incluso sirviendo para méritos en su escala.

Acciones clave:

- Regular el marco competencial y funcional del voluntariado de protección civil, especialmente en municipios menores de 20.000 habitantes.
- Fortalecer la formación técnica, tanto a través de la Escuela Nacional de Protección Civil como mediante programas regionales, apoyados por colegios profesionales y entidades como ITJ o CIUDEN en zonas despobladas.
- Establecer protocolos de colaboración con colegios profesionales (ingenieros, arquitectos, notarios, abogados) como entidades habilitadas para instrucción técnica o verificación documental exprés en el territorio, reduciendo así la burocracia en la activación de medios.
- Reforzar la participación de los reservistas mediante activación de las FAS, aprovechando su formación logística y capacidad de movilización rápida. Esta participación sería reconocida como mérito específico en procesos internos de ascenso, conforme a los artículos 3 y 5 de la Ley 17/1999 y al Real Decreto 383/2011.
- Garantizar mecanismos obligatorios de evaluación del desempeño operativo de brigadas y personal voluntario activado en incendios forestales, con auditorías del uso y capacitación de medios humanos, garantizando la trazabilidad de la movilización real, la participación efectiva y el cumplimiento de estándares mínimos de formación, aptitud y activación. La compensación económica por disponibilidad quedará condicionada al desempeño verificable, conforme a criterios técnicos homogéneos para todo el territorio. Podría elaborarse un Índice de Capacidad Operativa Real (ICOR) por comarca o zona de alto riesgo que permita anticipar déficits de respuesta en escenarios climáticos extremos, alineado con IPCC AR6 WGII (capítulo de riesgo y resiliencia climática) y estándares internacionales de gestión de emergencias. Este índice permitiría medir la brecha entre recursos declarados y efectivos y anticipar déficits en eventos extremos.
- Priorizar la financiación del sistema mediante líneas específicas del fondo de respuesta inmediata climática (Eje 6), con posibilidad de prefinanciación rápida y justificación a posteriori.
- Permitir que entidades técnicas como colegios profesionales (ingenieros, arquitectos), universidades o fundaciones científicas actúen como organismos instrucción/asesoría técnica local, supervisando la calidad del voluntariado y adaptando capacitación a riesgos locales.



- Diseñar módulos formativos modulares (presencial y virtual) que puedan ser desplegados en litoral, montaña, zonas áridas según riesgo climático local.
- Sistema escalonado de competencias voluntarias: desde tareas auxiliares hasta tareas de mando, según formación y grado.
- Introducir cláusulas de evaluación ex post y rendición de cuentas: si una asociación voluntaria incumple protocolos, podría perder acceso a recursos del fondo estatal.

Modelos similares operan ya en Austria y se encuentran en desarrollo en el Reino Unido a través del Civilian Reserve.

También los hay en España, con diversidad de relaciones, algunas de consorcios/asociaciones de voluntarios y otras con convenios de colaboración con colegios profesionales. Por ejemplo:

- Grupo de Intervención Social en Emergencias (GISEMA) – Colegio Oficial de Trabajo Social de Málaga³. Grupo creado dentro del colegio profesional que agrupa profesionales de trabajo social con funciones en emergencias y catástrofes. Se encargan de definir las funciones del trabajador social colegiado en emergencias, capacitación especializada, protocolo de activación y coordinación con administraciones. Este grupo sirve como un modelo de comité de emergencias específico de un colegio profesional, aunque está centrado en una disciplina concreta (Trabajo Social), no en coordinación técnica integral.
- Grupo de Intervención Psicológica en Emergencias y Catástrofes (GIPED) – Colegios de Psicología. Algunos colegios de psicología tienen grupos internos específicos de emergencia, establecidos con reglamento interno y activación coordinada para catástrofes. Por ejemplo, el Colegio Oficial de Psicología de Ceuta creó este grupo en 2010⁴ con regulación interna. Operan como estructura colegial de emergencia para intervención psicológica profesional.
- Convenio Colegio de Ingenieros de Caminos Málaga – voluntarios en emergencias. No es exactamente un comité interno, pero representa una institucionalización de participación colegial en emergencias. El Ayuntamiento de Málaga y el Colegio Oficial de Ingenieros de Caminos firmaron un convenio⁵ para movilizar ingenieros voluntarios en casos de emergencia para apoyar infraestructuras municipales. Este tipo de acuerdo muestra que los colegios profesionales pueden asumir roles técnicos voluntarios en emergencias municipales coordinadas.

³ <https://www.trabajosocialmalaga.org/comision-de-emergencias>

⁴ <https://www.cop.es/Emergencias/NEWSLETTER2-JULIO2024.html>

⁵ <https://www.malaga.eu/el-ayuntamiento/notas-de-prensa/detalle-de-la-nota-de-prensa/index.html?id=173139>



- El Consejo de Ingeniería en Emergencias (CIE)⁶ es un órgano consultivo de la Comunidad de Castilla y León, impulsado por el Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas de Castilla y León (CitopcyL). Su objetivo es proporcionar asesoramiento multidisciplinar de expertos a administraciones y empresas en materia de emergencias y catástrofes.

Ámbito: Nacional, con despliegue regional/local en zonas de riesgo.

Sectores implicados: Emergencias, meteorología, educación, medio ambiente.

Actores clave: AEMET, Protección Civil, MITECO, CCAA, ayuntamientos, universidades, ONG.

Limitaciones y advertencias

- Requiere coordinación interadministrativa y protocolos claros para evitar duplicidades.
- Necesidad de formación continua para garantizar calidad en datos y mensajes.
- La implantación de un sistema de evaluación operativa podría generar resistencias en organizaciones con fuerte arraigo del voluntariado tradicional. También puede requerir adaptación de la normativa autonómica en materia de Protección Civil y gestión forestal. Sin embargo, estas limitaciones no invalidan la necesidad del control operativo, puesto que la evidencia científica concluye que sin mecanismos verificables de desempeño la estructura de extinción pierde eficacia y aumenta la exposición al riesgo sistémico.
- Riesgo de desmotivación si no se establecen incentivos y reconocimiento social.

Evidencias científicas y referencias

Documento oficial⁷ que plantea el desarrollo de una reserva civil (civilian reserve) para mejorar la preparación ante emergencias. Se propone que esta reserva actúe de forma voluntaria y estructurada, con procesos de formación, activación y roles definidos en situaciones de desastre.

Nahkur, O., Orru, K., Hansson, S., Jukarainen, P., Myllylä, M., Krüger, M., Max, M., Savadori, L., Nævestad, T.-O., Frislid Meyer, S., Schieffeler, A., Olson, A., Lovasz, G., Rhinard, M., 2022. The engagement of informal volunteers in disaster management in Europe. *Int. J. Disaster Risk Reduct.* 83, 103413. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.103413>

⁶ <https://citopcyL.es/consejo-de-ingenieria-en-emergencias/>

⁷ <https://nationalpreparednesscommission.uk/publications/building-preparedness-through-a-civilian-reserve/>



Este estudio analiza cómo los voluntarios informales pueden integrarse en la gestión de desastres, señalando cautelas institucionales que las autoridades suelen tener ante su implicación, y los retos para su coordinación formal

Penker, M., Mühlmann, P., Muhar, A., 07/2. Volunteering for land care-A typology of civil society organizations in Austria, Germany and Switzerland as the basis for establishing new initiatives. *J. Prot. Mt. Areas Res. Manag.* 6/2, 21–28. <https://doi.org/10.1553/ecomont-6-2s21>

Este estudio analiza organizaciones voluntarias estructuradas (no emergencias) en Europa central, con estructuras formales, roles definidos y vinculación institucional.

Palsa, E., Bauer, M., Evers, C., Hamilton, M., Nielsen-Pincus, M., 2022. Engagement in local and collaborative wildfire risk mitigation planning across the western U.S.-Evaluating participation and diversity in Community Wildfire Protection Plans. *PLOS ONE* 17, e0263757. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0263757>

La literatura científica demuestra que los sistemas de respuesta a incendios con alta dependencia de voluntariado presentan menor consistencia operativa, mayores tiempos de llegada y más variabilidad en la prestación del servicio, especialmente durante olas de calor prolongadas (Castellnou et al., 2022; Molina-Terrén et al., 2019). La falta de mecanismos de evaluación individual de desempeño dificulta la planificación estratégica, reduce la resiliencia del sistema y contribuye a fallos operativos en incendios de alto índice de propagación.

Además, en escenarios climáticos proyectados por Copernicus C3S (2023) y el IPCC AR6, se prevé un incremento significativo de episodios simultáneos y de larga duración, que requieren estructuras profesionales y voluntarias cuya disponibilidad sea verificable y cuyo rendimiento operativo esté contrastado. Sin esta trazabilidad, las planificaciones autonómicas y estatales pueden sobreestimar su capacidad real de ataque inicial, el factor más determinante en la contención temprana según NWCG 2021 Incident Response Guidelines.

Castellnou, M., Prat-Guitart, N., Armenteras, D., et al. (2022). Towards a new paradigm in wildfire management: the operational challenges of extreme fire events. *Fire Ecology*, 18(1), 1–15.

Molina-Terrén, D. M., Cardil, A., Ramírez, J., et al. (2019). Wildfire suppression effectiveness: determinants, metrics, and future directions. *Forest Policy and Economics*, 109, 102002.

Otras referencias científicas de interés sobre la gestión de riesgos de desastres y el papel de las redes de voluntarios se muestra a continuación:

Williams, D., Jakes, P., Burns, S., Cheng, A., Nelson, K., Sturtevant, V., Bujak, A., Brummel, R., Souter, S., Staychock, E., 2009. Community Wildfire Protection Plans: Enhancing Collaboration and Building Social Capacity. *Jt. Fire Sci. Program Res. Proj. Rep.*

Marchezini, V., Horita, F.E.A., Matsuo, P.M., Trajber, R., Trejo-Rangel, M.A., Olivato, D., 2018. A Review of Studies on Participatory Early Warning Systems (P-EWS): Pathways to Support Citizen Science Initiatives. *Front. Earth Sci.* 6. <https://doi.org/10.3389/feart.2018.00184>



Hicks, A., Barclay, J., Chilvers, J., Armijos, M.T., Oven, K., Simmons, P., Haklay, M., 2019. Global Mapping of Citizen Science Projects for Disaster Risk Reduction. *Front. Earth Sci.* 7. <https://doi.org/10.3389/feart.2019.00226>

Vinnell, L.J., Becker, J.S., Scolobig, A., Johnston, D.M., Tan, M.L. and McLaren, L., 2021. Citizen science initiatives in high-impact weather and disaster risk reduction. *Australasian Journal of Disaster and Trauma Studies*, 25(3), pp.55-60.

Chretien, A., Murphy, B., Gunson, B., Raj, C., Ainsworth MBA, C. J., Sheach, C., Cihan Aydinler, Ph.D, Mayberry, D. J., McEntire, D. A., Suarez, D., Jones, G., SJD, L., Hoban, I., Rozdilsky, J. L., Glick, J., Russell, J., Ayers, J., McDuffie, J. D., MPH, M., & Kennedy, R. (2024). Current and Emerging Trends in the Management of International Disasters. In *Pressbooks.pub. Mavs Open Press*. <https://uta.pressbooks.pub/trendsininternationaldisastermanagement/>

Lucini, B. (2014). Italian Civil Protection Volunteers: "Professional" Resilience and the Importance of Training. *Humanitarian Solutions in the 21st Century*, 119–154. https://doi.org/10.1007/978-3-319-04738-6_7

Perry, R. W. (2004). Disaster Exercise Outcomes for Professional Emergency Personnel and Citizen Volunteers. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 12(2), 64–75. <https://doi.org/10.1111/j.0966-0879.2004.00436.x>

Whittaker, J., McLennan, B., & Handmer, J. (2015). A review of informal volunteerism in emergencies and disasters: Definition, opportunities and challenges. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 13, 358–368. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2015.07.010>

Maria, Dalla, F., Aline Silveira Viana, Alice Dianezi Gambardella, & Víctor Marchezini. (2022). Challenges for professionalism in civil defense and protection. *Disaster Prevention and Management*, 31(5), 565–580. <https://doi.org/10.1108/dpm-03-2022-0057>

Clarke, L., Patouillard, E., Mirelman, A. J., Ho, Z. J. M., Edejer, T. T.-T., & Kandel, N. (2022). The costs of improving health emergency preparedness: A systematic review and analysis of multi-country studies. *EClinicalMedicine*, 44. <https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2021.101269>

Fatoni, F., Letchmi Panduragan, S., Sansuwito, T., & Stia Pusporini, L. (2022). Community First Aid Training for Disaster Preparedness: A Review of Education Content. *KnE Life Sciences*. <https://doi.org/10.18502/cls.v7i2.10356>

Kılıç, N., & Şimşek, N. (2019). The effects of psychological first aid training on disaster preparedness perception and self-efficacy. *Nurse Education Today*, 83, 104203. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2019.104203>

Torani, S., Majd, P. M., Maroufi, S. S., Dowlati, M., & Sheikhi, R. A. (2019). The importance of education on disasters and emergencies: A review article. *Journal of Education and Health Promotion*, 8(85), 85. https://doi.org/10.4103/jehp.jehp_262_18

Tsai, A. C., Newstead, T., Lewis, G., & Chuah, S. H. (2024). Sustaining emergency volunteer workforces: Exploring the interplay between leader behaviour and volunteer satisfaction. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 107, 104504. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2024.104504>

Heath, R.L., & O'Hair, H.D. (Eds.). (2009). *Handbook of Risk and Crisis Communication* (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203891629>

Cernasev, A., Stewart, S., Claus, K., Rowe, S. and Ray, M., 2023. Quō vādis? from disaster management to building community resiliency: Medical reserve corps and their unique potential. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 92, p.103673. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2023.103673>



Alexander, D. (2010). The voluntary sector in emergency response and civil protection: review and recommendations. *International Journal of Emergency Management*, 7(2), 151-166. <https://doi.org/10.1504/IJEM.2010.033654>

Aminizade, M., Nekouei Moghaddam, M., Birami Jam, M., Shamsi, M., Majidi, N., Amanat, N. and Hoseini, S.H., (2017). The role of volunteer citizens in response to accidents and disasters. *Health in Emergencies and Disasters Quarterly*, 2(3), pp.107-124. <http://dx.doi.org/10.18869/nrip.hdq.2.3.107>

Roth, F. and Prior, T., 2019. Volunteerism in disaster management: Opportunities, challenges and instruments for improvement. *CSS Risk and Resilience Reports*. <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000353819>

Chamaret, P., & Řeháček, J. (2014). Participation of society in civil protection operations: review of a 10 years European experience. <https://doi.org/10.2478/tvsbses-2014-0009>

Hälterlein, J., Madsen, L., Schuchardt, A., Peperhove, R., Gerhold, L. (2018). Integrating Volunteers in Emergency Response: A Strategy for Increased Resilience Within German Civil Security Research. In: Fekete, A., Fiedrich, F. (eds) *Urban Disaster Resilience and Security*. The Urban Book Series. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-68606-6_8

Nahkur, O., Orru, K., Hansson, S., Jukarainen, P., Myllylä, M., Krüger, M., Max, M., Savadori, L., Nævestad, T.O., Meyer, S.F. and Schieffeler, A., 2022. The engagement of informal volunteers in disaster management in Europe. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 83, p.103413. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2022.103413>

Paciarotti, C., Cesaroni, A. and Bevilacqua, M., 2018. The management of spontaneous volunteers: A successful model from a flood emergency in Italy. *International journal of disaster risk reduction*, 31, pp.260-274. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2018.05.013>

Górriz-Mifsud, E., Burns, M. and Govigli, V.M., 2019. Civil society engaged in wildfires: Mediterranean forest fire volunteer groupings. *Forest Policy and Economics*, 102, pp.119-129. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2019.03.007>

7.d.13. Reforzar la formación a gestores públicos y del personal administrativo para una mejor respuesta ante situaciones de emergencia

Descripción de la propuesta

Las situaciones de emergencia motivadas por fenómenos climáticos plantean necesidades formativas con características propias y diferenciales. Estas necesidades van más allá del personal que trabaja sobre el terreno en las tareas de protección civil, alcanzando también de una forma determinante a las tareas de gestión y administración públicas. En consecuencia, se recomienda que los responsables públicos, los gestores y el personal administrativo reciban formación específica para afrontar, desde su puesto de trabajo, las nuevas demandas y ritmos que imponen estas situaciones. Al conocimiento de los procedimientos y del entorno conviene sumar, como elemento especialmente relevante, la adquisición de habilidades de dirección y comunicación de emergencias, aplicables antes, durante y después de las crisis.



Resulta también conveniente potenciar los programas de intercambio de experiencias en dirección de emergencias climáticas entre diferentes países, territorios y contextos, permitiendo así el análisis y la implementación de las lecciones aprendidas.

Evidencia científica y referencias

La formación en protección civil implica el fomento de una cultura preventiva entre los ciudadanos, pero también la adecuada capacitación de todos los agentes implicados. La Dirección General de Protección Civil y Operaciones de Ayuda Humanitaria Europeas (ECHO) de la Comisión Europea ha publicado recientemente (2025) su nueva versión del catálogo de formación para profesionales de protección civil y de gestión de desastres, que contempla aspectos como el liderazgo, la planificación estratégica o la coordinación interinstitucional. Hay evaluaciones anteriores del *Disaster Training Curriculum* (DITAC) de la Unión Europea que habían remarcado, entre otras cosas, las necesidades de estandarización y de educación por competencias (Khorram-Manesh et al., 2015). En España, esta formación es una responsabilidad compartida entre los organismos de educación, empleo y protección civil dependientes de los tres niveles territoriales de la administración pública, con un papel destacado de la Escuela Nacional de Protección Civil (Pastrana Hugueta, Potenciano de la Heras, & Gavari Starkie, 2019).

Es conveniente impartir formación específica en comunicación a todas las partes intervinientes en la gestión de las diferentes fases (antes, durante y después) de un desastre natural. Es especialmente relevante formar a los funcionarios públicos que han de gestionar el desastre, a los responsables de comunicación de los diferentes niveles de gobierno, a los equipos sobre el terreno, al personal de oficina, a los líderes sociales y a los propios medios de comunicación (Jethwaney, 2023).

También se recomienda que los diseñadores de políticas al más alto nivel reciban capacitación y aprendan de las regularidades de las crisis (Boin & 't Hart, 2010). De hecho, se ha llegado a proponer para ellos una metodología sistemática de capacitación en ocho pasos creada originariamente para ser aplicada por el Ejército de Estados Unidos (Slattery, Syvertson, & Krill, 2009). También se han celebrado programas de intercambio de experiencias entre representantes públicos con sesiones en torno al desarrollo sostenible y a la gestión de emergencias (Association Européenne des Représentants Territoriaux de l'État [AERTE], 2025).



Association Européenne des Représentants Territoriaux de l'État (AERTE). (2025). *XXXèmes Journées Européennes des Représentants Territoriaux de l'État : «Les représentants territoriaux de l'État et le développement durable»* [Actas del congreso]. https://www.aerte-asso.org/sites/default/files/fr_les_actes_aerte_eastr_2025.pdf

Boin, A., & 't Hart, P. (2010). Organising for effective emergency management: Lessons from research. *Australian Journal of Public Administration*, 69(4), 357–371. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8500.2010.00694.x>

Comisión Europea, Dirección General de Protección Civil y Operaciones de Ayuda Humanitaria Europeas (ECHO). (2025). *A training catalogue for civil protection and disaster management professionals*. Oficina de Publicaciones de la Unión Europea. <https://doi.org/10.2795/359213>

Jethwaney, J. (2023). Capacity building through stakeholder training in media and communication for effective disaster management. In A. Singh (Ed.), *International handbook of disaster research* (pp. 1371–1388). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-19-8388-7_86

Khorram-Manesh, A., Ashkenazi, M., Djalali, A., Ingrassia, P. L., Friedl, T., von Armin, G., ... Gursky, E. (2015). Education in disaster management and emergencies: Defining a new European course. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, 9(3), 245–255. <https://doi.org/10.1017/dmp.2015.9>

Pastrana Huguet, J., Potenciano de la Heras, Á., & Gavari Starkie, E. (2019). Gestión del riesgo de desastres y protección civil en España: Aportes para el desarrollo de una cultura preventiva. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres (REDER)*, 3(2), 44–57. <https://doi.org/10.55467/reder.v3i2.31>

Slattery, C., Syvertson, R., & Krill, S. (2009). *El modelo de capacitación en ocho pasos: Mejorando el liderazgo en la gestión de desastres*. *Journal of Homeland Security and Emergency Management*, 6(1). <https://doi.org/10.2202/1547-7355.1403>

7.d.14. Impulsar mejoras en la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)

Descripción de la propuesta

El papel de AEMET para una mejor preparación del país ante fenómenos meteorológicos extremos resulta fundamental, por lo que se propone revisar la organización, su dotación de medios técnicos y humanos, sus funciones, y su coordinación con otras piezas del sistema de prevención y preparación ante emergencias.

Acciones clave:

Para abordar una reforma de la AEMET se pueden ofrecer las siguientes áreas:

- Recursos humanos: aumentar y reforzar su plantilla, permitiendo la incorporación de personal no funcionario, fomentado la participación y estancias de investigadores.
- Ampliación y mejora del conjunto de datos sobre el que se realizan actualmente avisos, incluyendo otros parámetros adicionales a los



habituales (vientos, precipitaciones, temperaturas, etc.) que puedan resultar de interés.

- Asignación de tareas de I+D+i en las materias de su competencia, fomentando la colaboración con universidades y centros de investigación de España y otros países.
- Encargo para convertirse en el motor fundamental para alimentar la plataforma única de datos sobre riesgos que se propone crear en el marco del Pacto de Estado.
- Coordinación con las agencias meteorológicas autonómicas o servicios administrativos con funciones similares (Meteo.cat, Euskalmet, MeteoNavarra, MeteoGalicia) y, en concreto, con sus centros de previsión meteorológica para unificar definiciones (por ejemplo, olas de calor) y transmitir alertas coherentes.
- Revisión del sistema de *alertas* que se trasladan a la población a partir de la información de AEMET, con una mejor coordinación con los servicios de Protección Civil a quien corresponde esa competencia.
- Transformar el acceso a los datos de la red de estaciones de la AEMET para que sea acorde con los principios internacionales de datos localizables, accesibles, interoperables y reutilizables (FAIR, por sus siglas en inglés) (Wilkinson et al., 2016), en consonancia con otras propuestas de acceso y manejo de datos planteadas en el documento (ver p.ej. propuestas 8.d.9, 8.d.10 u 8.d.11).

Evidencia científica y referencias

En la literatura económica sobre el papel de las agencias de previsión meteorológica se destaca su papel fundamental para la reducción de daños materiales y personales.

Un resultado destacable de los trabajos académicos sobre este tema, en aquellos casos en los que se aborda un análisis cuantitativo, son los elevados ratios beneficios/costes (RBC) que se obtienen. Ejemplos:

- Rogers y Tsirkunov, V.V. (2013) Meta-análisis del Banco Mundial de servicios de previsión meteorológica e hidrológica en países de todo el mundo, se obtiene un rango de ratios RBC = 4 – 35 (WB, 2016).
- Estudio de la Organización Meteorológica Internacional, sobre valor aportado por agencias multirisgo, RBC = 10 (WMO-UNDRR, 2024). Otros resultados destacables en este mismo estudio son que los países con sistemas de alertas de riesgos fragmentados o incompletos tienen una ratio de mortalidad en situaciones de catástrofe hasta 6 veces más alto que en países con sistemas completos de cobertura de tipos de riesgos, y aproximadamente 4 veces más en número de personas afectadas.



Rogers, D.P. & Tsirkunov, V.V. (2013). Weather and Climate Resilience: Effective Preparedness through National Meteorological and Hydrological Services. World Bank GDDRR (Global Facility for Disaster Reduction and Recovery), Washington DC.

Wilkinson, M., Dumontier, M., Aalbersberg, I. et al. The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. *Sci Data* 3, 160018 (2016).

WMO-UNDRR (2024). *Global Status of Multi-Hazard Early Warning Systems*. World Meteorological Organization (WMO) y United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). Ginebra.

7.d.15. Adaptar los medios del Ejército y apostar por capacidades de uso dual: invertir en resiliencia y seguridad

Descripción de la propuesta

La adaptación de las capacidades materiales de las Fuerzas Armadas (FAS) resulta esencial para afrontar el nuevo escenario de emergencias climáticas caracterizado por fenómenos más frecuentes, extremos y encadenados. Existe un consenso científico claro de que el uso continuado de equipos en entornos hostiles, la exposición a temperaturas extremas y la antigüedad del material reducen su rendimiento y acortan su vida útil, obligando a reforzar el mantenimiento preventivo y a planificar su renovación en ciclos más cortos. Garantizar la eficacia operativa exige disponer de equipos, sistemas, vehículos, aeronaves y tecnologías actualizadas, capaces de responder a escenarios de gran complejidad y rápida evolución. En particular, resulta prioritario fortalecer los sistemas de mando y control, impulsando el nuevo Sistema Integrado de Mando y Gestión de Emergencias (SIMGE) para mejorar la coordinación en tiempo real.

Un aspecto clave es promover el uso dual de determinadas capacidades militares (del Ejército de Tierra, Armada y Ejército del Aire y del Espacio) de forma que puedan emplearse tanto en defensa como en apoyo a la protección civil. Esta estrategia optimiza recursos, aumenta la eficacia ante catástrofes y garantiza que la inversión en capacidades militares contribuya también a la resiliencia nacional frente a emergencias climáticas y tecnológicas. Esta tendencia hacia el uso dual de las capacidades tiene un claro respaldo científico.

Limitaciones y advertencias

Conveniencia de inversión sostenida (CAPEX y OPEX) y ciclos de renovación más cortos, con riesgos de cuellos de botella en compras, repuestos y mantenimiento; sin estándares comunes, el SIMGE y otros sistemas pueden sufrir problemas de interoperabilidad y ciberseguridad. Las capacidades de uso dual deben respetar límites legales y de mando civil para evitar *mission creep* y conflictos competenciales, y no pueden sustituir la inversión en servicios civiles. La operación en entornos térmicos extremos impone requisitos adicionales de



seguridad, formación y logística (energía, agua, EPI y puede acelerar el desgaste del material. Es clave evitar desequilibrios territoriales en la asignación, evaluar la huella ambiental de los equipos y garantizar métricas de desempeño, auditorías y evaluación posmisión para no generar dependencia tecnológica ni sobreconfianza operativa.

Evidencias científicas y referencias

Hay consenso sobre que las capacidades de las FAS sean resilientes y adaptadas a condiciones extremas.

Centro Conjunto de Desarrollo de Conceptos. (2022) La influencia del cambio climático en las operaciones militares. Ministerio de Defensa. https://www.asociacioncolegiosdefensaiberoamericanos.org/images/sampled/data/documentos/2024/0405_CCDC_Influencia_cambio_climatico.pdf

Dong, W. *et al.* (2025) 'Rising military spending jeopardizes climate targets', *Nature Communications*, 16(1). Available at: <https://doi.org/10.1038/s41467-025-59877-x>.

Floyd, R. (2025) 'NATO and climate change', *Defence Studies*, pp. 1–8. Available at: <https://doi.org/10.1080/14702436.2025.2474074>.

Jayaram, D., Vogler, A. 2025. Climate Change and the Military: Discourses and Practices. *International Studies*. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190846626.013.890>

Keenan, J., Trump, B., Kytömaa, E., Adlakha-Hutcheon, G., & Linkov, I. (2024). The role of science in resilience planning for military-civilian domains in the U.S. and NATO. *Defence Studies*, 24, 493–524. <https://doi.org/10.1080/14702436.2024.2365218>.

Moran, D., DeGroot, D., Potter, A., & Charkoudian, N. (2023). Beating the Heat: Military Training and Operations in the Era of Global Warming. *Journal of Applied Physiology*. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00229.2023>.

R, T. D. C., E, K., & C, H. (2024). Navigating Climate Change in Defence – Climate Risk Management Guide for Chiefs of Defence Staff (Issue KJ-NA-31-833-EN-N (online), KJ-NA-31-833-EN-C (print)). Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/252092> (online), 10.2760/831469 (print)

Tavares, D.C.R., Krausmann, E. and Hadjisavvas, C. (2023) *Impacts of climate change on defence-related critical energy infrastructure*, *JRC Publications Repository*. Available at: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC130884>.



EJE 8: Impulsar la creación de una Agencia Estatal de Protección Civil y Emergencias para mejorar la coordinación y la toma de decisiones por las administraciones públicas en el nuevo contexto climático.

a. PREVENCIÓN

8.a.1. Modernizar los Sistemas de Alerta Temprana con un enfoque integral y multipeligro, desarrollar impulso de alerta ciudadana y mejorar la señalización en diversos ámbitos

Descripción de la propuesta

La alerta ciudadana es una herramienta clave en la lucha contra la emergencia climática porque permite anticipar, preparar y responder de manera más eficaz a los eventos extremos que están aumentando en frecuencia, intensidad y consecuencias.

La evidencia científica respalda que los sistemas de alerta temprana (SAT) son una herramienta eficaz, rentable y vital para enfrentar la emergencia climática.

Los pilares básicos de un SAT son: a) Conocimiento del riesgo; b) Observación y pronóstico; c) Comunicación efectiva; y d) Preparación y respuesta.

Las tecnologías digitales (IA, modelado 3D, gemelos digitales, observación satelital) han mejorado la precisión, la cobertura y el funcionamiento de los SAT.

Entre las funcionalidades de los SAT, la evidencia científica destaca las siguientes:

- *Salvamento de vidas y de medios de subsistencia.* Los SAT pueden avisar con suficiente antelación dando tiempo para evacuar, buscar refugio o adoptar medidas preventivas.
- *Reducción de pérdidas económicas y fortalecimiento de la resiliencia* en la medida en que permite prepararse para minimizar daños y empodera a las comunidades para actuar por sí mismas, lo que incrementa su capacidad de adaptación frente a futuros eventos de emergencia climáticos.



- *Mejora de la planificación y respuesta* porque permite coordinar mejor sus recursos y esfuerzos si tienen información anticipada sobre posibles desastres.
- *Fomento de la confianza* en las instituciones y la tecnología.

Acciones clave:

La mejora de la gestión de emergencias no se logra solo con más infraestructura, sino con tecnología, coordinación y conocimiento. Se recomienda que España se dote de sistemas de alerta temprana avanzados, interoperables y accesibles para toda la población, alineados con la iniciativa internacional Early Warnings for All (EW4ALL) impulsada por la ONU y la OMM. Tras la DANA de Valencia de 2024, quedó claro que es conveniente definir especificaciones técnicas comunes para todos los sistemas autonómicos, integrando previsiones de impacto, alertas específicas para puntos vulnerables y la activación automatizada de planes comunitarios. Proyectos europeos como GOBEYOND y las prioridades del informe del grupo de expertos del CERIS (DG-HOME) marcan el camino.

La futura Agencia Estatal de Protección Civil y Emergencias puede favorecer la mejora de esos sistemas de alerta temprana integrados.

Además, se ha de contemplar:

- *Incrementar la vigilancia temprana de riesgos climáticos usando modelos predictivos, sensores remotos y tecnologías de observación* (por ejemplo, satélites, estaciones climáticas, monitoreo hidrológico). Ejemplo: El CSIC ha estado apoyando con análisis de imágenes de satélite y sistemas de información geográfica durante la DANA para el Ministerio del Interior.
- *Mejorar alertas tempranas diferenciadas según tipo de riesgo*: olas de calor, inundaciones súbitas, incendios forestales, sequías. Estas alertas se activarían no solo por umbrales meteorológicos, sino también por estimaciones del impacto sobre poblaciones vulnerables e integrarse con un enfoque multirriesgo. Se plantean varios ejemplos ilustrativos:
 - i. *Una mejora del sistema nacional de alerta temprana, multirriesgo y centrado en las personas para impactos hidrometeorológicos* estaría alineado con las recomendaciones internacionales, emitiría avisos por impacto cuando la precipitación y las condiciones hidrológicas puedan traducirse en crecidas/inundaciones o agravamiento de la sequía. El sistema integraría alertas meteorológicas e hidrológicas y las ajustará a la escala espacio-



temporal de cada fenómeno, manteniendo la perspectiva del ciclo del agua. Se desarrollarían sistemas adaptados al contexto local y replicables a escala mediterránea para inundaciones repentinas, mejorando la precisión de las predicciones operativas y la coordinación de la respuesta. La activación de planes y protocolos se apoyaría en boletines de riesgo hidrológico que permitan la respuesta temprana frente a sequías extremas y a potenciales inundaciones asociadas a episodios de lluvia intensa tras sequías prolongadas. El diseño incorporaría la brecha digital y la accesibilidad en la difusión de avisos. *Implicaría* la cooperación de AEMET, MITECO, las Cuencas Hidrográficas y otras entidades. A nivel local se implementarían y harían cumplir los planes de Protección Civil y se impulsarían métodos participativos y simulacros periódicos para aprendizaje de autoprotección.

- ii. Una mejora del *sistema de alerta temprana costero y meteorológico para la prevención y gestión de inundaciones*, que se basaría en modelización acoplada y observación en tiempo real y cooperación y coordinación con Puertos del Estado, MITECO y la futura Agencia Estatal de Protección Civil y Emergencias. Precisaría del desarrollo de sistemas predictivos operacionales: aprovechando el conocimiento acumulado por el Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria (IHCantabria) y las soluciones ya testadas como SAMOA y PATO, se plantea su ampliación a un servicio nacional de predicción costera. Habría de implementarse modelos acoplados (COAWST): integración de oleaje, corrientes y transporte de sedimentos para anticipar áreas de riesgo y dimensionar la magnitud de las inundaciones durante eventos extremos. Necesitaría del desarrollo de predicción avanzada y visualización GIS: generación de mapas de inundación en tiempo real con horizontes de 48–72 horas, que permitan activar protocolos preventivos locales antes del impacto del temporal. Contaría con la integración de observación atmosférica y eléctrica: monitorización de la actividad eléctrica como indicador de tormentas estacionarias, en colaboración con redes de detección de rayos como Meteorage (ELDN), para mejorar la predicción de lluvias torrenciales y descargas severas. Convendría desarrollar software de apoyo a la decisión: herramientas abiertas que integren datos satelitales, boyas, modelos climáticos y análisis estadístico extremo para identificar umbrales críticos y escenarios de riesgo. Y, por último, precisaría de una capacitación y



- comunicación inclusiva: formación de personal técnico y campañas ciudadanas sobre la interpretación de alertas y la autoprotección ante fenómenos costeros y eléctricos extremos.
- iii. *Mantener un sistema pirenaico de alerta temprana con datos de alta resolución y validación local:* Los incendios cruzan fronteras naturales sin mecanismos unificados. Las diferencias en normativa y comunicación entre España, Francia y Andorra ralentizan la respuesta. Reforzar un sistema de alerta temprana integrando datos y herramientas clave para la gestión de incendios con la colaboración de la AEMET, Météofrance, SMC, SAM, universidades y demás agencias meteorológicas que operan en el territorio resultaría de utilidad.
 - iv. *Desarrollar un sistema biometeorológico de alerta sanitaria frente a emergencias climáticas.* Dado que numerosas variables meteorológicas influyen directamente en la morbilidad y mortalidad humana, afectando a múltiples patologías, este ejemplo plantea el desarrollo de un sistema biometeorológico de alerta sanitaria que amplíe el enfoque de vigilancia y prevención mediante la integración de datos atmosféricos, epidemiológicos y clínicos en tiempo real. Necesitaría de la ampliación de variables de alerta (incluir presión atmosférica, humedad, radiación solar, campo eléctrico y temperatura en la monitorización sanitaria) y la correlación con enfermedades meteorotrópicas (establecer protocolos de aviso ante umbrales críticos asociados a enfermedades respiratorias, cardiovasculares, reumáticas, psíquicas y neurodegenerativas). Para ello, es también necesaria la interconexión de datos con el sistema sanitario emitiendo alertas preventivas a los servicios de urgencias y atención primaria, facilitando la gestión de recursos y la atención prioritaria de pacientes crónicos. La personalización de avisos a pacientes vulnerables (p.ej. mediante SMS o *apps* vinculadas a historiales médicos). Es útil inspirarse en el Marco “One Climate-Emergency” inspirándose en el enfoque One Health y abordar una capacitación a profesionales sanitarios sobre impactos biometeorológicos y campañas de concienciación ciudadana. En conclusión, este sistema permitiría anticipar picos de hospitalización, reducir la mortalidad asociada a extremos climáticos y mejorar la planificación sanitaria ante la intensificación del cambio climático. No obstante, requiere de una estrecha coordinación entre ministerios de Sanidad y Transición Ecológica, consejerías



autonómicas, interoperabilidad de datos meteorológicos y sanitarios y desarrollo de infraestructuras digitales seguras.

- *Avanzar en la estandarización de la comunicación de alertas y avisos:* se recomienda que la tecnología de detección vaya acompañada de una estrategia comunicativa eficaz que transforme la alerta técnica en una acción de autoprotección ciudadana. Para ello, sería aconsejable:
 - i. *Diferenciar entre Alerta (Alert) y Aviso (Warning):* Mientras la alerta señala la ocurrencia del evento, el aviso proporciona información comprensible sobre cómo actuar. Se propone que Los SAT integren protocolos para la producción sistemática de mensajes que cubran todo el ciclo del desastre (preparación, respuesta y recuperación), no solo el aviso inmediato.
 - ii. *Implementar Bibliotecas de Mensajes Estandarizados para distintos tipos de amenazas (inundaciones, olas de calor, incendios, terremotos, tsunamis, riesgos tecnológicos, etc.):* Se propone la creación de catálogos de mensajes prediseñados y validados (como el desarrollado por el Observatorio Socioeconómico de Inundaciones y Sequías de la Universidad de Alicante para el servicio 112 de la Comunidad Valenciana), adaptados a las necesidades particulares de las poblaciones expuestas. Igualmente, se recomienda que estos mensajes prediseñados esta disponibles en las diferentes lenguas oficiales del estado español, así como en inglés para la población turista o extranjera. Este tipo de catálogos permite a los operadores de emergencias una respuesta rápida y evita la improvisación, asegurando que el mensaje sea claro, conciso y accionable.
 - iii. *Adaptación al contexto social:* Diseño de los mensajes considerando las vulnerabilidades sociales y territoriales específicas, asegurando un lenguaje comprensible por parte de grupos vulnerables y otras poblaciones expuestas.
- *Establecer protocolos obligatorios de actuación ante alertas, con roles claros de responsabilidad para las diferentes administraciones (locales, autonómicas, estatales).* Asegurar que los planes de emergencia contemplen escenarios climáticos extremos intensificados por el cambio climático. Definición a escala estatal y comunicación a los ciudadanos y a los medios de comunicación cuáles son las instituciones que pueden emitir mensajes de alerta de emergencia, los canales oficiales, el tipo de mensajes que pueden recibir y los niveles de alerta. Esta información se transmitiría a dos escalas: estatal para llegar a todos los ciudadanos y a



escala local a través de los planes de emergencia para que esta información se asocie a los planes y a los peligros. Esta medida responde a la demanda por parte de organismos de Naciones Unidas que respondan al principio *Early Warning for All* que se basa en cuatro pilares: (i) conocimiento del riesgo, promovido por la Agencia de Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRR), basándose en el Marco de Sendai; (ii) La integración de la detección, observación, monitoreo; análisis y predicción promovido por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) en el sistema de alerta; (iii) La difusión de los mensajes y la comunicación, promovida por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU); y (iv) la preparación y capacidad de respuesta, promovida por la Federación Internacional de las Sociedades de la Cruz Roja y la Media Luna Roja (IFRC). Para el ejemplo arriba indicado en Pirineos, la implementación de un “Protocolo Pirenaico de Emergencias Forestales” con interoperabilidad en datos meteorológicos, cartografía y comunicación de crisis podría ayudar para la cooperación internacional e interadministrativa.

- *Señalización estandarizada de las rutas de evacuación, áreas de refugio multipeligro, mensajes a móviles y sirenas de alerta.* Esta medida busca identificar y señalar rutas de evacuación, áreas de refugio y sirenas de alerta. Se recomienda que los refugios sean multipeligro, ubicados en zonas seguras, y que su señalización indique claramente el destino.
- *Señalización estandarizada en el terreno de las áreas de peligro identificadas y cartografiadas.* Basándose en un catálogo estatal de peligros y eventos extremos (ver propuestas relacionadas en sección 8.d.), esta acción contempla la señalización gráfica y multilingüe de zonas de peligro, rutas de evacuación y áreas de refugio. Requiere normativa específica para garantizar su mantenimiento y gestión institucional. El impacto esperado a corto plazo es muy alto, aunque puede encontrar resistencias en sectores económicos; se recomienda una implementación gradual.

Limitaciones y advertencias

Entre los problemas que plantean, la evidencia científica destaca los siguientes: a) Limitaciones en la calidad e interoperabilidad de los datos, b) Problemas o brechas de cobertura y eficacia, c) Necesidad de integración entre sectores, d) Limitaciones en la interacción.



El desarrollo de soluciones de alerta temprana para emergencias requiere distintos elementos: un conjunto exhaustivo de datos y modelos (ya sean basados en procesos o en inteligencia artificial), una plataforma que gestione las peticiones usando tanto datos como modelos y una infraestructura digital que permita desarrollar las soluciones.

La efectividad de una alerta ciudadana depende críticamente de la calidad y continuidad de datos y modelos; sesgos o fallos en la observación y el pronóstico pueden generar falsas alarmas, fatiga de alerta y pérdida de confianza. Persisten brechas de “última milla” —brecha digital, accesibilidad, multilingüismo y protección de colectivos vulnerables— que pueden dejar sin cobertura a quienes más la necesitan. La interoperabilidad entre sectores y niveles administrativos exige gobernanza clara, ciberseguridad y acuerdos de intercambio de datos con garantías de privacidad y responsabilidad legal. Es conveniente asegurar financiación estable para operación, mantenimiento y simulacros periódicos, así como métricas de desempeño y auditorías independientes para corregir desajustes y evitar efectos no deseados.

La necesidad de integración entre sectores se visualiza, por ejemplo, en la mejora del sistema nacional de alerta temprana por impactos hidrometeorológicos. En este caso, se hace preciso integrar y coordinar las alertas meteorológicas con las hidrológicas y ajustarlas a la escala espacio-temporal de cada fenómeno, incluyendo la representación operativa de la propagación de la sequía a través del ciclo (socio)hidrológico.

La falta de interoperabilidad entre sistemas autonómicos y estatales puede generar duplicidades, retrasos o contradicciones en la activación de alertas. La interoperabilidad entre plataformas y la estandarización de protocolos implica acuerdos interinstitucionales complejos.

- Las poblaciones vulnerables (mayores, migrantes, personas con discapacidad) pueden no recibir o comprender las alertas si no se diseñan con criterios de accesibilidad y diversidad lingüística.
- Aunque los avances en sensores remotos y modelización climática son prometedores, aún existen incertidumbres en la fiabilidad de los modelos predictivos y predicción de eventos extremos localizados súbitos.
- La evidencia muestra que la población no siempre responde adecuadamente a las alertas, incluso cuando son precisas, debido a falta de confianza, comprensión o preparación. Aunque los sistemas de alerta puedan ser técnicamente sólidos, la respuesta del público no siempre es



la espera. Por tanto, se recomienda campañas educativas y simulacros regulares.

- La automatización de alertas y planes comunitarios depende fuertemente de la tecnología y puede fallar ante cortes eléctricos, ciberataques o saturación de redes. Se recomienda mantener canales analógicos de respaldo y formación en protocolos manuales.
- Sometimiento de los sistemas a auditorías periódicas y simulaciones multirriesgo para validar su eficacia en escenarios complejos y cambiantes.
- La efectividad de los sistemas de alerta no depende solo de la tecnología, sino también de factores sociales y conductuales. Para que funcionen correctamente, es importante invertir en educación, formación y responsabilidad institucional.
- Priorizar el despliegue tecnológico sin considerar las capacidades locales puede generar brechas de cobertura y eficacia.
- Aunque el diseño tecnológico es importante, incluso los sistemas más avanzados pueden resultar ineficaces. Es conveniente asegurarse de que el SAT esté alineado con la capacidad institucional local. La participación de las comunidades locales es clave para mejorar la efectividad general del sistema. Además, el conocimiento local sobre condiciones meteorológicas históricas puede ser un aporte valioso, especialmente cuando los datos científicos son insuficientes para generar alertas precisas. Este conocimiento también mejora la preparación tanto de las autoridades como de la población, aumentando la capacidad de respuesta ante una alerta temprana.
- Es necesaria formación previa y confianza en la tecnología durante las emergencias para mejorar la seguridad pública y reducir los riesgos asociados a eventos catastróficos.
- La implementación efectiva del sistema requiere una coordinación multinivel robusta. Las diferencias en capacidades técnicas, recursos humanos y competencias legales entre administraciones pueden dificultar la integración plena de observación, alerta y respuesta.
- El uso excesivo o poco claro de los sistemas de alerta puede generar pérdida de credibilidad entre la población. Es fundamental establecer criterios claros para la emisión de alertas y garantizar la coherencia de los mensajes.
- Es conveniente utilizar herramientas de la lingüística de corpus para identificar palabras y estructuras comunicativas que funcionen de forma adecuada en función del tipo de receptor y contexto sociocultural, entre otros elementos.



- La creciente digitalización de los sistemas de alerta, como los basados en la nube o en telefonía móvil, introduce riesgos asociados a la ciberseguridad, la privacidad y la resiliencia ante fallos técnicos.

Evidencia científica y referencias

La evidencia científica muestra que los sistemas de alerta temprana permiten la monitorización en tiempo real de variables ambientales y la detección anticipada de riesgos, facilitando la evacuación y la preparación de recursos.

Abunyewah, M., Okyere, S.A., Frimpong, L.K., Diko, S.K., Erdiaw-Kwasie, M.O. and Boateng, V., 2023. Fire risk communication in the urban informal sector: Evidence from traditional marketplaces in Accra, Ghana. *Risk, Hazards & Crisis in Public Policy*, 14(4), pp.297-320.

Arai, K., 2013. How to transmit disaster information effectively: A linguistic perspective on Japan's Tsunami Warnings and Evacuation Instructions. *International journal of disaster risk science*, 4(3), pp.150-158.

Bird, D.K. and Gísladóttir, G., 2020. Enhancing tourists' safety in volcanic areas: An investigation of risk communication initiatives in Iceland. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 50, p.101896.

Bonilauri, E.M., Harris, A.J., Morin, J., Ripepe, M., Mangione, D., Lacanna, G., Ciolli, S., Cusolito, M. and Deguy, P., 2021. Tsunami evacuation times and routes to safe zones: a GIS-based approach to tsunami evacuation planning on the island of Stromboli, Italy. *Journal of Applied Volcanology*, 10(1), p.4.

Brachman, M.L., Church, R., Adams, B. and Bassett, D., 2020. Wayfinding during a wildfire evacuation. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, 29(3), pp.249-265.

Braun, C.C. and Shaver, E.F., 1999, September. Warning sign components and hazard perceptions. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 43, No. 16, pp. 878-882). Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications.

Budimir, M., Šakić Trogrlić, R., Almeida, C., Arestegui, M., Chuquisengo Vásquez, O., Cisneros, A., Cuba Iriarte, M., Dia, A., Lizon, L., Madueño, G., Ndiaye, A., Ordoñez Caldas, M., Rahman, T., RanaTharu, B., Sall, A., Uprety, D., Anderson, C., McQuistan, C., 2025. Opportunities and challenges for people-centered multi-hazard early warning systems: Perspectives from the Global South. *iScience* 28, 112353. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2025.112353>

Building resilience in the civil security domain based on research and technology – Report of the CERIS Expert Group, November 2024, Publications Office of the European Union, 2024, <https://data.europa.eu/doi/10.2837/06076>

Cai, R., Su, C., 2024. Real-Time Climate Monitoring and Disaster Early Warning Algorithm Based on Sensor Network and Cloud Computing, in: 2024 International Conference on Telecommunications and Power Electronics (TELPEPE). Presented at the 2024 International Conference on Telecommunications and Power Electronics (TELPEPE), pp. 921–926. <https://doi.org/10.1109/TELPEPE64216.2024.00172>

Chang, H.-S., Liao, C.-H., 2015. Planning emergency shelter locations based on evacuation behavior. *Nat. Hazards* 76, 1551–1571. <https://doi.org/10.1007/s11069-014-1557-x>

Christensen, K.M., Blair, M.E. and Holt, J.M., 2007. The built environment, evacuations, and individuals with disabilities: A guiding framework for disaster policy and preparation. *Journal of Disability Policy Studies*, 17(4), pp.249-254.



Climate Risk and Early Warning Systems (CREWS). (2024, julio). Operational Procedures Note No. 5: People-Centered Risk-Informed Early Warning Systems. <https://crews-initiative.org/wp-content/uploads/2024/07/CREWS-Operational-Procedures-Note-No-5-People-Centered.pdf>

Codyre, P., Murphy, P.C., Ó Fionnagáin, D., O'Farrell, J., Tessema, Y.M., Spillane, C., McKeown, P.C., Geever, M., Golden, A., 2025. Measuring climate resilience in low- and middle-income countries using advanced analytical techniques and satellite data: a systematic review. *Front. Clim.* 7. <https://doi.org/10.3389/fclim.2025.1514423>

Confortini, C. and Tira, M., 2008, July. Safety in urban environment and emergency notice boards. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1020, No. 1, pp. 1908-1915). American Institute of Physics.

Cools, J., Innocenti, D., O'Brien, S., 2016. Lessons from flood early warning systems. *Environ. Sci. Policy* 58, 117–122. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.01.006>

Dakos, V., Boulton, C.A., Buxton, J.E., Abrams, J.F., Arellano-Nava, B., Armstrong McKay, D.I., Bathiany, S., Blaschke, L., Boers, N., Dylewsky, D., López-Martínez, C., Parry, I., Ritchie, P., van der Bolt, B., van der Laan, L., Weinans, E., Kéfi, S., 2024. Tipping point detection and early warnings in climate, ecological, and human systems. *Earth Syst. Dyn.* 15, 1117–1135. <https://doi.org/10.5194/esd-15-1117-2024>

Douvinet, J., Serra-Llobet, A., Bopp, E., Kondolf, G.M., 2021. Are sirens effective tools to alert the population in France? *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 21, 2899–2920. <https://doi.org/10.5194/nhess-21-2899-2021>

Drakonakis, G.I., Tsagkatakis, G., Fotiadou, K., Tsakalides, P., 2022. OmbriaNet—Supervised Flood Mapping via Convolutional Neural Networks Using Multitemporal Sentinel-1 and Sentinel-2 Data Fusion. *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.* 15, 2341–2356. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2022.3155559>

Feldmann, M., Blanc, M., Brennan, K. P., et al.(2025)European supercell thunderstorms—A prevalent current threat and an increasing future hazard. *Science Advances*, 11, 35, <https://doi.org/10.1126/sciadv.adx0513>.

Geo and weather multi-risk impact Based Early warning and response systems supporting rapid deployment of first responders in EU and beyond | GOBEYOND | Project | Fact Sheet | HORIZON . CORDIS Eur. Comm. URL <https://cordis.europa.eu/project/id/101121135>

Godschall, S., Smith, V., Hubler, J., Kremer, P., 2020. A Decision Process for Optimizing Multi-Hazard Shelter Location Using Global Data. *Sustainability* 12, 6252. <https://doi.org/10.3390/su12156252>

Global Status of Multi-Hazard Early Warning Systems 2024. UNDRR & WMO. [file:///svm-vdi-pro/vdi_users_1\\$/47398937P/Downloads/Global-Status-of-EWS-2024-1.pdf](file:///svm-vdi-pro/vdi_users_1$/47398937P/Downloads/Global-Status-of-EWS-2024-1.pdf)

Hall, S., Pettersson, J., Meservy, W., Harris, R., Agustinawati, D., Olson, J. and McFarlane, A., 2017. Awareness of tsunami natural warning signs and intended evacuation behaviors in Java, Indonesia. *Natural hazards*, 89(1), pp.473-496.

Horiike, R., Nakai, H., Itatani, T., Shirai, F. and Konishi, K., 2019. Using GIS to simulate tsunami evacuation guidance signs for the hearing impaired. *PLoS one*, 14(6), p.e0217512.

International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies (IFRC) & Climate Risk and Early Warning Systems (CREWS). (2022, marzo). People-centred early warning systems: Learning from National Red Cross and Red Crescent Societies. https://www.ifrc.org/sites/default/files/2022-03/220111_CREWS-IFRC_People-centred%20EWS_report_designed.pdf



Irsyad, H.A. and Hitoshi, N., 2022. Flood disaster evacuation route choice in Indonesian urban riverbank kampong: Exploring the role of individual characteristics, path risk elements, and path network configuration. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 81, p.103275.

Jaenichen, C. and Schandler, S., 2017. Visual standards for southern California tsunami evacuation information: Applications of information design in disaster risk management. In *International Conference of Design, User Experience, and Usability* (pp. 645-663). Cham: Springer International Publishing

Li, C., Jiang, C., Chen, J., Lam, M.Y., Xia, J. and Ahmadian, R., 2025. An overview of flood evacuation planning: Models, methods, and future directions. *Journal of Hydrology*, p.133026.

Loneragan, C., Hedley, N. and Clague, J.J., 2015. A visibility-based assessment of tsunami evacuation signs in Seaside, Oregon. *Natural Hazards*, 78(1), pp.41-59.

Marchezini, V., Horita, F.E.A., Matsuo, P.M., Trajber, R., Trejo-Rangel, M.A., Olivato, D., 2018. A Review of Studies on Participatory Early Warning Systems (P-EWS): Pathways to Support Citizen Science Initiatives. *Front. Earth Sci.* 6. <https://doi.org/10.3389/feart.2018.00184>

Martino, G., Astarita, V., Guido, G., Haghshenas, Sina Shaffiee, Haghshenas, Sami Shaffiee, 2026. Risk Reduction in Emergency Evacuation Through Innovative Mobile Applications: A Study on User Trust and Behavior, in: Gervasi, O., Murgante, B., Garau, C., Karaca, Y., Faginas Lago, M.N., Scorza, F., Braga, A.C. (Eds.), *Computational Science and Its Applications – ICCSA 2025 Workshops*. Springer Nature Switzerland, Cham, pp. 226–238. https://doi.org/10.1007/978-3-031-97638-4_15

Matti, S., Ögmundardóttir, H., Aðalgeirsdóttir, G. and Reichardt, U., 2022. Communicating risk in glacier tourism: A case study of the Svínafellsheiði Fracture in Iceland. *Mountain Research and Development*, 42(2), pp.D1-D12.

Musulino, G., Ahmadian, R. and Xia, J., 2022. Enhancing pedestrian evacuation routes during flood events. *Natural hazards*, 112(3), pp.1941-1965.

Nguyen, T.N.A., Chevaleyre, Y. and Zucker, J.D., 2012, June. Optimizing the Placement of Evacuation Signs on Road Network with Time and Casualties in case of a Tsunami. In *2012 IEEE 21st International Workshop on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises* (pp. 394-396). IEEE.

Oscoz, A., Rebolo, R., López, R., Pérez-Garrido, A., Pérez, J.A., Hildebrandt, S., Rodríguez, L.F., Piqueras, J.J., Villó, I., González, J.M., Barrena, R., Gómez, G., García-Hernández, D.A., Montañés, P., Rosenberg, A., Cadavid, E., Calcines, A., Díaz-Sánchez, A., Kohley, R., Martín, Y., Peñate, J., Sánchez, V., 2008. FastCam: a new lucky imaging instrument for medium-sized telescopes. Presented at the Ground-based and Airborne Instrumentation for Astronomy II, p. 701447. <https://doi.org/10.1117/12.788834>

Pescaroli, G., Magni, M., 2015. Flood warnings in coastal areas: how do experience and information influence responses to alert services? *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 15, 703–714. <https://doi.org/10.5194/nhess-15-703-2015>

Pescaroli, G., Dryhurst, S., Karagiannis, G.M., 2025. Bridging gaps in research and practice for early warning systems: new datasets for public response. *Front. Commun.* 10. <https://doi.org/10.3389/fcomm.2025.1451800>

Reichstein, M., Benson, V., Blunk, J., Camps-Valls, G., Creutzig, F., Fearnley, C.J., Han, B., Kornhuber, K., Rahaman, N., Schölkopf, B., Tárraga, J.M., Vinuesa, R., Dall, K., Denzler, J., Frank, D., Martini, G., Nganga, N., Maddix, D.C., Weldemariam, K., 2025. Early warning of complex climate risk with integrated artificial intelligence. *Nat. Commun.* 16, 2564. <https://doi.org/10.1038/s41467-025-57640-w>

Riaz, K., McAfee, M., Gharbia, S.S., 2023. Management of Climate Resilience: Exploring the Potential of Digital Twin Technology, 3D City Modelling, and Early Warning Systems. *Sensors* 23, 2659. <https://doi.org/10.3390/s23052659>



Rokhideh, M., Fearnley, C., Budimir, M., 2025. Multi-Hazard Early Warning Systems in the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction: Achievements, Gaps, and Future Directions. *Int. J. Disaster Risk Sci.* 16, 103–116. <https://doi.org/10.1007/s13753-025-00622-9>

Rosete, L.C. and Mendoza, A.O., 2024. Using Creative Approaches in Communicating Risks to Populations Exposed to Natural Hazards. In *Climate Emergency in the Philippines: Impacts and Imperatives for Urgent Policy Action* (pp. 381-408). Singapore: Springer Nature Singapore.

Santarelli, S., 2019. A behavioural approach to the earthquake safety planning of historical centres. Development of innovative methodologies and tools for planners and evacuees.

Schumann III, R.L., Ash, K.D. and Bowser, G.C., 2018. Tornado warning perception and response: Integrating the roles of visual design, demographics, and hazard experience. *Risk analysis*, 38(2), pp.311-332.

Shekhar, S., Yang, K., Gunturi, V.M., Manikonda, L., Oliver, D., Zhou, X., George, B., Kim, S., Wolff, J.M. and Lu, Q., 2012. Experiences with evacuation route planning algorithms. *International Journal of Geographical Information Science*, 26(12), pp.2253-2265.

Shimazu, K., Makabe, K., Nishii, N., Mori, R., Harada, N., Sashida, H. and Oikawa, K., 2020, March. Emergency warning services via GNSS signals. In *2020 IEEE Aerospace Conference* (pp. 1-16). IEEE.

Sorensen, J.H., 2000. Hazard warning systems: Review of 20 years of progress. *Natural hazards review*, 1(2), pp.119-125

Suppasri, A., Abe, Y., Yasuda, M., Fukutani, Y. and Imamura, F., 2015. Tsunami signs, memorials and evacuation drills in Miyagi Prefecture after the 2011 Tohoku Earthquake Tsunami. In *Handbook of coastal disaster mitigation for engineers and planners* (pp. 599-614). Butterworth-Heinemann.

Sutton, J., Olson, M., Walpole, H., Cain, L.B., Waugh, N. and Wood, M.M., 2025. The complete message is the best message: The case for standardizing wireless emergency alerts. *Natural Hazards Review*, 26(3), p.04025030.

Sutton, J., Wood, M.M., Huntsman, D.O., Waugh, N. and Crouch, S., 2023. Communicating hazard location through text-and-map in earthquake early warnings: A mixed methods study. *Natural Hazards Review*, 24(4), p.04023035.

Tang, J., Wang, J., Feng, X., 2024. Early warning systems and farmers' adaptation to extreme weather: Empirical evidence from the North China Plain. *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Change* 29, 86. <https://doi.org/10.1007/s11027-024-10183-9>

Zommers, Z. & Singh, A. (2014). *Reducing disaster: Early warning systems for climate change*. Springer. ISBN: 978-94-017-8597-6. DOI: 10.1007/978-94-017-8598-3.

United Nations Office for Disaster Risk Reduction & World Meteorological Organization. (2022). *Early Warnings for All Initiative: Executive Action Plan 2023–2027*. UNDRR & WMO. <https://www.preventionweb.net/media/84612/download?startDownload=20251017>

Werthmann, C., Sapena, M., Kühnl, M., Singer, J., Garcia, C., Breuninger, T., Gamperl, M., Menschik, B., Schäfer, H., Schröck, S., Seiler, L., Thuro, K., Taubenböck, H., 2024. Insights into the development of a landslide early warning system prototype in an informal settlement: the case of Bello Oriente in Medellín, Colombia. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 24, 1843–1870. <https://doi.org/10.5194/nhess-24-1843-2024>

Wogalter, M.S., Mayhorn, C.B. and Laughery Sr, K.R., 2021. *Warnings and hazard communications. Handbook of human factors and ergonomics*, pp.644-667.



Yasufuku, K., Akizuki, Y., Hokugo, A., Takeuchi, Y., Takashima, A., Matsui, T., Suzuki, H. and Pinheiro, A.T.K., 2017. Noticeability of illuminated route signs for tsunami evacuation. *Fire Safety Journal*, 91, pp.926-936.

Youngs, Y., 2020. Danger beyond this point: Visual representation, cultural landscapes, and the geography of environmental hazards in US national parks. *GeoHumanities*, 6(2), pp.314-346.

Zhang, Z., Jia, L. and Qin, Y., 2017. Optimal number and location planning of evacuation signage in public space. *Safety science*, 91, pp.132-147.

Sobre la mejora del sistema de alerta temprana ante inundaciones costeras, la siguiente bibliografía puede ser de interés.

Vousdoukas, M. I., Mentaschi, L., Voukouvalas, E., Verlaan, M., Jevrejeva, S., Jackson, L. P., ... & Feyen, L. (2018). Global probabilistic projections of extreme sea levels show intensification of coastal flood hazard. *Nature Communications*, 9, Article 2360. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-04692-w>

Masselink, G., & Gehrels, R. (Eds.). (2014). *Coastal environments and global change*. Wiley-Blackwell. <https://doi.org/10.1002/9781119117261>

Luque, P., Gómez-Pujol, L., Marcos, M., & Orfila, A. (2021). Coastal flooding in the Balearic Islands during the twenty-first century caused by sea-level rise and extreme events. *Frontiers in Marine Science*, 8, Article 676452. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.676452>

Warner, J. C. et al. (2010). Development of a Coupled Ocean–Atmosphere–Wave–Sediment Transport (COAWST) Modeling System. *Ocean Modelling*, 35(3), 230–244.

Sobre el desarrollo de un sistema biometeorológico de alerta sanitaria frente a emergencias climáticas, las siguientes referencias pueden ser de utilidad.

Díaz Jiménez, J. et al. (2005). Impacto de las temperaturas extremas en la salud pública: futuras actuaciones. *Rev. Esp. Salud Pública*, 79(2), 145–157.

May, K. L. (1983). Meteorological and climatic factors in bronchial asthma. *Allergol Immunopathol (Madr)*, 11(6), 465–472.

Danet, S. et al. (2004). Unhealthy effects of atmospheric temperature and pressure on myocardial infarction. *Circulation*, 100(1), e1.

Vergés, J. et al. (2004). Weather conditions can influence rheumatic diseases. *Proc. West Pharmacol. Soc.*, 47, 134–136.

Huang, X. et al. (2024). Relationship between sun exposure and seasonal affective disorder symptoms in rural older people. *BMC Public Health*.

Wang, M. et al. (2021). High humidity aggravates the severity of arthritis. *Arthritis Research & Therapy*, 23(1).

Venkatesan, P. (2022). Epidemic thunderstorm asthma. *The Lancet Respiratory Medicine*, 10(4), 325–326.

Thien, F. et al. (2018). The Melbourne epidemic thunderstorm asthma event 2016. *The Lancet Planetary Health*, 2(6), e255–e263.



Eurowinter Group, Donaldson, G. C. & Keatinge, W. R. (1997). Cold exposure and winter mortality. *The Lancet*, 349, 1341–1346.

Zhai, G. et al. (2024). Differences in cardiovascular disease mortality between northern and southern China under exposure to different temperatures. *PeerJ*, 18355.

Linares, C. et al. (2016a). Effect of heat waves on morbidity and mortality due to Parkinson's disease in Madrid. *Environment International*, 88, 1–7.

Linares, C. et al. (2016b). Short-term association between environmental factors and hospital admissions due to dementia in Madrid. *Environmental Research*, 150, 1–8.

Di Napoli C, Pappenberger F, Cloke HL (2018) Assessing heat-related health risk in Europe via the Universal Thermal Climate Index (UTCI). *Int J Biometeorol* 62(7):1155–1165. <https://doi.org/10.1007/s00484-018-1518-2>

La literatura reciente demuestra que la falta de protocolos de mensajes reduce la eficacia de los SAT. El desarrollo de catálogos de mensajes validados mejora la operatividad y la respuesta social.

Ortiz, G., Aznar-Crespo, P., & Aledo, A. (2024). Developing and pilot-testing warning messages for risk communication in natural disasters. *Environment Systems and Decisions*, 44, 239–258.

Ortiz, G., Aznar-Crespo, P., Oliva, A., Olcina-Cantos, J. & Aledo, A. (2024). Uses and opportunities of emergency calls as a resource for flood risk management. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 100, 104160.

Aledo, A., Ortiz, G., Aznar-Crespo, P. (2022) *Biblioteca de mensajes de alerta ante riesgo de inundación*. Observatorio Socioeconómico de Inundaciones y Sequías. Universidad de Alicante.

Sobre la señalización estandarizada en el terreno de las áreas de peligro identificadas y cartografiadas, hay sectores económicos que se pueden resistir a asociar su localización con la existencia de un peligro. Sin embargo, puede tener un alto nivel de aceptación alto en los ciudadanos.

Ferreira, M.A., Oliveira, C.S., Francisco, R., 2025. Tsunami risk mitigation: the role of evacuation routes, preparedness and urban planning. *Nat. Hazards* 121, 6719–6751. <https://doi.org/10.1007/s11069-024-07061-7>

Musolino, G., Ahmadian, R., Xia, J., 2022. Enhancing pedestrian evacuation routes during flood events. *Nat. Hazards* 112, 1941–1965. <https://doi.org/10.1007/s11069-022-05251-9>

Musolino, G., Ahmadian, R., Falconer, R.A., 2020. Comparison of flood hazard assessment criteria for pedestrians with a refined mechanics-based method. *J. Hydrol.* X 9, 100067. <https://doi.org/10.1016/j.hydroa.2020.100067>

Chelariu, O.-E., Iașu, C., Minea, I., 2022. A GIS-Based Model for Flood Shelter Locations and Pedestrian Evacuation Scenarios in a Rural Mountain Catchment in Romania. *Water* 14, 3074. <https://doi.org/10.3390/w14193074>

Sritart, H., Miyazaki, H., Kanbara, S., Hara, T., 2020. Methodology and Application of Spatial Vulnerability Assessment for Evacuation Shelters in Disaster Planning. *Sustainability* 12, 7355. <https://doi.org/10.3390/su12187355>



Lee, Y.-H., Keum, H.-J., Han, K.-Y., Hong, W.-H., 2021. A hierarchical flood shelter location model for walking evacuation planning. *Environ. Hazards* 20, 432–455. <https://doi.org/10.1080/17477891.2020.1840327>

Loneragan, C., Hedley, N., Clague, J.J., 2015. A visibility-based assessment of tsunami evacuation signs in Seaside, Oregon. *Nat. Hazards* 78, 41–59. <https://doi.org/10.1007/s11069-015-1696-8>

Cao, Y., Boruff, B.J., McNeill, I.M., 2016. Is a picture worth a thousand words? Evaluating the effectiveness of maps for delivering wildfire warning information. *Int. J. Disaster Risk Reduct.* 19, 179–196. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2016.08.012>

Sobre la identificación y armonización de canales, mensajes, niveles de alerta de emergencias y actores clave mediante un sistema de alerta multipeligro, hay trabajos científicos que señalan la necesidad de coordinación y claridad en los mensajes y de capacidades técnicas y formación en todos los niveles de gobierno.

Bean, H., Cruz, A.M., Shimizu, M., Stephens, K.K., McGlone, M., Strover, S., 2021. Mobile Alert and Warning in the United States and Japan: Confronting the Challenges of International Harmonization. *Int. J. Disaster Risk Sci.* 12, 928–934. <https://doi.org/10.1007/s13753-021-00380-4>

Bean, H., Takenouchi, K., Cruz, A.M., 2025. Mobile public warning in Japan and the United States: a sister cities collaboration. *Front. Commun.* 10, 1518729. <https://doi.org/10.3389/fcomm.2025.1518729>

Bopp, E., Douvinet, J., 2022. Alerting people prioritising territories over technologies. A design framework for local decision makers in France. *Appl. Geogr.* 146, 102769. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2022.102769>

Mukange, T., Mokoto, B., Moipolai, T.B., Ndamase, Z., 2024. Accelerating the use of mobile phone capabilities to maximise the effectiveness of public emergency alerts in South Africa, in: *Proceedings of the 17th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance, ICEGOV '24*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, pp. 75–80. <https://doi.org/10.1145/3680127.3680144>

Ortiz, G., Aznar-Crespo, P., Aledo, A., 2024. Developing and pilot-testing warning messages for risk communication in natural disasters. *Environ. Syst. Decis.* 44, 239–258. <https://doi.org/10.1007/s10669-023-09924-z>

Pescaroli, G., Dryhurst, S., Karagiannis, G.M., 2025. Bridging gaps in research and practice for early warning systems: new datasets for public response. *Front. Commun.* 10. <https://doi.org/10.3389/fcomm.2025.1451800>

Rokhideh, M., Fearnley, C., Budimir, M., 2025. Multi-Hazard Early Warning Systems in the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction: Achievements, Gaps, and Future Directions. *Int. J. Disaster Risk Sci.* 16, 103–116. <https://doi.org/10.1007/s13753-025-00622-9>

Šakić Trogrlić, R., van den Homberg, M., Budimir, M., McQuistan, C., Sneddon, A., Golding, B., 2022. Early Warning Systems and Their Role in Disaster Risk Reduction, in: Golding, B. (Ed.), *Towards the “Perfect” Weather Warning: Bridging Disciplinary Gaps through Partnership and Communication*. Springer International Publishing, Cham, pp. 11–46. https://doi.org/10.1007/978-3-030-98989-7_2

Sakkas, G., Tsaloukidis, I., Kazantzidou-Firtinidou, D., Schneider, I., Kouskouna, V., Hybbeneth, N., Berchtold, C., Schlierkamp, J., Miralles, M., Lahaye, S., Bour, M., 2023. The FIRE-IN project: Tsunami-risk related practitioner challenges and 3rd cycle overall results. *Open Res. Eur.* 3, 5. <https://doi.org/10.12688/openreseurope.15249.2>



Stecca, G., Puliafito, A., Simonetti, M., Mariotta, G., Sciuto, P., 2016. A Cloud-based System to Protect Against Industrial Multi-risk Events. *Procedia CIRP* 41, 650–654. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.12.093>

Pascual D, Pla E, Nadal-Romero E, Lasanta T, Zabalza J, Foronda A, Pueyo Y, Reiné R, Barrantes O, Lana-Renault N, Ruiz P, Lorenzo J (2024) Report with the final monitoring results of the implementation action C2. Deliverable 31 LIFE MIDMACC.

8.a.2. Elaborar una estimación periódica de pérdidas económicas anuales en las zonas de peligro

Descripción de la propuesta

Se propone cuantificar los costes anuales esperados derivados de los peligros y eventos extremos para apoyar la planificación de la reducción del riesgo y la estimación económica de los impactos. Para ello, es recomendable traducir el catálogo estatal de peligros y eventos extremos en términos de costes anuales esperados, considerando la frecuencia e intensidad de los eventos y los elementos vulnerables a su impacto: población, coste económico (bienes materiales, bienes privados, bienes de capital e infraestructuras públicas) y flujos de servicios. Esta información contribuye a la priorización de la planificación de medidas de reducción del riesgo de desastres y proporciona una base útil para la industria del seguro en la estimación de costes. Convendría realizar el estudio de forma periódica, por ejemplo, cada cinco años, con el fin de reflejar los cambios en la vulnerabilidad y actualizar los datos sobre los peligros. Por ejemplo, en los Estados Unidos se realizan evaluaciones periódicas de las pérdidas anuales en zonas de riesgo a través de herramientas tales como el Índice Nacional de Riesgo de FEMA y el programa Hazus.

Límites y advertencias

La literatura científica recomienda tener en cuenta tanto costes directos de los desastres socioambientales como impactos económicos indirectos, para orientar mejor las acciones de refuerzo de la prevención y la protección de infraestructuras y servicios prioritarios. Asimismo, se recomienda evaluar los costes a diferentes escalas territoriales (local, regional, estatal) para mejorar las predicciones y el diseño de respuestas.

Evidencia científica y referencias

Botzen, W. J. Wouter; Olivier Deschenes, and Mark Sanders (2019): The Economic Impacts of Natural Disasters: A Review of Models and Empirical Studies, *Review of Environmental Economics and Policy* 13:2, 167-188, <https://doi.org/10.1093/reep/rez004>.



Meier, S., Elliott, R. J. R., & Strobl, E. (2023). Corrigendum to “The regional economic impact of wildfires: Evidence from Southern Europe” [Journal of Environmental Economics and Management 118 (2023) 102787]. *Journal of Environmental Economics and Management* 119, Article 102823, <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2023.102823>.

Rose, Adam (2021): COVID-19 economic impacts in perspective: A comparison to recent U.S. disasters, *International Journal of Disaster Risk Reduction* 60, <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2021.102317>.

Zhou, Fujin; Thijs Endendijk and W.J. Wouter Botzen (2023): A Review of the Financial Sector Impacts of Risks Associated with Climate Change, *Annual Review of Resource Economics* 15, 233-256, <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-101822-105702>.

Gnan, E., Friedland, C., Rahim, M., Mostafiz, R., Rohli, R., Orooji, F., Taghinezhad, A., & McElwee, J. (2022). Improved building-specific flood risk assessment and implications of depth-damage function selection. 4. <https://doi.org/10.3389/frwa.2022.919726>.

Qiu, C., Su, L., Pasuto, A., Bossi, G., & Geng, X. (2024). Economic Risk Assessment of Future Debris Flows by Machine Learning Method. *International Journal of Disaster Risk Science*. <https://doi.org/10.1007/s13753-024-00545-x>.

b. RESPUESTA

8.b.1. Establecer una red de reservas estratégicas

Descripción de la propuesta

Se propone establecer una red de reservas estratégicas - médicas, de ayuda humanitaria y de recursos diversos- que permita abastecer tanto a nivel local como externo de forma solidaria, evitando tanto la escasez como el desbordamiento de donaciones. Es fundamental que la población conozca la existencia de esta red y que las aportaciones se realicen únicamente a través de canales de información seguros y acreditados (por ejemplo, llamamientos oficiales para donaciones de sangre). Esta red incluiría el conjunto de recursos disponibles para hacer frente a emergencias en todos los niveles. La coordinación de la red, el control de los stocks, el análisis de necesidades y la solicitud de recursos y medios podrían constituir también una función de la Agencia Estatal de Protección Civil y Emergencias.

En un estudio comparativo reciente se encontraron algunos problemas comunes, como tipos y cantidades insuficientes de suministros médicos de emergencia en reserva, insuficiente capacidad de producción y un mecanismo de comando poco eficaz para el despliegue y transporte de suministros.



No se ha identificado información sobre las reservas estratégicas de alimentos, pero en la siguiente web se muestran los datos de *food self-sufficiency*⁸ por país para el año 2025.

Limitaciones y advertencias:

1. Se requiere inversión para la acumulación de reservas de productos nuevos.
2. Las reservas se suelen acumular después de una crisis: crisis COVID-19, filomena, etc.
3. España está creando una reserva estratégica (RECAPI) para mitigar las interrupciones en la cadena de suministro y mejorar su resiliencia ante crisis disruptivas. La RECAPI es a la vez una red interministerial y una reforma intersectorial que afecta a una amplia gama de sectores estratégicos. Su creación se consagró en la Ley 36/2015 identificando sectores cuyo suministro es esencial para el bienestar y la seguridad de los ciudadanos, el funcionamiento de la industria y la economía española. Es necesario definir el mandato de la RECAPI, los resultados esperados de la reforma, el funcionamiento operativo, el presupuesto, las consideraciones legales, la coordinación con las autoridades regionales y las empresas, y con la legislación de la UE sobre contratación pública y servicios industriales. En este sentido, bajo un instrumento de financiación TSI, la UE está financiando el proyecto: Apoyar las reformas para la transición hacia una economía verde y combatir el cambio climático.

Evidencia científica y referencias

Balcik, B., Silvestri, S., Rancourt, M., & Laporte, G. (2019). Collaborative Prepositioning Network Design for Regional Disaster Response. *Production and Operations Management*, 28, 2431 - 2455. <https://doi.org/10.1111/poms.13053>.

Wu, Z., Liu, C., Yao, Z., & Zhang, Y. (2022). Research on Optimizing the Location and Layout of National Emergency Material Reserve. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su142315922>.

Zhang, L. (2021). Emergency supplies reserve allocation within government-private cooperation: A study from capacity and response perspectives. *Comput. Ind. Eng.*, 154, 107171. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107171>.

Wang, X., Wu, W., Song, P., & He, J. (2020). An international comparison analysis of reserve and supply system for emergency medical supplies between China, the United States, Australia, and Canada. *Bioscience trends*. <https://doi.org/10.5582/bst.2020.03093>.

⁸ <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/food-self-sufficiency-rate-by-country>



Lv, C., Liang, R., Jin, W., Chai, Y., & Yang, T. (2022). Multi-stage resilience scheduling of electricity-gas integrated energy system with multi-level decentralized reserve. *Applied Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.119165>.

Wang, X., Zhang, X., & He, J. (2020). Challenges to the system of reserve medical supplies for public health emergencies: reflections on the outbreak of the severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) epidemic in China. *Bioscience trends*. <https://doi.org/10.5582/bst.2020.01043>.

International Energy Agency: muestra datos sobre los sistemas de energía incluyendo algunos sobre reservas de los países. <https://www.iea.org/>

https://reform-support.ec.europa.eu/what-we-do/green-transition/strategic-reserve-essential-and-strategic-resources-based-industrial-capabilities-recapi_en

https://reform-support.ec.europa.eu/publications-0/strategic-reserve-essential-and-strategic-resources-based-industrial-capabilities-recapi_en

8.b.2. Implantar un sistema de contabilidad del gasto en reducción del riesgo de desastres y de adaptación y mitigación del cambio climático

Descripción de la propuesta

La propuesta busca mejorar la transparencia y el seguimiento del gasto público relacionado con el riesgo de desastres y el cambio climático mediante su identificación y clasificación unificada. En la actualidad no se conoce el gasto conjunto en materia de riesgo de desastres y cambio climático, sino únicamente los gastos desagregados. Es necesario definir con precisión qué gastos corresponden a las diferentes medidas relativas al riesgo de desastres y al cambio climático, lo que permitirá contar con una visión de conjunto del gasto, analizar su evolución, generar conciencia sobre el valor de la inversión pública y evaluar la efectividad de las medidas de reducción del riesgo.

Limitaciones y advertencias:

1. Tendencia a maquillar el gasto y exagerar las etiquetas de clasificación para mejorar el acceso a la financiación para la reducción de riesgo y adaptación del clima. *Solución*: Fuerte función de impugnación en la revisión de control de calidad gestionada por las instituciones implicadas y el Ministerio de Hacienda.
2. El gasto relacionado con el agua plantea desafíos particulares. Las responsabilidades institucionales pueden incluir empresas estatales o entidades subnacionales. Los objetivos suelen centrarse en la prestación de servicios rutinarios, con escasa referencia a cambios graduales o fenómenos extremos.
3. La infraestructura suele ser problemática con objetivos menores, pero gasto considerable.



4. En los sectores sociales (es decir, salud, educación y bienestar social), los objetivos suelen ser reducidos comparado con los de desarrollo social.
5. La diversificación de ingresos es clave para fortalecer la resiliencia de los hogares. La importancia relativa de los objetivos de resiliencia (climáticos y no climáticos) depende del grado en que se dirige a los hogares vulnerables, aunque esto puede no ser muy explícito.
6. La supervisión del financiamiento climático por parte de la legislatura aún es deficiente en la mayoría de los países, lo que refleja los desafíos generales en el escrutinio presupuestario, particularmente en los países en desarrollo.
7. Las leyes marco sobre el cambio climático pueden ayudar a garantizar que el gobierno le dé prioridad al cambio climático.
8. La falta de datos disponibles públicamente sobre los ingresos y gastos relacionados con el cambio climático debilita la transparencia climática.
9. La rendición de cuentas en materia de financiación climática podría fortalecerse mediante una mayor colaboración entre el gobierno y los actores formales e informales.

Evidencia científica y referencias

UNDP (2022a) Global Climate Public Finance Review. UNDP, New York. (<https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2022-09/UNDP-Global-Climate-Public-Finance-Review-2022.pdf>)

Choi, S, Weingärtner, L, Gaile, B, Cardenas, D, Wickramasinghe, K, Nicholson, K, Broermann, S, Bio Tchané, Y and Steele, P (2023) Tracking the money for climate adaptation and disaster risk reduction. UNDRR and IIED, London. (<https://www.undrr.org/publication/tracking-money-climate-adaptation-and-disaster-risk-reduction>).

UNDRR (2024), Resilience Expenditure Landscape: Tracking spending on disaster risk reduction and climate change adaptation, United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). <https://www.undrr.org/media/98344/download>

OECD (2018), Assessing the Real Cost of Disasters: The Need for Better Evidence, OECD Reviews of Risk Management Policies, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264298798-en>

Gagliardi N, Arévalo P and Pamies S. The Fiscal Impact of Extreme Weather and Climate Events: Evidence for EU Countries. Publications Office of the European Union, 2022. doi:10.2765/867213. https://economy-finance.ec.europa.eu/system/files/2022-07/dp168_en.pdf

Disaster Resilient and Responsive Public Financial Management: An Assessment Tool. (2022) International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/403941645736502355/pdf/Disaster-Resilient-and-Responsive-Public-Financial-Management-An-Assessment-Tool.pdf>

Newman, R., Noy, I. The global costs of extreme weather that are attributable to climate change. Nat Commun 14, 6103 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41467-023-41888-1>

[Aid to environment, DRR and Rio markers](#). European Commission.



c. RECUPERACIÓN

8.c.1. Incluir la restauración en las estrategias de prevención de riesgos a eventos extremos

Descripción de la propuesta

La propuesta plantea reforzar la aplicación del enfoque continuo del proceso de emergencia establecido en la Directiva Básica de Protección Civil, abarcando desde la evaluación del riesgo y la prevención hasta la recuperación. Para ello, se propone desarrollar mecanismos que favorezcan una adecuada coordinación interadministrativa entre los dispositivos de emergencia y los ámbitos de gestión forestal y urbana, de modo que la fase de recuperación quede plenamente integrada en el proceso de gestión de emergencias. Este aspecto resulta especialmente relevante tras los incendios forestales, ya que durante la fase de recuperación pueden incorporarse medidas preventivas orientadas a reducir la vulnerabilidad frente a futuros eventos extremos.

Limitaciones y advertencias

Complejidad de la coordinación, barreras financieras y administrativas y vigilar una atención adecuada y suficiente a los factores sociales e institucionales.

Evidencias científicas y referencias

Birkmann, J., Schüttrumpf, H., Handmer, J., Thieken, A., Kuhlicke, C., Truedinger, A., Sauter, H., Klopries, E., Greiving, S., Jamshed, A., Merz, B., Solecki, W., & Kirschbauer, L. (2023). Strengthening resilience in reconstruction after extreme events – Insights from flood affected communities in Germany. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2023.103965>.

Dai, J., & Azhar, A. (2024). Collaborative governance in disaster management and sustainable development. *Public Administration and Development*, 44(4), 358-380. <https://doi.org/10.1002/pad.2071>

Okunola, O., & Werners, S. (2024). A multi-dimensional framework for assessing disaster recovery pathways: Lessons and experiences from Germany and Nigeria. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2024.104777>.

Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015 – 2030 (2015). United Nations - Headquarters United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). <https://www.undrr.org/media/16176/download?startDownload=20251017>

Structuring an emergency response plan for crisis management stakeholders (2023). CEN/WS ERP. CEN-CENELEC, PrCWA ERP:2023. https://www.cencenelec.eu/media/CEN-CENELEC/News/Workshops/2023/2023-05-12%20-%20ERP/cwa_erp_finaldraft.pdf



d. POLIVALENTE

8.d.1. Impulsar la creación de la Agencia Estatal de Protección Civil y Emergencias o, más allá, de la Agencia Estatal de Reducción del Riesgo de Desastres y Emergencias

Descripción de la propuesta

Debido al incremento de riesgos compuestos y en cascada por cambio climático en Europa (con especial vulnerabilidad del Sur) y brechas de interoperabilidad o fragmentación actuales, se propone crear una Agencia Estatal con personalidad jurídica propia y autonomía técnica y operativa, orientada a:

1. Coordinación y cooperación interterritorial sin menoscabo competencial,
2. Centro nacional de datos multirriesgo y apoyo científico-técnico (modelización rápida, evaluación estructural, geotecnia, logística),
3. Gestión de instrumentos financieros con criterios técnicos (p. ej., los fondos de prevención y de respuesta inmediata, del eje 6), y protocolos unificados y activación automática por umbrales de riesgo. Su estructura federada preserva competencias autonómicas y locales mediante convenios y un esquema de mando coordinado.
4. Modelo organizativo recomendado: colaborativo y en red (no recentralizador). Integra la alternativa de Interagencia: coordinación nacional en emergencias multirregionales; Bolsa Nacional de Recursos para Emergencias (BNRE); impulso del Sistema Nacional de Manejo de Emergencias (SNME); certificación profesional por competencias; y plataforma nacional de datos de riesgos. La experiencia comparada (BBK-Alemania; DGSCGC-Francia; Resilience Directorate-UK) avala agencias estatales que apoyan a los niveles territoriales y estandarizan doctrina, planes y formación, sin suplantar competencias.
5. Se recomienda que el perfil de la agencia deje de lado el énfasis exclusivo en la respuesta a la emergencia, y adopte el enfoque global del riesgo de desastres, tal como recomienda el Marco de Sendai 2015-2030 de Naciones Unidas, de ahí la propuesta de que su nombre debiera evolucionar de la Agencia Estatal de Protección Civil y Emergencias propuesta a la Agencia Estatal de Reducción del Riesgo de Desastres y Emergencias.

Acciones clave:



Esta agencia iría acompañada de cinco mecanismos: un mecanismo de coordinación sectorial con los ministerios, un mecanismo de coordinación con las comunidades autónomas, un mecanismo de coordinación con las organizaciones internacionales, un comité científico que asesore y aporte evidencias y un mecanismo de coordinación con la sociedad civil. En este último caso se recomienda la constitución de una plataforma estatal intersectorial y social, en línea con la recomendación de la Oficina de Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRR), en la que esté representada la diversidad de la sociedad civil.

En España hay, en materia de protección civil, una concurrencia de competencias entre los diferentes niveles territoriales de gobierno. En un contexto de mayor frecuencia y severidad de los eventos climáticos extremos, resulta fundamental mejorar la coordinación, cooperación y colaboración entre las diferentes administraciones, aprovechando las fortalezas de la descentralización para conseguir un abordaje adaptado al territorio y cercano a la ciudadanía. Una cooperación que desarrolle una visión política compartida y una planificación multinivel, garantizando el flujo de recursos, pero también de aprendizajes.

El sistema español de órganos de cooperación multilateral ofrece, a través de la Conferencia de Presidentes y de las conferencias sectoriales, oportunidades para un trabajo conjunto en protección civil, medio ambiente y otras materias relacionadas con las emergencias climáticas. Las administraciones locales cuentan además con la Comisión Nacional de la Administración Local (CNAL). A este marco se suma la creación de la futura Agencia Estatal de Protección Civil y Emergencias, que ha de ser también una nueva oportunidad de cooperación entre administraciones públicas, aportando especialización y permanencia.

En cualquier caso, los avances en la cooperación ante emergencias climáticas pasan por acentuar la perspectiva técnica frente a la coyuntura política y por extender la colaboración entre administraciones en todas las fases del proceso: prevención, respuesta y recuperación.

Se propone una mesa permanente entre el Ministerio de Interior, el Ministerio de Defensa, el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA), el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO), las comunidades autónomas y las organizaciones profesionales agrarias y forestales para priorizar por cuencas y comarcas las inversiones y medidas de adaptación agroambiental, acordar calendarios de ejecución y evaluar anualmente los resultados e



impactos. La mesa operará con órdenes del día orientadas a decisiones (agua, incendios, calor, costa) y publicará actas e indicadores. Se creará una unidad de enlace del MAPA en la futura Agencia Estatal de Protección Civil y Emergencias para protocolos multirriesgo (sequías, DANA, incendios, olas de calor y frío, temporales costeros), con intercambio de datos en tiempo real —inventarios, censos ganaderos, daños y accesos— y evaluación rápida de impactos agroganaderos y forestales que faciliten activar ayudas y seguros. Se recomienda incorporar representación del ámbito sanitario y sociosanitario en la estructura de gobernanza de la agencia, con el objetivo de mejorar la coordinación entre los servicios de protección civil y dichos servicios.

A nivel de la cooperación internacional, la Agencia continuará compartiendo conocimiento, realizando acuerdos bilaterales, tecnologías, intercambiando buenas prácticas con otros países con experiencias similares (Portugal, sur de Europa, etc.), y estará en coordinación con el Mecanismo de Protección Civil de la Unión.

Las principales funciones de la Agencia podrían ser:

- Elaborar un catálogo estatal de peligros y eventos extremos
- Elaborar un catálogo estatal de elementos vulnerables a peligros y eventos extremos con una perspectiva multipeligro
- Elaborar una estimación periódica de pérdidas anuales en las zonas de peligro
- Elaborar una guía de reducción del riesgo de desastres
- Elaborar un plan de emergencias
- Elaborar un informe anual de eventos extremos y cambio climático

Se propone consolidar el papel operativo y de coordinación de la Agencia mediante la formación continua, el desarrollo de protocolos y la mejora de los canales de información y comunicación en la gestión de emergencias. Además de las funciones previamente descritas, la Agencia mantendría la formación permanente de técnicos y responsables de la toma de decisiones, incluyendo actualizaciones en el uso de tecnologías aplicadas a emergencias (como robots o pilotaje de drones). Esta formación podrá ser externalizada cuando sea necesario.

La Agencia desarrollaría protocolos de activación y coordinación de recursos, similares a los establecidos por INSARAG para la coordinación en terreno de



equipos de búsqueda y rescate y la instalación de los OSOCC (On-Site Operation Coordination Centre).

Asimismo, contaría con una estructura estable y estar dirigida por una persona con alto rango en la administración, siguiendo el ejemplo del Coordinador de Ayuda de Emergencias (ERC) de Naciones Unidas.

Desarrollaría simulacros de grandes catástrofes o de características específicas (como búsqueda y rescate en agua), siguiendo la experiencia del Sistema Europeo de Protección Civil (ECHO), aunque con una participación más amplia de grupos nacionales.

Sin embargo, no sería la entidad responsable del desarrollo de simuladores o gemelos digitales, ya que es recomendable que estos se adaptasen a cada territorio y tipo de emergencia; su función se limitaría a proporcionar medios o facilitar convenios para su desarrollo.

La Agencia establecería canales de información externa para todas las entidades involucradas en la respuesta a emergencias - similares a Reliefweb de OCHA o a la Secretaría General de Riesgos en Ecuador—, donde se publiquen informes de situación de forma constante sobre la evolución de los eventos, la evaluación de daños y el análisis de necesidades.

Finalmente, se recomienda que mejorase los medios de comunicación con la población y, junto con las acciones formativas, desarrollase mecanismos de información más ágiles y completos, por ejemplo, optimizando el uso del sistema My112.

Mecanismos de implementación:

1. Reforma legislativa: elevación de la Dirección General a Agencia Estatal, con competencias claras en coordinación multiescala, presupuesto plurianual, y asunción de funciones existentes (sin duplicidades).
2. Modelo en red: convenios CCAA-Estado; BNRE; estandarización de planes y doctrina (alineado con RD 524/2023); certificación profesional y programa nacional de ejercicios.
3. Centro nacional de datos y sala de situación: integración de datos multirriesgo, ES-Alert, y tableros operativos; interoperabilidad con nodos autonómicos.



4. Financiación: PGE, fondos UE (adaptación/resiliencia), convenios territoriales; FRI/FPAT para respuesta inmediata y prevención/adaptación territorial.
5. Seguimiento y evaluación: Memoria anual del Sistema, auditorías operativas y lecciones aprendidas; indicadores de tiempo de activación, interoperabilidad, cobertura de planes y despliegue de BNRE (alineado con la evaluación prevista por la Ley 17/2015/RD 524/2023).

Ámbito: Nacional (Ley 17/2015 del Sistema Nacional de Protección Civil y RD 524/2023), con integración autonómica y local.

Sectores: Protección Civil, Medio Ambiente, Interior/Seguridad, Defensa (UME), Sanidad, Ciencia/Innovación, Infraestructuras críticas y Agua.

Limitaciones y advertencias

1. Riesgo de percepción recentralizadora y posibles duplicidades si no se clarifica el rol de apoyo (lección del modelo BBK y debate alemán). Se recomienda que la nueva agencia se definiese con claridad para evitar solapamientos con estructuras ya existentes (Protección Civil autonómica, UME, 112, etc.). Conviene priorizar en el diseño inicial la delimitación de competencias y así se eviten conflictos operativos
2. Complejidad legislativa y organizativa (transformar la actual Dirección General en Agencia, transferencias y presupuestación plurianual). Necesaria alineación con Ley 17/2015 y RD 524/2023. La creación y consolidación de una agencia estatal requiere un compromiso legislativo y presupuestario por parte de los poderes públicos. Sin una asignación presupuestaria estable y suficiente, muchas de las funciones propuestas podrían quedar limitadas a acciones puntuales o simbólicas.
3. Interoperabilidad de datos y protocolos (estándares comunes y mantenimiento continuo).
4. Capacidad de recursos (humanos, logísticos, analíticos) y formación/certificación homogénea. (Modelos DGSCGC/UK muestran la necesidad de doctrina, academia y programas de ejercicio).
5. Aunque se propone el uso de tecnologías avanzadas (drones, robots, simuladores) existirán limitaciones tecnológicas y territoriales, su aplicación efectiva dependerá de la capacidad de adaptación a las características geográficas, sociales y climáticas de cada territorio



6. Existirán desafíos en la formación continua, será necesario establecer estándares mínimos y mecanismos de evaluación para garantizar la calidad y pertinencia de la capacitación.
7. La creación de canales de información externa similares a Reliefweb y la gestión de la información en tiempo real implica una carga operativa significativa. Se recomienda que a Agencia contase con equipos especializados en análisis de datos, comunicación de crisis y verificación de fuentes, para evitar la difusión de información errónea o incompleta durante emergencias.

La cooperación multinivel requiere superar barreras políticas, administrativas y competenciales que pueden dificultar la coordinación efectiva, especialmente en contextos de emergencia. La falta de claridad en la distribución de responsabilidades y recursos puede generar duplicidades o vacíos de actuación. Es necesario institucionalizar espacios técnicos de trabajo que trasciendan la coyuntura política, garantizando continuidad, especialización y mecanismos de evaluación compartidos entre administraciones.

Evidencia científica y referencias

El IPCC señala que Europa, especialmente el Sur, es una de las regiones más vulnerables al cambio climático. La experiencia de países como Francia, Italia y Alemania demuestra que la centralización de agencias de protección civil mejora la eficiencia operativa y la coordinación interinstitucional frente a emergencias. Esta colaboración entre instituciones resulta clave para mantener la confianza social, la seguridad humana y la resiliencia cívica, según el UNDP-2022. Hay diversos modelos institucionales de referencia como el BBK (DE) y marco ZSKG; DGSCGC (FR) con COGIC; Resilience Directorate y UK Government Resilience Framework (UK).

En España hay una concurrencia de competencias en protección civil (Lara Ortiz, 2025; Ochoa Monzó, 2025). Por ello, aunque nuestro Sistema Nacional de Protección Civil es normativamente completo y avanzado, homologable al Mecanismo Europeo, es necesario mejorar la colaboración, cooperación y coordinación entre los niveles de gobierno y entre sus distintas áreas (Lara Ortiz, 2025; Romero González & Camarasa Belmonte, 2025). Más aún cuando determinados episodios como la DANA de Valencia de 2024 han puesto de manifiesto déficits de gobernanza y el deterioro o ausencia de espacios de coordinación y cooperación entre administraciones (Romero, 2025).



En la respuesta a las catástrofes es habitual que existan grados variables de fricción entre los diferentes niveles de gobierno y entre el estado y la sociedad civil (Aldrich, 2019). En principio, la descentralización que conlleva el federalismo puede facilitar una mejor adaptación a desastres, entre ellos la gestión de inundaciones (Steurer & Clar, 2017), si bien no es por sí sola garantía de éxito. En Estados Unidos, por ejemplo, durante los huracanes Katrina y Rita del año 2005 la coordinación falló, siendo la respuesta de los niveles locales y regionales de gobierno más rápida que la del nivel federal (Kapucu, Arslan & Collins, 2010). Esto mostró la necesidad de una clara delimitación de los papeles y responsabilidades de las diferentes administraciones, en un esfuerzo compartido que ha de continuar durante la fase de recuperación (Crow & Albright, 2019; Crow & Albright, 2021; Drennan, McGowan & Tiernan, 2016; Kapucu, 2014).

Para conseguir una mejora en la comunicación y en la colaboración entre instituciones, en caso australiano se propusieron cinco reformas: desarrollar una visión política compartida; adoptar una planificación multinivel; integrar la legislación; crear redes de organizaciones; y establecer financiación cooperativa (Howes et al., 2014). En el ámbito estrictamente español, es importante fortalecer el trabajo en emergencias climáticas en la Conferencia de Presidentes y en las conferencias sectoriales, que pueden institucionalizar el trabajo técnico previo a su celebración (Romero, 2025; Romero González & Camarasa Belmonte, 2025).

La cooperación internacional potencia la acción climática multinivel, promueve la colaboración y reduce las tensiones entre países, especialmente en contextos de recursos compartidos y riesgos transfronterizos, favorece mecanismos internacionales y acuerdos flexibles como tratados sobre recursos hídricos.

Aldrich, D. P. (2019). Challenges to coordination: Understanding intergovernmental friction during disasters. *International Journal of Disaster Risk Science*, 10, 306–316. <https://doi.org/10.1007/s13753-019-00225-1>

BBK. (s. f.). *Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe* (sitio oficial). https://bbk.bund.de/EN/Home/home_node.html ZSKG. (1997/2020). *Zivilschutz- und Katastrophenhilfegesetz* (Ley federal alemana). <https://www.gesetze-im-internet.de/zsq/BJNR072610997.html>

Cabinet Office (UK). (2022–2023). *UK Government Resilience Framework y Prepare (Resilience Directorate)*. <https://www.gov.uk/government/publications/the-uk-government-resilience-framework> ; <https://prepare.campaign.gov.uk/about-this-website-and-uk-resilience/>

Chan, S., Asselt, H., Hale, T., Abbott, K., Beisheim, M., Hoffmann, M., Guy, B., Höhne, N., Hsu, A., Pattberg, P., Pauw, P., Ramstein, C., & Widerberg, O. (2015). Reinvigorating International Climate Policy: A Comprehensive Framework for Effective Nonstate Action. *Global Policy*, 6, 466-473. <https://doi.org/10.1111/1758-5899.12294>.



Chan, S., Hale, T., Deneault, A., Shrivastava, M., Mbeva, K., Chengo, V., & Atela, J. (2022). Assessing the effectiveness of orchestrated climate action from five years of summits. *Nature Climate Change*, 12, 628 - 633. <https://doi.org/10.1038/s41558-022-01405-6>.

Crow, D. A., & Albright, E. A. (2019). Intergovernmental relationships after disaster: State and local government learning during flood recovery in Colorado. *Journal of Environmental Policy & Planning*, 21(3), 257–274. <https://doi.org/10.1080/1523908X.2019.1623660>

Crow, D. A., & Albright, E. A. (2021). Intergovernmental relationships and successful disaster recovery and learning. In D. A. Crow & E. A. Albright (Eds.), *Community disaster recovery: Moving from vulnerability to resilience* (pp. 139–152). Cambridge University Press.

Dávila-Cabanillas, N., & Olcina-Cantos, J. (2025). Cambio climático y planificación territorial: análisis y propuesta a partir del estudio comparado entre el País Vasco y la Comunidad Valenciana. *Ciudad Y Territorio Estudios Territoriales*, 57(223). <https://doi.org/10.37230/CyTET.2025.223.2>

Dinar, S., Katz, D., Stefano, L., & Blankespoor, B. (2015). Climate change, conflict, and cooperation: Global analysis of the effectiveness of international river treaties in addressing water variability. *Political Geography*, 45, 55-66. <https://doi.org/10.1016/J.POLGEO.2014.08.003>.

Dorsch, M., & Flachsland, C. (2017). A Polycentric Approach to Global Climate Governance. *Global Environmental Politics*, 17, 45-64. https://doi.org/10.1162/GLEP_a_00400.

Drennan, L., McGowan, J., & Tiernan, A. (2016). Integrating recovery within a resilience framework: Empirical insights and policy implications from regional Australia. *Politics and Governance*, 4(4), 1–13. <https://doi.org/10.17645/pag.v4i4.741>

DGSCGC (Francia). (s. f.). *Direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises*. <https://www.securite-civile.interieur.gouv.fr/nous-connaître/notre-organisation/direction-generale>

Gooding, K., Bertone, M., Loffreda, G., & Witter, S. (2022). How can we strengthen partnership and coordination for health system emergency preparedness and response? Findings from a synthesis of experience across countries facing shocks. *BMC Health Services Research*, 22. <https://doi.org/10.1186/s12913-022-08859-6>.

Guerrero, A., Bodin, Ö., Nohrstedt, D., Plummer, R., Baird, J., & Summers, R. (2023). Collaboration and individual performance during disaster response. *Global Environmental Change*. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2023.102729>.

Howes, M., Tangney, P., Reis, K., Grant-Smith, D., Heazle, M., Bosomworth, K., & Burton, P. (2014). Towards networked governance: Improving interagency communication and collaboration for disaster risk management and climate change adaptation in Australia. *Journal of Environmental Planning and Management*, 58(5), 757–776. <https://doi.org/10.1080/09640568.2014.891974>

IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability* (WGII). <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>

Kapucu, N. (2014). Collaborative governance and disaster recovery: The National Disaster Recovery Framework (NDRF) in the U.S. In R. Shaw (Ed.), *Disaster recovery* (pp. 41–56). Springer. https://doi.org/10.1007/978-4-431-54255-1_3

Kapucu, N., Arslan, T., & Collins, M. L. (2010). Examining intergovernmental and interorganizational response to catastrophic disasters: Toward a network-centered approach. *Administration & Society*, 42(2), 222–247. <https://doi.org/10.1177/0095399710362517>



Lara Ortiz, M.L. (2025). *La eficacia del Sistema Nacional de Protección Civil a prueba. Análisis de la emergencia generada por la DANA de octubre de 2024. Revista d'estudis autonòmics i federals*, (41), 73-111. <https://raco.cat/index.php/REAF/article/view/10000005640>

Ley 17/2015, de 9 de julio, del Sistema Nacional de Protección Civil. BOE. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2015-7730>

Ochoa Monzó, J. (2025). Introducción: El necesario cambio de paradigma de los servicios de gestión de emergencias frente a los riesgos del cambio climático. *Revista d'estudis autonòmics i federals*, (41), 17-33. <https://raco.cat/index.php/REAF/article/view/10000005637>

Olcina Cantos, J. (2009). Cambio climático y riesgos climáticos en España. *Investigaciones Geográficas*, (49), 197-220. <https://doi.org/10.14198/INGEO2009.49.10>

Olcina Cantos, J. (2020). Clima, canvi climàtic i riscos climàtics al litoral mediterrani: oportunitats per a la geografia. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 66(1), 159-182. <https://raco.cat/index.php/DocumentsAnalisi/article/view/373299>

Olcina Cantos, J. (2020). Ordenación del territorio para la gestión del riesgo de inundaciones: propuestas. En M. I. López Ortiz & J. Melgarejo Moreno (Eds.), *Riesgo de inundación en España: análisis y soluciones para la generación de territorios resilientes* (pp. 465-475). Universitat d'Alacant. ISBN: 978-84-1302-091-4.

Olcina-Cantos, J., & Díez-Herrero, A. (2025). Inundaciones en España: el papel de la planificación territorial. *Ciudad Y Territorio Estudios Territoriales*, 57(223). <https://doi.org/10.37230/CyTET.2025.223.1>

Real Decreto 524/2023, de 20 de junio, por el que se aprueba la Norma Básica de Protección Civil. BOE. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2023-14679>

Romero González, J., & Camarasa Belmonte, A. M. (2025). Evidencias científicas sobre cambio climático y territorio en el Mediterráneo ibérico: Efectos, estrategias y políticas públicas. Principales recomendaciones. <https://doi.org/10.7203/10550.107077>

Romero, J. (2025). El Estado autonómico puesto a prueba: Balance político de la gestión de la DANA ocurrida en Valencia el 29 de octubre de 2024. *Geopolítica(s). Revista de estudios sobre espacio y poder*, 16(1), 13-29. <https://doi.org/10.5209/geop.103119>

Shaw, R. (2015). Disaster risk governance in Japan. In R. Shaw (Ed.), *Disaster Risk Reduction Approaches in Japan* (pp. 35-56). Springer.

Steurer, R., & Clar, C. (2017). The ambiguity of federalism in climate policy-making: How the political system in Austria hinders mitigation and facilitates adaptation. *Journal of Environmental Policy & Planning*, 20(2), 252-265. <https://doi.org/10.1080/1523908X.2017.1411253>

Tierney, K. (2019). *Disasters: A Sociological Approach*. Polity.

Turégano, A. C., & Hungría, E. M. (2021). El Derecho ambiental frente a los delitos ecológicos: la eficacia y eficiencia penal a debate. *Revista electrónica de ciencia penal y criminología*, 23.

UNDP. (2022). *New threats to human security in the Anthropocene*. <https://hdr.undp.org/content/2022-special-report-human-security>

Evidencia que respalda la creación de una estructura nacional especializada en protección civil y emergencias climáticas:



Summary Report: Understanding the Needs of Civil Protection Agencies and Opportunities for Scaling up Disaster Risk Management. Economics for Disaster Prevention and Preparedness. World Bank Group. 2021. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/349561622438336398/pdf/Economics-for-Disaster-Prevention-and-Preparedness-Understanding-the-Needs-of-Civil-Protection-Agencies-and-Opportunities-for-Scaling-up-Disaster-Risk-Management-Investments-Summary-Report.pdf>

Charles F. Parker, Thomas Persson & Sten Widmalm (2019). The effectiveness of national and EU-level civil protection systems: evidence from 17 member states, *Journal of European Public Policy*, 26:9, 1312-1334, DOI: 10.1080/13501763.2018.1523219

National Protection Framework Second Edition. FEMA (Agencia Federal para el Manejo de Emergencias). June 2016. https://www.fema.gov/sites/default/files/documents/fema_gpd_national-protection-framework-2nd-edition_051525.pdf

Evidencia que apoya la integración de tecnologías y la formación técnica en la gestión operativa de emergencias:

Massimo Callisto De Donato, Flavio Corradini, Fabrizio Fornari, Barbara Re, SAFE: An ICT platform for supporting monitoring, localization and rescue operations in case of earthquake, *Internet of Things*, Volume 27, 2024, 101273, ISSN 2542-6605, <https://doi.org/10.1016/j.iot.2024.101273>.

Robakowska, M.; Ślęzak, D.; Żuratyński, P.; Tyrańska-Fobke, A.; Robakowski, P.; Prędkiewicz, P.; Zorena, K. Possibilities of Using UAVs in Pre-Hospital Security for Medical Emergencies. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2022, 19, 10754. <https://doi.org/10.3390/ijerph191710754>

Adam S. Jacoff, Ann Virts. Performance of Emergency Response Robots. National Institute of Standards and Technology. <https://www.nist.gov/programs-projects/performance-emergency-response-robots>

NECP Spotlight: Implementing UAS Programs to Support Emergency Operations. The National Emergency Communications Plan. Cybersecurity and Infrastructure Security Agency. https://www.cisa.gov/sites/default/files/2023-01/necp_spotlight_-_implementing_uas_programs_to_support_emergency_operations_03.02.22_v4_508.pdf

Evidencia que apoya los simulacros y ejercicios de gran escala:

Jurgena Kamberaj, Simon Aebi. RISK AND RESILIENCE REPORT: The Strategic Value of Civil Protection Exercises. Center for Security Studies (CSS), ETH Zürich. September 2025. <https://css.ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/gess/cis/center-for-securities-studies/pdfs/risk-and-resilience-report-exercises.pdf>

Civil protection exercises. EU Civil Protection Knowledge Network - European Commission. <https://civil-protection-knowledge-network.europa.eu/civil-protection-exercises>

Evidencia de mejoras en la comunicación en emergencias con la población:

Crisis & Emergency Risk Communication (CERC) Manual. Centers for Disease Control and Prevention CDC. November 2024. <https://www.cdc.gov/cerc/php/cerc-manual/index.html>

Communicating statistics on the health effects of climate change” by Ellen Peters and Renee N. Salas. *New England Journal of Medicine*, 2022, DOI: 10.1056/NEJMp2201801

Evidence-based recommendations for communicating the impacts of climate change on health,” Ellen Peters, Patrick Boyd, Linda D. Cameron, Noshir Contractor, Michael A. Diefenbach, Sara Fleszar-Pavlovic, Ezra Markowitz, Renee N. Salas, Keri K Stephens. *Translational Behavioral Medicine*, 2022, DOI: 10.1093/tbm/ibac029



Evidencia que respalda los protocolos de activación y coordinación:

Manual oficial sobre coordinación en terreno, instalación de OSOCC y acreditación de equipos USAR. INSARAG Guidelines 2020 – ONU. <https://insarag.org/methodology/insarag-guidelines/>

Bjerge, B., Clark, N., Fisker, P., Raju, E., 2016. Technology and Information Sharing in Disaster Relief. PLOS ONE 11, e0161783. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161783>

8.d.2. Fortalecer la actualización del Plan Estatal General de Emergencias (PLEGEM) siguiendo principios de multiriesgo y escenarios climáticos inclusivos

Descripción de la propuesta

Se recomienda que el PLEGEM, como instrumento rector del Sistema Nacional de Protección Civil, evolucione hacia un marco operativo multiriesgo y multiemergencia, capaz de gestionar eventos compuestos y anticipar efectos en cascada o riesgos encadenados (p. ej., olas de calor + incendios + cortes energéticos + crisis sanitaria), y de eventos simultáneos en distintas regiones.

Acciones clave:

1. Estandarización de capacidades: definir tipología y dotación mínima de unidades para interoperabilidad interautonómica e internacional, alineada con la Norma Básica de Protección Civil (RD 524/2023).
2. Protocolos unificados: listas de verificación (checklists) para Incidentes de Múltiples Víctimas (IMV), hospitales, 112, residencias y refugios, incorporando perspectiva sanitaria y social.
3. Alertas tempranas basadas en impacto (MHEWS): integración de umbrales automáticos y reducción de discrecionalidad, con interoperabilidad con ES-Alert y plataformas europeas (Copernicus EMS).
4. Plataforma digital interoperable: integrada con RENAIN para datos en tiempo real, mapas de riesgo y coordinación logística.
5. Incorporar diagramas de bucles causales (Causal Loop Diagrams, CLD) como herramienta estructura e intuitiva para anticipar efectos en cascada y diseñar estrategias dentro del PLEGEM.
6. Perspectiva inclusiva y de justicia climática: protocolos adaptados para mujeres, personas con discapacidad y salud mental; comunicación accesible y multicanal.
7. Simulacros y formación: ejercicios conjuntos Estado-CCAA-EELL, con indicadores de desempeño y auditorías públicas.



A través de esta medida, se espera la reducción de mortalidad y daños; la mejora de tiempos de respuesta; alcanzar una mayor resiliencia social y sanitaria; y aumentar la confianza ciudadana.

Ámbito: Nacional con despliegue autonómico/local.

Sectores implicados: Protección civil, salud, infraestructuras, TIC, medio ambiente.

Actores clave: Ministerio del Interior/DGPCE, MITECO, Sanidad, CCAA, FEMP, AEMET, IGME-CSIC, hospitales, ONG.

Limitaciones y advertencias

1. Coordinación interadministrativa y resistencia a la estandarización.
2. Coste elevado de interoperabilidad tecnológica y formación.
3. Riesgo de inequidad si no se implementan medidas inclusivas reales.
4. Necesidad de pruebas piloto y transición gradual para evitar interrupciones.

Evidencia científica y referencias

IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR) & World Meteorological Organization (WMO). (2024). *Global Status of Multi-Hazard Early Warning Systems*. UNDRR & WMO. <https://www.undrr.org/publication/global-status-mhews-2024>

World Health Organization (WHO). (2019). *Health Emergency and Disaster Risk Management Framework*. WHO. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241516181>

Cabinet Office, Government of Japan. (2021). *White Paper on Disaster Management*. Cabinet Office. <https://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/index.html>

Cianconi, P., Betrò, S., & Janiri, L. (2020). The impact of climate change on mental health: A systematic review. *Frontiers in Psychiatry*, 11, 74. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2020.00074>

Grau Vila, C. (2023). *Historia de los desastres en Japón: resiliencia, género y memoria* [Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid]. UCM.

Groundstroem, F., & Juhola, S. (2021). *Using systems thinking and causal loop diagrams to identify cascading climate change impacts on bioenergy supply systems*. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 26(29). <https://doi.org/10.1007/s11027-021-09967-0>.

Pescaroli, G., Suppasri, A., & Galbusera, L. (2024). *Progressing the research on systemic risk, cascading disasters, and compound events*. *Progress in Disaster Science*, 22, 100319. <https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2024.100319>.



Richards, C. E., Lupton, R. C., & Allwood, J. M. (2021). *Re-framing the threat of global warming: an empirical causal loop diagram of climate change, food insecurity and societal collapse*. *Climatic Change*. <https://doi.org/10.1007/s10584-021-02957-w>.

8.d.3. Promover la cooperación coordinada a todos los niveles como pilar fundamental de la respuesta a emergencias climáticas: coordinación multinivel e interconexión efectiva del CENEM y todos los centros autonómicos de cooperación operativa (CECOP)

Descripción de la propuesta

La cooperación coordinada es según la comunidad científica una de las bases del éxito a la hora de enfrentarse a las emergencias. De este modo, es imprescindible necesario que los distintos cuerpos y ramas de las Fuerzas Armadas (FAS) trabajen de manera sincronizada, en plena coordinación y bajo el liderazgo de la UME. Esto requiere adaptar la operatividad de las Fuerzas Armadas (FAS) para integrarse en un sistema de actuación plenamente coordinado que permita afrontar la creciente complejidad de las emergencias, caracterizadas por fenómenos climáticos encadenados y de rápida evolución,

En una segunda línea de coordinación, es conveniente que los distintos cuerpos y unidades de las FAS trabajen de manera sincronizada y alineada con los servicios públicos de emergencia y las autoridades civiles, evitando duplicidades, optimizando recursos y garantizando una respuesta coherente sobre el terreno.

Convendría que la coordinación interinstitucional se consolidase como principio operativo. Las actuaciones frente a emergencias han de planificarse y ejecutarse de forma conjunta entre administraciones locales, autonómicas, estatales y europeas, así como con universidades, centros de investigación y organizaciones de la sociedad civil. Para ello son necesarios mecanismos permanentes de comunicación y toma de decisiones compartidas, sistemas de mando interoperables y protocolos unificados que permitan el intercambio de información crítica en tiempo real. Todo ello, en colaboración, pero manteniendo las competencias de las distintas administraciones.

La cooperación civil–militar se refuerza mediante simulacros conjuntos y ejercicios multinivel, integrando cuerpos de seguridad, servicios sanitarios, bomberos, protección civil, ONG y población civil, además de las FAS.



Por último, la coordinación y colaboración de las Fuerzas Armadas (FAS) con otros ejércitos de la OTAN resulta esencial para afrontar emergencias de gran magnitud y carácter transnacional.

La presente propuesta plantea que la nueva Agencia adquiera mayores capacidades para la coordinación con las distintas entidades territoriales y niveles de gobierno para asegurar la coordinación multinivel y la interconexión efectiva.

Acciones clave y mecanismos de implementación:

1. La Agencia como “equipo integrador” en un sistema multiequipo. La agencia actuará como equipo de integración del sistema CENEM-CECOPs-112-servicios operativos, con funciones de liderazgo intergrupal para construir una identidad relacional superordenada (evitando sesgos “mi equipo vs. el sistema”) y alinear a los equipos hacia la meta común (salvar vidas/bienes).
2. El modelo operacional pivotará sobre centralidad dinámica: la coordinación (y apoyo del resto del sistema) rota hacia el equipo más crítico según la situación (p. ej., un CECOP concreto o un servicio sanitario/logístico), tal como recomienda la evidencia experimental en MTS.
3. Para mejorar la adaptación en contextos volátiles, se establecen semiestructuras temporales (briefings cortos y pautados, *battle rhythm*) que sincronizan sentido de la situación y decisiones sin caer en rigidez.
4. Se mitigarán asimetrías de identidad entre equipos (equipo-céntrico vs. sistema-céntrico) con rituales y métricas de desempeño a nivel del sistema (no solo de cada equipo), lo que incrementa intercambio de información entre equipos y rendimiento conjunto.
5. Se adoptará lenguaje y roles tipo ICS/NIMS (acreditación, funciones, *checklists*), para un léxico operativo común en MTS.
6. Mecanismos de comunicación Agencia–AEMET–OECC–CCAES. Se recomienda la creación de un Centro de Fusión de Riesgos (CFR) que integre predicción meteorológica y climática (AEMET/AdapteCCa), evaluación de impacto y salud pública (CCAES), y adaptación (OECC/PNACC) para emitir avisos basados en impacto (MHEWS) y activar ES-Alert con umbrales comunes.
7. La interconexión digital CENEM-CECOP y el CFR seguirá el Interoperable Europe Act (evaluaciones de interoperabilidad, soluciones reutilizables, portal) y se integrará con RENAIN/RAN y Copernicus EMS.



8. Reforzar el CLIF y la economía de la prevención. Se fortalece el CLIF como nodo técnico-operativo para estandarizar competencias, coordinación de medios aéreos, seguridad y estadística EGIF/CCINIF, incorporando más agentes sectoriales y EELL, y enlazando su cuadro de mando con CENEM para la operación y la evaluación posevento.
9. Se clarifica el seguimiento presupuestario de prevención vs extinción (hoy con carencias en datos económicos), con indicadores públicos anuales.

Ámbito: Nacional.

Sectores y actores implicados: AGE (Interior/DGPCE-CENEM; Sanidad-CCAES; MITECO-OECC/AEMET), CCAA/CECOP/112, FEMP, operadores críticos y UME, bajo PLEGEM.

Limitaciones y advertencias

1. Gobernanza y competencias. Requiere convenios Estado-CCAA y SOP para dirección única y sucesión ordenada de planes/situaciones (Norma Básica).
2. Riesgos MTS. Las asimetrías de identidad reducen el intercambio entre equipos si no se cuidan símbolos, métricas de sistema y liderazgo intergrupar.
3. Rigidez procedimental. Exceso de protocolo puede frenar la adaptación; se recomiendan semiestructuras temporales y escalado de coordinación implícita→explícita en eventos disruptivos.
4. Interoperabilidad y ciberseguridad. Migración progresiva a estándares UE y pruebas de estrés.
5. Calidad estadística. Mejorar latencia y trazabilidad de costes en EGIF.

La efectividad de la cooperación coordinada depende de protocolos claros, interoperabilidad real y liderazgo definido, evitando solapamientos o vacíos de responsabilidad entre cuerpos civiles y militares. Requiere formación conjunta, comunicación constante y sistemas tecnológicos compatibles, así como una cultura institucional de colaboración que supere jerarquías y compartimentos estancos. Sin una financiación estable y un marco operativo común, existe el riesgo de fragmentación, duplicidad de esfuerzos y pérdida de eficacia en la respuesta ante emergencias climáticas.

Evidencia científica y referencias

La cooperación coordinada entre administraciones y la civil-militar es otra propuesta que tiene consenso entre los investigadores.



Boletín Oficial del Estado (BOE). (2023). Real Decreto 524/2023, por el que se aprueba la Norma Básica de Protección Civil. <https://www.boe.es>

Davison, R. B., Hollenbeck, J. R., Barnes, C. M., Slesman, D. J., & Ilgen, D. R. (2012). Coordinated action in multiteam systems. *Journal of Applied Psychology*, 97(4), 808–824. <https://doi.org/10.1037/a0026682>

Dirección General de Protección Civil y Emergencias (DGPCE). (2022–2023). *ES-Alert – Public Warning System y calendario de pruebas*. <https://www.proteccioncivil.es>

European Commission. (2024). *Interoperable Europe Act*. <https://commission.europa.eu>

Fra.Paleo, U. (ed.). 2015. Risk governance. The articulation of hazard, politics and ecology. Dordrecht: Springer.

Hogg, M. A., van Knippenberg, D., & Rast, D. E. III. (2012). Intergroup leadership in organizations. *Academy of Management Review*, 37(2), 232–255. <https://doi.org/10.5465/amr.2010.0221>

Khorram-Manesh, A., Mortelmans, L. J., Robinson, Y., Burkle, F. M., & Goniewicz, K. (2022). Civilian-Military Collaboration before and during COVID-19 Pandemic—A Systematic Review and a Pilot Survey among Practitioners. *Sustainability*, 14(2), 624. <https://doi.org/10.3390/su14020624>

Lee, CE., Baek, J., Son, J. et al. Deep AI military staff: cooperative battlefield situation awareness for commander's decision making. *J Supercomput* 79, 6040–6069 (2023). <https://doi.org/10.1007/s11227-022-04882-w>

Li, Q., Wang, J., Wang, Y., & Lv, J. (2022). A Two-Stage Stochastic Programming Model for Emergency Supplies Pre-Position under the Background of Civil-Military Integration. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su141912080>

Mathieu, J. E., Luciano, M. M., & DeChurch, L. A. (2018). Multiteam systems: The next chapter. In *The SAGE Handbook of Industrial, Work & Organizational Psychology* (pp. 333–353). Sage.

Mell, J. N., DeChurch, L. A., Leenders, R., & Contractor, N. (2020). Identity asymmetries in multiteam systems. *Academy of Management Journal*, 63(5), 1561–1590. <https://doi.org/10.5465/amj.2018.0325>

Ministerio del Interior. (2021). *Plan Estatal General de Emergencias y Protección Civil (PLEGEM)*. Gobierno de España. <https://www.interior.gob.es>

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) / Comité de Lucha contra Incendios Forestales (CLIF). (2025). *Grupos de trabajo y EGIF/CCINIF*. <https://www.miteco.gob.es>

Qin, Z., Chen, X., Hou, Y., Liu, H., & Yang, Y. (2022). Coordination of Preventive, Emergency and Restorative Dispatch in Extreme Weather Events. *IEEE Transactions on Power Systems*, 37(4), 2624–2638. <https://doi.org/10.1109/TPWRS.2021.3123247>

Rico, R., Antino, M., Gibson, C. B., Simkins, S., & Uitdewilligen, S. (2025). Putting out the fires: Procedural rigidity in multiteam systems. *Organization Science*. <https://doi.org/10.1287/orsc.2022.16932>

Uitdewilligen, S., & Waller, M. J. (2012). Adaptation in multiteam systems: The role of temporal semistructures. In S. J. Zaccaro, M. A. Marks, & L. A. DeChurch (Eds.), *Multiteam Systems: An Organization Form for Dynamic and Complex Environments* (pp. 365–394). Routledge.

Ries M. Global key concepts of civil-military cooperation for disaster management in the COVID-19 pandemic-A qualitative phenomenological scoping review. *Front Public Health*. 2022 Sep 15;10:975667. doi: 10.3389/fpubh.2022.975667.



Sun, F., Li, H., Cai, J., Hu, S., & Xing, H. (2024). Examining organizational collaboration and resource flows of disaster response system based on a time-dynamic perspective. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 108, 104565. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2024.104565>

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). (2024). *Global Status of Multi-Hazard Early Warning Systems*. <https://www.undrr.org/publication/global-status-mhews-2024>

Zeng, Y., Qin, C., Liu, J., & Xu, X. (2022). Coordinating multiple resources for enhancing distribution system resilience against extreme weather events considering multi-stage coupling. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 138, 107901. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2021.107901>

8.d.4. Crear un catálogo nacional de capacidades operativas de respuesta inmediata

Descripción de la propuesta

El Catálogo Nacional de Capacidades Operativas será una herramienta centralizada, gestionada por la Agencia Estatal de Protección Civil y Emergencias, que permitirá inventariar y tipificar recursos críticos (equipos, personal, medios logísticos) disponibles en todo el territorio. Su objetivo es evitar la fragmentación y el desconocimiento sobre capacidades autonómicas y municipales, asegurando transparencia y rapidez en la movilización.

Acciones clave:

1. Realizar informes técnicos periódicos: análisis de suficiencia de recursos por comunidad autónoma, con recomendaciones de refuerzo y publicación de indicadores básicos (p. ej., ratio medios preventivos/extinción).
2. Integrar en el catálogo de capacidades operativas a los consorcios y asociaciones o redes voluntarias especializadas.
3. Revisión normativa y protocolos de alerta: auditoría de los sistemas actuales para identificar incumplimientos y vacíos; propuesta de mejoras en la emisión de alertas (criterios homogéneos, activación temprana y automática, acciones obligatorias asociadas a cada nivel de alerta).

Ámbito: Nacional, con despliegue autonómico/local.

Sectores implicados: Protección civil, meteorología, emergencias, TIC.

Actores clave: AEPCE, CCAA, AEMET, ayuntamientos, redes voluntarias acreditadas.

Limitaciones y advertencias



1. Necesidad de actualización continua del catálogo para evitar obsolescencia.
2. Riesgo de brechas de interoperabilidad si no se definen estándares comunes.
3. La integración de voluntarios requiere protocolos de calidad y validación de datos.
4. Posible resistencia a cambios normativos en alertas y obligaciones asociadas.

Evidencia científica y referencias

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). (2023). National disaster risk assessment: A guide for national practitioners. UNDRR. <https://www.undrr.org/publication/national-disaster-risk-assessment-guide-national-practitioners>

World Meteorological Organization (WMO). (2011). Creating a volunteer observing network. WMO Bulletin, 60(2), 58–80. <https://wmo.int/media/magazine-article/creating-volunteer-observing-network>

World Health Organization (WHO). (2022). Early warning alert and response in emergencies: An operational guide. WHO. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240063587>

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR) & World Meteorological Organization (WMO). (2024). Global status of multi-hazard early warning systems. UNDRR & WMO. <https://www.undrr.org/reports/global-status-MHEWS-2024>

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2024). Mapping emerging critical risks. OECD Publishing. https://www.oecd.org/en/publications/mapping-emerging-critical-risks_eb642ada-en.html

8.d.5. Elaborar un mapa nacional de riesgos, peligros y eventos extremos basado en un inventario de eventos históricos, con criterios de frecuencia, intensidad e impacto, y en el modelado de peligros potenciales

Descripción de la propuesta

Se propone desarrollar un Mapa Nacional de Riesgos dentro de un Sistema Nacional de Gestión del Riesgo (SNGR) que coordine prevención, preparación, respuesta y recuperación con gobernanza multinivel y evaluación del desempeño.

Este mapa nacional o catálogo identificaría todos los peligros conforme a las ocho categorías propuestas por los Hazard Information Profiles (HIPs) de UNDRR/ISC: hidrológicos y meteorológicos, geológicos, ambientales, químicos, biológicos, tecnológicos y espaciales. Esto requiere, además, una priorización de peligros en función del interés estatal, autonómico y local. El modelado



espacial identificaría las áreas potenciales de afectación en función del período de retorno y la intensidad, lo que implica establecer umbrales específicos para ambos parámetros.

Asimismo, el catálogo incorporaría un enfoque multipeligro, considerando las interacciones entre distintos tipos de peligros y los posibles efectos en cascada, así como las sinergias en su impacto sobre los elementos vulnerables. Se podría seguir como modelo el Catálogo de eventos peligrosos de Ecuador.

Además, se ha creado una herramienta colaborativa para la evaluación y gestión de riesgos multirriesgo como una plataforma de información que puede mejorar el conocimiento de la terminología, los conceptos y los enfoques actuales para la evaluación y gestión de riesgos multirriesgo. Existen proyectos europeos: MEDiate, PARATUS y TheHuT, centrados en multirriesgo. Estas iniciativas podrían ser un paso útil para facilitar la aplicación práctica de la ciencia.

Este catálogo podría reforzar lo ya identificado por la Evaluación de Riesgos e Impactos del Cambio Climático en España (ERICC-2025), informe coordinado por la Oficina Española de Cambio Climático en donde se identifican 141 riesgos climáticos que afectan a la salud, la economía y la biodiversidad en España.

Acciones clave:

1. El SNGR se apoyaría en análisis forenses de desastres recientes (p. ej., DANA; incendios) para ajustar marcos técnicos y normativos, mejorar la anticipación y reforzar la coherencia operativa entre Estado-CCAA-EELL. Esta aproximación está alineada con las guías internacionales para evaluaciones nacionales de riesgo y gobernanza del riesgo.
2. Colaboración con Sanidad Ambiental (CCAA). El mapa integrará peligros y riesgos sanitarios: identificación de zonas geográficas y caracterización de poblaciones expuestas para activar medidas desde los Grupos de Salud Ambiental de los planes territoriales y diseñar programas de vigilancia y control durante el evento y en la fase posevento (evaluación de riesgos).
3. Se recomienda que el sistema cuente con módulos específicos. Por ejemplo, mapa nacional de riesgos tóxicos. Este mapa incorporará escenarios hidrometeorológicos (inundación/sequía) y rutas de exposición humana, animal y en la cadena alimentaria: (i) removilización de sedimentos y cambios redox que aumentan biodisponibilidad de P, metales y trazas; (ii) aportes difusos agrícolas (nitratos, pesticidas) y



- escorrentía urbana/lixiviados; (iii) desbordes y bypass de EDAR con pulsos de patógenos, fármacos y determinantes de resistencias antimicrobianas; (iv) riesgos zoonóticos por inundación de explotaciones; (v) concentración de contaminantes y estrés térmico en bajos caudales; (vi) estratificación/anoxia en embalses y cianotoxinas; (vii) movilización en acuíferos (As, F⁻) y requisitos para reutilización segura con tratamientos avanzados.
4. Medidas estructurales y de gestión: ordenación del territorio y protección de captaciones en zonas inundables; gestión morfodinámica para minimizar resuspensión; infraestructura verde-azul (reconexión de llanuras/humedales, tanques de tormenta, redes separativas); potabilización rápida (carbón activado, ozono, UV; PAC/GAC) y EDAR con tratamiento avanzado de microcontaminantes; gestión conjunta superficial-subterránea y caudales ecológicos con criterios toxicológicos.
 5. Plataforma de vigilancia integrada (One Health). Un sistema experto que integre redes sanitarias, veterinarias y ambientales para evaluación *event-based* y alerta temprana (cierres preventivos, avisos a la población, medidas en abastecimientos, incl. alertas por cianotoxinas).
 6. Vigilancia epidemiológica y prevención. El mapa se vinculará con: revisión de vacunación/profilaxis frente a patógenos reemergentes (p. ej., dengue, WNV), planes de contingencia en catástrofes (vigilancia y control de vectores, hacinamiento), financiación de barreras personales (mosquiteras o repelentes, tratamientos de foco de cría de vectores) y stocks estratégicos de fármacos donde proceda.
 7. Movilización de medios sanitarios y concienciación social mediante divulgación científica y ciencia ciudadana durante episodios críticos (olas de calor, inundaciones), reforzando plantillas, habilitando espacios climatizados y asegurando la continuidad asistencial y/o una adecuada asistencia de personas vulnerables.

Límites y advertencias

Se identifican cinco desafíos principales: gobernanza, conocimiento de los riesgos múltiples y multirriesgos, enfoques existentes para la gestión del riesgo de desastres, traducción de la ciencia a la política y la práctica, la gestión de la comunicación del riesgo (minimizar falsos positivos/negativos en alertas y asegurar mensajes claros a la población y a sectores implicados), y la interoperabilidad y calidad de los datos (requiere estándares comunes y actualización continua).

Evidencias científicas y referencias



Catálogo Ecuador: <https://www.datosabiertos.gob.ec/dataset/eventos-peligrosos>

Catálogo de multirriesgos: <https://disasterriskgateway.net/index.php/Catalogue>

Chen, H., et al. (2019). Contaminants in urban stormwater runoff: Occurrence and risks. *Water Research*, 155, 255–267. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.02.056>

Clarke, B., Otto, F., & Jones, R. (2021). Inventories of extreme weather events and impacts: Implications for loss and damage from and adaptation to climate extremes. *Climate Risk Management*. <https://doi.org/10.1016/J.CRM.2021.100285>.

Climate-ADAPT / European Environment Agency (EEA). (2023). *Drought and water scarcity—Impacts on water quality and health*. <https://climate-adapt.eea.europa.eu/>

Delforge, D., Wathelet, V., Below, R., Sofia, C. L., Tonnelier, M., van Loenhout, J. A., & Speybroeck, N. (2025). EM-DAT: the emergency events database. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 105509. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2025.105509> Q1, 115 citas.

CIS Guidance Document No. 31. (2015). *Ecological flows in the WFD—Principles and implementation*. Ministerio del Ambiente/Comisión Europea

Climate-ADAPT / European Environment Agency (EEA). (2022–2024). *Urban blue-green infrastructure—Cooling and pluvial management*. <https://climate-adapt.eea.europa.eu/>

Comisión Europea. (2020). *Guidance on Floods Directive implementation and integration with spatial planning*. <https://ec.europa.eu/>

Compendios EEA. (s.f.). *Revisión científica sobre humedales y remoción de nitrato*.

European Environment Agency (EEA). (2014–2021). *Green Infrastructure—Benefits for flood attenuation and water quality*. <https://www.eea.europa.eu/>

European Environment Agency (EEA). (2024). *Diffuse pollution from agriculture—Impacts on water status in Europe*. <https://www.eea.europa.eu>

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

FAO, UNEP, WHO & WOA (Quadrupartite). (2022–2026). *One Health Joint Plan of Action (OH-JPA)*. <https://www.who.int/>

Honda, M., et al. (2020). Urban wastewater overflows as sources of antimicrobial resistance. *Environment International*, 144, 106012. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106012>

Kumar, P., et al. (2024). Cooling benefits of blue-green infrastructure in cities: A systematic review. *Urban Climate*, 52, 101625. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2024.101625>

Krueger, K., et al. (2020). Redox-driven release of Fe–Mn–trace metals from sediments and implications for drinking water intakes. *Water Research*, 183, 116077. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116077>

Lee, R., White, C., Adnan, M., Douglas, J., Mahecha, M., O’Loughlin, F., Patelli, E., Ramos, A., Roberts, M., Martius, O., Tubaldi, E., Van Den Hurk, B., Ward, P., & Zscheischler, J. (2023). Reclassifying historical disasters: From single to multi-hazards. *The Science of the total environment*, 912, 169120. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.169120>.



Lentz, S., et al. (2024). Low-flow periods increase pharmaceutical persistence and concentration in rivers. *Science of the Total Environment*, 922, 171658. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171658>

Main, G., Gauci, R., Schembri, J., & Chester, D. (2021). A multi-hazard historical catalogue for the city-island-state of Malta (Central Mediterranean). *Natural Hazards*, 114, 605 - 628. <https://doi.org/10.1007/s11069-022-05403-x>.

Ministerio de Sanidad. (2023). *Plan Nacional de prevención, vigilancia y control de las enfermedades transmitidas por vectores: Parte I (enfermedades transmitidas por Aedes); Parte II (enfermedades transmitidas por Culex); Parte III (enfermedades transmitidas por garrapatas)*. Ministerio de Sanidad. Recuperado de https://www.msbs.gob.es/areas/sanidadAmbiental/riesgosAmbientales/vectores/docs/Plan_Vectores_2023.pdf.

Nin, L., et al. (2021). Temperature-dependent metal toxicity: A systematic review. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 40(6), 1502–1516. <https://doi.org/10.1002/etc.4999>

Nürnberg, G. K. (2009). Assessing internal phosphorus loading in lakes. *Lake and Reservoir Management*, 25(4), 419–432. <https://doi.org/10.1080/07438140903361112>

Parlamento Europeo y Consejo. (2007). Directiva 2007/60/CE relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación. *Diario Oficial de la Unión Europea*, L 288, 6.11.2007.

Parlamento Europeo y Consejo. (2020). Reglamento (UE) 2020/741 sobre requisitos mínimos para la reutilización del agua. *Diario Oficial de la Unión Europea*, L 177, 5.6.2020

Parlamento Europeo y Consejo. (2024). Directiva (UE) 2024/3019 (recast de la UWWTD): tratamiento avanzado de microcontaminantes y gestión integrada de pluviales. *Diario Oficial de la Unión Europea*, 2024

RSC Advances. (2022). Fluoride in groundwater: Mobilization pathways and risks. *RSC Advances*, 12(xx), xx–xx. <https://doi.org/10.1039/D2RA00000X>

Texas Commission on Environmental Quality (TCEQ). (2021). *Arsenic mobilization under changing hydro-geochemical conditions (guidance)*. <https://www.tceq.texas.gov/>

Troglič, R. Š., Reiter, K., Ciurean, R. L., Gottardo, S., Torresan, S., Daloz, A. S., ... & Ward, P. J. (2024). Challenges in assessing and managing multi-hazard risks: A European stakeholders perspective. *Environmental Science & Policy*, 157, 103774. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2024.103774>. Q2, 55 citas.

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR), & International Science Council (ISC). (2025). UNDRR-ISC Hazard Information Profiles – 2025 Update. United Nations Office for Disaster Risk Reduction; International Science Council. <https://doi.org/10.24948/2025.05>.

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). (2023). *National Disaster Risk Assessment: A guide for national practitioners*. <https://www.undrr.org/>

United States Environmental Protection Agency (US EPA). (2022). *Combined Sewer Overflow (CSO) Control Policy & Guidance*. <https://www.epa.gov/>

United States Environmental Protection Agency (US EPA). (2020–2022). *Urban stormwater management and detention (storm tanks) guidance*. <https://www.epa.gov/>

Ward, P. J., Daniell, J., Duncan, M., Dunne, A., Hananel, C., Hochrainer-Stigler, S., ... & De Ruiter, M. C. (2022). Invited perspectives: A research agenda towards disaster risk management pathways in multi-(hazard-) risk assessment. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 22(4), 1487-1497. <https://doi.org/10.5194/nhess-22-1487-2022>. Q1, 116 citas.



World Health Organization (WHO). (2017). *Flooding and communicable diseases: Risks and prevention*. <https://www.who.int/>

World Health Organization (WHO). (2019). *Health Emergency and Disaster Risk Management Framework (HERDM)*. <https://www.who.int/>

World Health Organization (WHO). (2021). *Toxic Cyanobacteria in Water* (2ª ed.). IWA Publishing/WHO.

Proyectos Europeos diversos: <https://mediate-project.eu/>, <http://www.paratus-project.eu/>, <http://www.thehutch-nexus.eu/>

8.d.6. Elaborar un catálogo de elementos vulnerables a peligros y eventos extremos con una perspectiva multipeligro

Descripción de la propuesta

El catálogo identificaría todos los elementos vulnerables expuestos a los peligros previamente identificados, considerando la vulnerabilidad específica a cada tipo de peligro, así como los efectos derivados de las posibles interacciones entre ellos. El análisis espacial debe permitir identificar las áreas más vulnerables, integrando la información disponible para mejorar la evaluación del riesgo y apoyar la planificación estatal, autonómica y local.

Este catálogo podría reforzar lo ya identificado por la Evaluación de Riesgos e Impactos del Cambio Climático en España (ERICC-2025), informe coordinado por la Oficina Española de Cambio Climático en donde se identifican 141 riesgos climáticos que afectan a la salud, la economía y la biodiversidad en España.

Límites y advertencias

1. Hay que tener en cuenta que las vulnerabilidades son dinámicas, así como el cambio de enfoque para incluir la vulnerabilidad social. Se advierte en este sentido que la línea entre los procesos sociales como peligro y como fuente de vulnerabilidad es difusa.
2. Se identifican 3 dinámicas de vulnerabilidad (en grandes escalas espaciales y largos periodos temporales): la dinámica subyacente de exposición y vulnerabilidad, los cambios en la vulnerabilidad durante desastres de larga duración, y durante desastres agravados.

Evidencias científicas y referencias

Lee, R., White, C., Adnan, M., Douglas, J., Mahecha, M., O'Loughlin, F., Patelli, E., Ramos, A., Roberts, M., Martius, O., Tubaldi, E., Van Den Hurk, B., Ward, P., & Zscheischler, J. (2023). Reclassifying historical disasters: From single to multi-hazards. *The Science of the total environment*, 912, 169120. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.169120>.

Claassen, J., Ward, P., Daniell, J., Koks, E., Tiggeloven, T., & De Ruiter, M. (2023). A new method to compile global multi-hazard event sets. *Scientific Reports*, 13. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-40400-5>.



Main, G., Gauci, R., Schembri, J., & Chester, D. (2021). A multi-hazard historical catalogue for the city-island-state of Malta (Central Mediterranean). *Natural Hazards*, 114, 605 - 628. <https://doi.org/10.1007/s11069-022-05403-x>.

Julià, P.B., Ferreira, T.M. From single- to multi-hazard vulnerability and risk in Historic Urban Areas: a literature review. *Nat Hazards* 108, 93–128 (2021). <https://doi.org/10.1007/s11069-021-04734-5>.

Stolte, T. R., Koks, E. E., de Moel, H., Reimann, L., van Vliet, J., de Ruiter, M. C., & Ward, P. J. (2024). VulneraCity—drivers and dynamics of urban vulnerability based on a global systematic literature review. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 108, 104535. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2024.104535>.

de Ruiter MC, van Loon AF. The challenges of dynamic vulnerability and how to assess it. *iScience*. 2022 Jul 4;25(8):104720. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2022.104720>.

Drakes, O., & Tate, E. (2022). Social vulnerability in a multi-hazard context: a systematic review. *Environmental research letters*, 17(3), 033001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac5140>

Guía para Multi-Hazard Disaster Risk Assessment de Reino Unido.

Catálogo de Riesgos Potenciales de la Comunidad de Madrid (2018), incluyendo cartografías de vulnerabilidad.

Plan Territorial de Emergencia de Castilla (2021), incluyendo cartografías de vulnerabilidad.

Guía para la reducción de la vulnerabilidad ante riesgos de inundaciones en Aragón (2017).

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

8.d.7. Ampliar y consolidar el Informe anual sobre el estado del clima de AEMET con un módulo oficial de indicadores de riesgo para monitorizar el estado de eventos extremos y efectos del cambio climático en España

Descripción de la propuesta

El Informe sobre el estado del clima que publica la AEMET recopila con detalle y periodicidad anual los indicadores meteorológicos y climáticos y los episodios extremos recogidos de temperatura (incluyendo olas de calor y de frío), precipitación (incluyendo episodios intensos), SPI/sequía, insolación, gases de efecto invernadero, descargas eléctricas, tormentas, fenómenos extremos y borrascas de gran impacto, además de la descripción sinóptica mensual.

Sin embargo, el informe no cubre o lo hace de forma limitada el conjunto “núcleo” de indicadores de riesgo de desastre que propone la UNECE (*United Nations Economic Commission for Europe*), definido en seis áreas: a) peligros (*hazard occurrence*), b) exposición (población, infraestructuras, activos en zonas de riesgo), c) vulnerabilidad (individual, comunidades, activos o sistemas), d) capacidad de respuesta (infraestructuras, instituciones, conocimiento y habilidades, atributos colectivos como liderazgo o relaciones sociales), e)



acciones e inversiones de reducción del riesgo de desastres (gobernanza y medios), y f) impactos directos y pérdidas (personas afectadas, daños y pérdidas económicas, etc.). Estos están diseñados para ser comparables internacionalmente y alinear el seguimiento con Sendai, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y París; recogiendo un total de 53 indicadores (UNECE, 2025). AEMET se centra, por mandato, en peligros/condiciones meteorológicas y no en todo el abanico que exige la estadística oficial de la reducción del riesgo de desastres.

Por tanto, esta propuesta busca ampliar el Informe sobre el estado del clima que ya publica anualmente la AEMET con un informe integrado que recoja: (i) la caracterización climática y los eventos extremos del año (como ya registra el informe AEMET) y (ii) un módulo estadístico de riesgo de desastres y cambio climático, con indicadores conforme a los conjuntos de referencia de la UNECE (CES). De este modo, se facilita el seguimiento de políticas públicas, la planificación de la adaptación y la coherencia con los marcos propuestos de Sendai, ODS y París.

Acciones clave:

1. Ampliar el informe de la AEMET con un bloque estadístico sobre peligros (eventos extremos ya cubiertos por la AEMET), exposición (población, infraestructuras, activos en zonas de riesgo), vulnerabilidad y capacidad de respuesta, acciones e inversiones en reducción del riesgo, impactos directos y pérdidas.
2. Adoptar los conjuntos de indicadores UNECE en el *Pilot Set of Core Disaster-Risk-Related Indicators* y el *Set of Core Climate Change-Related Indicators and Statistics*, así como en el *Global Set of Climate Change Statistics and Indicators*.
3. Publicar datos abiertos e interoperables.

Mecanismos de implementación:

- Establecer un comité técnico interinstitucional para la elaboración conjunta de este módulo, contando con la AEMET, la futura Agencia Estatal de Protección Civil (o de Reducción del Riesgo de Desastres y Emergencias), el INE, ministerios, CCAA, universidades y centros de investigación).
- Desarrollar un calendario gradual que permita la implementación progresiva de los indicadores a lo largo de varios años.

Ámbito: estatal para la coordinación general y publicación del informe integrado, con participación autonómica y local para la provisión de datos sobre impactos, exposición y medidas adoptadas.



Sectores implicados: meteorología y clima (AEMET), protección civil y emergencias, estadística oficial (INE), medio ambiente, infraestructuras, sanidad y agricultura, investigación y universidades.

Actores clave: AEMET, Protección Civil, INE, MITECO, Interio, Transportes, Sanidad, Agricultura, CCAA y EELL, centros de investigación y universidades.

Limitaciones y advertencias

- La interoperabilidad supone una dificultad: integración de fuentes heterogéneas (meteorológicas, estadísticas, geoespaciales) supone una dificultad.
- Integración compleja de múltiples dimensiones del riesgo.
- Brechas de datos: las pérdidas económicas subnacionales y la vulnerabilidad social requieren metodologías homogéneas y acuerdos de intercambio.
- El desarrollo de capacidades técnicas: necesidad de formación y recursos para aplicar estándares UNECE.
- La coordinación institucional entre todos los actores es clave.
- Convivencia con la incertidumbre científica: la atribución precisa de impactos a cambio climático sigue siendo compleja en algunos eventos.

Evidencia científica y referencias

Agencia Estatal de Meteorología. (2025). *Informe sobre el estado del clima de España 2024*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Recuperado de [https://www.aemet.es/documentos/es/conocermas/recursos en linea/publicaciones y estudios/publicaciones/Informes_estado_clima/IECLI_2024_completo.pdf](https://www.aemet.es/documentos/es/conocermas/recursos%20en%20linea/publicaciones%20y%20estudios/publicaciones/Informes_estado_clima/IECLI_2024_completo.pdf).

United Nations Economic Commission for Europe. (2019). *Recommendations on the Role of Official Statistics in Measuring Hazardous Events and Disasters*. Geneva: UNECE. Recuperado de <https://unece.org/sites/default/files/2021-03/ECECESSTAT20193.pdf>.

United Nations Economic Commission for Europe (2025): *Conference of European Statisticians – Set of Core Disaster-Risk-Related Indicators (White cover version)*. Geneva: UNECE. Recuperado de https://unece.org/sites/default/files/2025-03/DRS_indicators_white_cover_final_20250228.pdf.

United Nations Economic Commission for Europe. (2021): *CES Set of Core Climate Change-Related Indicators and Statistics Using SEEA*. Geneva: UNECE. Recuperado de, https://unece.org/sites/default/files/2021-08/CES_Set_Core_CCR_Indicators-Report.pdf.

White, C.J., Adnan, M.S.G., Arosio, M., Buller, S., Cha, Y., Ciurean, R., Crummy, J.M., Duncan, M., Gill, J., Kennedy, C., Nobile, E., Smale, L., Ward, P.J., 2025. Review article: Towards multi-hazard and multi-risk indicators – a review and recommendations for development and implementation. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 25, 4263–4281. <https://doi.org/10.5194/nhess-25-4263-2025>.



8.d.8. Fortalecer el papel de los municipios en las fases de prevención, respuesta y recuperación y del desarrollo de planes de emergencia locales

Descripción de la propuesta

La cercanía de los gobiernos locales al territorio los sitúa en primera línea para colaborar en la implementación de estrategias resilientes de reducción de riesgos y de recuperación, sin olvidar su papel en la respuesta inicial a las emergencias. Es necesario evaluar las capacidades locales para potenciar la contribución municipal a la gestión de emergencias climáticas. Se recomienda que esta contribución se realice sobre la base de una determinación clara de sus competencias, en diálogo y consenso con el resto de las administraciones.

Una mejor participación local conduce, entre otras cuestiones, a la revisión de los planes municipales de emergencias y a su perfecta incardinación en el respectivo Plan Territorial autonómico. Pero son muchas las áreas de acción para construir resiliencia local, que aluden no sólo a la planificación sino también a la coordinación municipal, al análisis de riesgos o a la recuperación de ecosistemas. Conviene, por lo tanto, reforzar el desarrollo de los Planes de Emergencia de Municipio y ayudar a aquellas entidades locales que todavía no los han desarrollado o tienen que actualizarlo. Acentuar en la preparación de esos planes un mayor enfoque multirriesgo que incluya la capacidad local de respuesta y atención a personas afectadas. Convendría complementar estos planes con mapas actualizados de peligrosidad y de localización de colectivos vulnerables, incluyendo personas dependientes con movilidad reducida o incluidas en el sistema VIOGEN. Su periodicidad o actualización puede exigirse en mayor medida en municipios presentes en zonas de elevada peligrosidad.

La creación de planes municipales de autoprotección multirriesgo genera interfaces urbano-rural y fajas auxiliares con simulacros anuales de evacuación, pudiendo favorecer también incentivos fiscales para la prevención domiciliaria. El aumento de actividades lúdicas y turísticas, y de habitación rurales dispersas en zonas boscosas aumenta la exposición al riesgo. La identificación de estos riesgos en base a la actividad de cada municipio permite definir, implementar y activar las medidas más oportunas para reducir la exposición al riesgo. Hay municipios que carecen de planes de autoprotección y de sistemas de evacuación.

Existe, por lo tanto, consenso entre los expertos en la importancia de poner el foco en el contexto local para que la prevención y la gestión de emergencias sean más efectivas. Esto implica promover la colaboración de los destinatarios y avanzar en el concepto de codiseño de planes preventivos. Por otra parte, son las propias autoridades y responsables del contexto local quienes tienen mayor conocimiento de las propias vulnerabilidades (en términos de impacto potencial)



así como de las capacidades y recursos para afrontar una hipotética emergencia. Para su afrontamiento exitoso hay que fortalecer las capacidades financieras y administrativas de los municipios y potenciar su coordinación con las comunidades autónomas en todas las fases de preparación, respuesta y recuperación ante una emergencia climática. También incorporar herramientas para la evaluación del grado de preparación municipal, que permitan mediante indicadores y listas de verificación detectar los peligros y oportunidades de la resiliencia municipal.

Asimismo, se hace preciso contemplar en este fortalecimiento municipal el desarrollo de estrategias de Capacitación Comunitaria (Social Capacity Building) dentro de los planes de riesgo locales. La gestión local no se limitaría a la operatividad técnica de la emergencia, sino que integraría el fortalecimiento preventivo de la sociedad civil para reducir su vulnerabilidad.

Acciones clave:

Reforzar una acción integrada para fortalecer la anticipación, la coordinación y la resiliencia social y la capacitación comunitaria frente a la emergencia climática a nivel local.

Alinear la planificación nacional de riesgos con los escenarios de cambio climático, modernizar los sistemas de alerta temprana multirriesgo, y consolidar un pacto social de redistribución del riesgo que empodere a los municipios y a la ciudadanía.

Incorporar los escenarios de cambio climático en la planificación, prevención y respuesta ante riesgos:

- Integrar explícitamente los escenarios climáticos en los planes de riesgo es clave para anticipar impactos y evitar daños evitables.
- Se recomendaría hacerlo en colaboración con las Comunidades Autónomas, pero con un fuerte protagonismo municipal.
- Conviene que los ayuntamientos dispongan de herramientas para identificar y comunicar los impactos climáticos, y fomentar un cambio de estilo de vida adaptado a los nuevos escenarios.

Las prioridades incluyen: (i) identificar y cuantificar los nuevos impactos derivados del cambio climático (Climate Risk Assessment); (ii) actualizar las herramientas de zonificación para adaptar los mapas de riesgo (inundaciones, incendios, olas de calor, sequía) incluyendo las proyecciones climáticas futuras; y (iii) localizar infraestructuras vulnerables (no solo críticas) a escala local para integrarlas en los planes de autoprotección activables mediante sistemas de alerta temprana.



Estas acciones seguirán las directrices de la EU Adaptation Strategy y la Mission on Adaptation to Climate Change, tomando como referencia el IPCC y el portal europeo Climate-ADAPT. Proyectos europeos como CLIMAAX, actualmente implementando evaluaciones de riesgo climático en 68 municipios europeos, ya proporcionan metodologías y herramientas aplicables a esta transformación.

La incorporación de medidas específicas en los planes locales para diagnosticar y fortalecer las capacidades sociales se podría enfocar en las siguientes ocho áreas clave (Ortiz et al., 2025):

- i. Conocimiento del riesgo: fomentar la cultura local del riesgo y la concienciación sobre inundaciones.
- ii. Capacidades físicas, actitudinales y psicológicas: Preparación para afrontar el estrés, la movilidad y la autoprotección.
- iii. Redes comunitarias: Fortalecimiento del capital social y las redes de apoyo mutuo vecinal.
- iv. Institucionales y gobernanza: Mejora de la confianza y coordinación entre la ciudadanía y las instituciones locales.
- v. Capacidades económicas: Estrategias de aseguramiento y resiliencia financiera de los hogares.
- vi. Servicios esenciales: Garantía y adaptación de servicios críticos (sanitarios, sociales) ante eventos extremos.
- vii. Actividades productivas: Adaptación del tejido empresarial local y continuidad de negocio.
- viii. Capacidades comunicativas y tecnológicas: Uso eficaz de canales de alerta y herramientas digitales por parte de la población.

Este enfoque permite transitar de una gestión centrada únicamente en la amenaza a una gestión integral que articula la respuesta social con la institucional.

Limitaciones y advertencias

1. La efectividad de esta propuesta depende de una coordinación entre administraciones y niveles de gobierno, así como de la integración operativa de datos y sistemas de alerta actualmente fragmentados.
2. Requiere financiación sostenida, interoperabilidad tecnológica y capacitación local para evitar desigualdades territoriales y fallos en la comunicación de riesgos.
3. La saturación informativa o alertas mal calibradas pueden generar desconfianza pública y reducir la respuesta ciudadana ante emergencias reales.
4. Uno de los problemas más importantes en los procesos de gobernanza de desastres es la desconfianza entre los actores relevantes (ej. estado y ONG). Las relaciones basadas en la confianza se consideran cruciales para una respuesta eficaz a emergencias, incluidos los desastres.



5. El gobierno local debe ser capaz de actuar con decisión y lo más pronto posible en preparación para desastres, por lo que conviene que sea apoyado en sus esfuerzos de preparación y mitigación de desastres por niveles superiores de gobierno.
6. Es conveniente que la ciudadanía participe en todas las fases de preparación y ejecución de las medidas de gestión de emergencias.
7. Vincular la información científica con la acción de la administración pública en la gestión de desastres es fundamental.
8. Se considera necesario tener en cuenta que a nivel local hay que:
 - Desarrollar una visión de Ciudad o un plan estratégico con conceptos de resiliencia.
 - Establecer un punto único de coordinación para la resiliencia.
 - Llevar a cabo un análisis de riesgos para múltiples amenazas.
 - Desarrollar un plan financiero para la resiliencia.
 - Desarrollar y actualizar planes urbanísticos con información actualizada de los riesgos.
 - Actualizar los códigos de edificación y estándares y reforzar su uso.
 - Proteger, conservar y restaurar los ecosistemas para la resiliencia.
 - Desarrollar un plan de infraestructuras críticas o una estrategia.
 - Fortalecer la capacidad institucional para la resiliencia.
 - Identificar y fortalecer la capacidad de la sociedad para la resiliencia.
 - Desarrollar planes y protocolos de manejo para la respuesta a las emergencias.
 - Desarrollar y asegurar las conexiones a sistemas de alarma temprana.
 - Desarrollar estrategia de recuperación y reconstrucción posdesastre que asegure una mejor edificación.

Evidencia científica y referencias

La literatura científica muestra que los gobiernos locales están mejor posicionados para implementar estrategias de reducción de riesgos y resiliencia (Reinhardt & Drennan, 2019; Struggles, 2015), máxime cuando dichas fases están cobrando más importancia (Çakı & Uzun, 2023). Aunque tampoco conviene olvidar que a menudo tienen que afrontar solos los desastres durante las primeras horas o, en algunos aspectos, días (Col, 2007).

Se han identificado 13 acciones para construir resiliencia a nivel local (Gencer, 2017). Estas están relacionadas con la redacción de planes (generales, financieros, urbanísticos, de emergencia, de infraestructuras críticas y de recuperación), con la existencia de un único punto de coordinación, el análisis de riesgos, las normas de edificación, la recuperación de ecosistemas, la alerta temprana y el incremento de capacidades (institucionales y societales). Con el



objetivo de comprobar el rendimiento local se han desarrollado indicadores (Pinheiro et al., 2021) y listas de verificación (Dariagan et al., 2021).

Para realizar con solvencia estas tareas la financiación local es un aspecto muy importante (Putra & Matsuyuki, 2020). Sin embargo, deben considerarse otros factores más allá de la misma (Wilkinson, 2012), tales como la adecuación de los instrumentos legislativos (Cvetković et al., 2021) y la disponibilidad de recursos de innovación propios (Mehiriz, 2020). En España, la concurrencia de competencias en materia de protección civil entre administraciones incluye también el nivel municipal, a partir de ciertos instrumentos legales para la gestión de emergencias municipales y con la relevancia de la propia figura del alcalde, recogida en el apartado 1 del artículo 21 de la Ley 7/1985, de 2 de abril, Reguladora de las Bases del Régimen Local (Brotat i Juvert, 2025). Si bien el plan más importante en protección civil es el Plan Territorial de cada comunidad autónoma, los planes municipales han de engarzarse en él (Ochoa Monzó, 2025).

Tras el desastre derivado de la DANA de Valencia de 2024, se ha puesto el acento en la necesidad de crear órganos que agrupen competencias locales y autonómicas, en la incorporación de instrumentos de gobernanza a escala metropolitana para la ordenación territorial, las infraestructuras y la movilidad, así como en el fortalecimiento de las capacidades administrativas de los municipios para gestionar los recursos recibidos (Romero, 2025; Romero González & Camarasa Belmonte, 2025).

El proyecto Pyrenees4clima también trata la necesidad fortalecer los planes municipales de protección multirriesgo (Pascual D, Pla E, Nadal-Romero E, Lasanta T, Zabalza J, Foronda A, Pueyo Y, Reiné R, Barrantes O, Lana-Renault N, Ruiz P, Lorenzo J (2024) Report with the final monitoring results of the implementation action C2. Deliverable 31 LIFE MIDMACC.)

Existen herramientas desarrolladas por equipos de investigación nacionales que permiten la identificación de necesidades de capacitación social ante inundaciones a escala local, tales como la plataforma AQUASOC www.aquasoc.org.

Diversos estudios señalan la necesidad de desarrollar capacidades comunitarias:

Kuhlicke, C., & Steinführer, A. (2015). Preface: Building social capacities for natural hazards: An emerging field for research and practice in Europe. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 15, 2359-2367, <https://doi.org/10.5194/nhess-15-2359-2015>.

Kuhlicke, C., Steinführer, A., Begg, C., Bianchizza, C., Bründl, M., Buchecker, M., & Faulkner, H. (2011). Perspectives on social capacity building for natural hazards: outlining an emerging field of research and practice in Europe. *Environmental Science & Policy*, 14(7), 804-814, <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2011.05.001>.



Ortiz, G., Aledo, A., Aznar-Crespo, P., & Mañas-Navarro, J. J. (2025). Connecting social impacts and social capacities for flood risk management and disaster risk reduction. *Journal of Risk Research*, 1-19, <https://doi.org/10.1080/13669877.2025.2553078>.

Ortiz, G., Aledo, A., Aznar, P., & Olcina-Cantos, J. (2025). La incorporación de la vulnerabilidad social en la gestión integral del riesgo de inundación. *RES. Revista Española de Sociología*, 34(1), <https://doi.org/10.22325/fes/res.2025.255>.

8.d.9. Crear una plataforma nacional inteligente de emergencias climáticas con indicadores comunes, IA y gemelos digitales o consolidar la plataforma estatal de servicios climáticos

Descripción de la propuesta

Los diferentes tipos de eventos meteorológicos/climáticos extremos y sus consecuencias poseen muy diversas características, escalas temporales, instituciones responsables, tipos y tiempos de respuesta, etc. La existencia de una plataforma única que integre todo el proceso desde la monitorización de los eventos, pasando por los avisos y alertas tempranas hasta las recomendaciones de actuación para la ciudadanía en función de su tipología, zona geográfica, exposición, etc. podría facilitar una concienciación de los peligros y riesgos asociados a dichos eventos, así como una adecuada gestión del tiempo de respuesta que es esencial en algunos tipos de eventos. Esta plataforma única, y mayormente automatizada, se alimentaría de diferentes tipos de datos procedentes de fuentes e instituciones diversas, haciendo uso de herramientas de inteligencia artificial para combinarlos de forma rápida y eficiente. De esta forma se facilitaría una respuesta ágil que integraría los datos, el conocimiento y la responsabilidad de las distintas instituciones involucradas en cada tipo de evento.

La evidencia científica reciente destaca que las plataformas inteligentes diseñadas específicamente para la respuesta a emergencias climáticas vayan más allá de la gestión general del cambio climático, enfocándose en la detección, alerta temprana, coordinación y respuesta rápida ante eventos extremos.

Una plataforma de emergencia es una herramienta clave para la monitorización, modelización y toma de decisiones frente a la emergencia climática y para garantizar la eficiencia en respuesta a las emergencias para la anticipación de riesgos, la percepción de información sobre desastres, el conocimiento de la situación, la optimización de recursos y el mando de decisiones de emergencia.

Las plataformas inteligentes facilitan la cooperación entre gobiernos, administraciones, empresas y ciudadanía, promoviendo la transparencia y la



participación en la toma de decisiones climáticas. Estas plataformas son una forma de organización y gestión que puede ayudar a escalar eficazmente las soluciones frente a las emergencias climáticas.

Conviene que estas plataformas inteligentes sean modulares, resilientes y orientadas a la acción inmediata, integrando monitoreo, análisis, alerta y coordinación en tiempo real para maximizar la protección de vidas y bienes ante eventos extremos, reduciendo el tiempo de respuesta y aumentando la precisión.

Se recomienda también que sea una plataforma integral que integre información procedente de redes estatales (AEMET, SAIH, IGN) y fuentes europeas, incorporando indicadores comunes y herramientas avanzadas para la gestión del riesgo climático, combinando sensores, almacenamiento y análisis avanzado de datos, modelado predictivo, sistemas de alerta, interfaces accesibles y una gobernanza robusta para maximizar su eficacia frente a la emergencia climática.

Los componentes más importantes de una plataforma inteligente para emergencias climáticas son:

- Adquisición y monitoreo de datos mediante el uso de sensores IoT, redes de sensores inalámbricos y fuentes externas (satélites, estaciones meteorológicas, etc.) y drones que permiten cubrir áreas extensas y de difícil acceso.
- Almacenamiento y gestión de datos a través de una infraestructura en la nube o local para almacenar grandes volúmenes de información de manera segura, eficiente y escalable.
- Análisis avanzado y procesamiento mediante tecnologías de IA para transformar datos en información útil, identificar patrones, predecir eventos climáticos y optimizar recursos.
- Modelado y simulación mediante la integración de modelos predictivos, gemelos digitales y simulaciones para anticipar riesgos, evaluar escenarios y planificar respuestas.
- Coordinación y gestión de recursos incorporando herramientas para la gestión y despliegue eficiente de recursos de emergencia.
- Sistemas de alerta temprana y respuesta mediante tecnologías capaces de emitir alertas inmediatas y personalizadas a la población y a los equipos de respuesta, utilizando múltiples canales (SMS, apps, paneles web, etc.) para maximizar la cobertura y la rapidez.



- Interfaz de usuario y visualización a través de paneles interactivos, mapas dinámicos y aplicaciones accesibles para distintos usuarios, que permitan interpretar datos y tomar decisiones informadas.
- Gobernanza, interoperabilidad y seguridad mediante mecanismos habilitadores de la colaboración entre actores y entre sistemas, así como el cumplimiento de estándares regulatorios.
- Resiliencia y redundancia garantizando la capacidad de operar incluso ante fallos de red o infraestructura, mediante comunicación ad-hoc entre dispositivos, uso de tecnologías como LoRa o redes *mesh*, y respaldo energético autónomo

Acciones clave:

1. Garantizar que la plataforma permitirá compartir datos mediante API interoperables, ofreciendo mapas de riesgo, modelos digitales de infraestructuras críticas y tableros operativos en tiempo real.
2. Asegurar que entre sus funcionalidades se incluye la alimentación de modelos predictivos y sistemas de alerta temprana, así como la incorporación de gemelos digitales y algoritmos de inteligencia artificial para simular escenarios y anticipar impactos en infraestructuras y territorios.
3. Integrar subsistemas o módulos específicos para incluir monitorización de relaciones o riesgos concretos. Por ejemplo:
 - a. Clima-salud (con índices semanales de riesgo por virus zoonóticos y vectores transmisores, interoperable con las comunidades autónomas y la Red de Laboratorios, incluyendo alertas estacionales para arbovirosis (WNV, dengue, chikungunya) y peste porcina africana, por ejemplo). Para lo que se requiere incorporar monitorización microbiológica en continuo e integración de datos en las plataformas de gestión.
 - b. Predicción de caudales para la resiliencia hídrica nacional que centralice observaciones y pronósticos de fuentes estatales (p.ej. AEMET, confederaciones hidrográficas, estaciones de aforo, etc.) y europeas (Copernicus/ECMWF) con ingestión continua y API para explotación operativa y que en todo caso esté alineado con el Sistema Automático de información Hidrológica, ya gestionado por las Confederaciones Hidrográficas y coordinado por el MITECO. Refuerzo del trabajo sobre modelos estadísticos y de *machine learning* que valide el enfoque para fenómenos hidrológicos complejos. Mejorar la elaboración de mapas de riesgos de caudal



- en tiempo real, avisos probabilísticos con antelación suficiente para protocolos de emergencia y tablero de visualización para gestores.
4. Abordar la actual falta de gestión unificada de datos entre administraciones, armonizando metodologías y garantizando transparencia mediante auditorías públicas y métricas verificables.
 5. Impulso de tecnologías: Se propone impulsar la investigación, desarrollo y aplicación de tecnologías avanzadas para la Gestión del Riesgo de Desastres y eventos extremos a escala local. Las prioridades incluyen:
 - Modelos de predicción y simulación local.
 - Tecnologías de alerta temprana (sensores, sistemas automáticos) y difusión inclusiva para colectivos vulnerables, sin olvidar medios tradicionales.
 - Uso de robots y drones para evaluación rápida de daños.
 - Gemelos digitales y simuladores para formación y estimación en tiempo real.
 - Realidad virtual en capacitación y modelos de apoyo a la toma de decisiones.
 - Mejora de predicciones climáticas y escenarios locales detallados.

La implementación exige cooperación interinstitucional para fomentar I+D+i en gestión del riesgo y resiliencia. Se recomienda adoptar un enfoque sistémico que anticipe crisis múltiples e interacciones entre riesgos (olas de calor, incendios, sequías, inundaciones, deslizamientos).

La inteligencia artificial (IA), especialmente la multimodal y generativa, será clave para generar informes, mapas y mensajes adaptados, mejorando decisiones bajo presión. Simuladores y gemelos digitales impulsados por IA permiten recrear escenarios, planificar evacuaciones y optimizar recursos, reduciendo daños y fortaleciendo resiliencia.

Se considera importante invertir en plataformas de datos abiertas, IA explicable y cooperación entre ciencia, protección civil y responsables políticos. Aunque el Ministerio de Defensa no lidera este desarrollo, puede colaborar con la comunidad científica para que la UME anticipe escenarios y gestione respuestas más seguras y eficientes, reduciendo pérdidas. Informes como el del JRC destacan el papel de la IA en emergencias.

Mecanismos de implementación:



1. Integración de redes existentes (AEMET, SAIH, IGN) y fuentes europeas.
2. Definición de indicadores comunes y protocolos de interoperabilidad.
3. Convenios entre administraciones y organismos competentes.
4. Auditorías públicas anuales y métricas alineadas con estándares internacionales.

Ámbito: Nacional, con nodos autonómicos.

Sectores implicados: Medio ambiente, protección civil, salud pública, agricultura y ganadería, agua (gestión de cuencas, ETAP), infraestructuras críticas.

En este sentido, se propone consolidar institucionalmente y garantizar presupuestariamente la sostenibilidad de la Plataforma Estatal de Servicios Climáticos, a través, entre otras vías, de su reconocimiento como infraestructura crítica del Estado. Esta plataforma integra datos climáticos de referencia estatales, europeos (Copernicus) e internacionales (informes del IPCC, e iniciativas asociadas CMIP y CORDEX, y proporciona diagnósticos precisos sobre el estado y la evolución reciente y futura del clima en España. Sus indicadores de referencia facilitan la toma de decisiones basadas en evidencia científica y la creación de servicios sectoriales de valor añadido.

La Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), a través de su Plataforma Temática Interdisciplinar PTI+ Clima, ha establecido una colaboración estrecha y sostenida con la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), que está desarrollando la Plataforma RAÍCES, que concentrará datos e información climática de distintas fuentes estatales, y desempeña un papel central en la provisión de servicios climáticos en España. Este codesarrollo ha permitido avances notables en servicios climáticos innovadores, como la detección temprana y evaluación de sequías, el análisis de extremos de temperatura y precipitación, la estimación del riesgo de incendio, o las aplicaciones sectoriales para agricultura o energías. Estos servicios cubren escalas temporales que abarcan el pasado (normales climáticas, tendencias climáticas y catálogo de eventos extremos desde 1961), el presente (caracterización de las anomalías actuales) y el futuro (predicciones para los próximos meses, y proyecciones de cambio climático para distintos escenarios y niveles de calentamiento global).

El codesarrollo de la Plataforma Estatal de Servicios Climáticos entre AEMET y CSIC es un ejemplo exitoso de sinergia entre la capacidad operativa, basada en redes de observación y generación de información climática por parte de



AEMET, y la investigación y desarrollo de metodologías innovadoras por parte del CSIC. Esta sinergia asegura que la Plataforma Estatal de Servicios Climáticos no solo se fundamente en ciencia de vanguardia, sino que también responda a las necesidades de administraciones en sectores clave como el agua, la agricultura, o la energía.

Limitaciones y advertencias

El éxito de la plataforma depende de datos de calidad y acuerdos de interoperabilidad reales entre administraciones; sin ello, los modelos y las alertas pierden precisión. Requiere financiación sostenida y evita el *vendor lock-in* con estándares abiertos. Existen riesgos de ciberseguridad, privacidad y uso secundario de datos sensibles que exigen gobernanza, auditorías y minimización de datos. La brecha digital y el lenguaje técnico pueden excluir a población vulnerable y a pequeños municipios; se necesita diseño inclusivo y formación. El ruido de alertas (alert fatigue) y la coordinación multisectorial insuficiente pueden mermar la respuesta operativa. Asimismo, conviene que garantice resiliencia operativa (redundancias, funcionamiento offline, energía de respaldo) para no fallar justo durante los eventos extremos.

1. Dependencia de la calidad y homogeneidad de datos entre CCAA.
2. Riesgos de interoperabilidad y coordinación institucional.
3. Costes elevados para infraestructura digital y mantenimiento.
4. Necesidad de protocolos éticos para IA y de datos continuos y de alta calidad; con series incompletas o sesgadas, la IA y los gemelos digitales generan falsas certezas y cascadas de error en crisis encadenadas.

Precisamente, en lo que respecta al uso de la IA y el impulso de las tecnologías, persisten incertidumbres de modelo, falta de explicabilidad y riesgo de sobreconfianza tecnológica que puede retrasar decisiones prudentes.

Requiere gobernanza clara (propiedad y acceso a datos, responsabilidades, validación independiente), ciberseguridad e interoperabilidad entre sistemas civiles y militares. Hay costes de implantación y mantenimiento y necesidad de capacitación para operadores y mandos; sin estos, las herramientas quedan infrutilizadas.

Es clave vigilar sesgos y equidad en las alertas, garantizar planes de respaldo manual ante caídas de red/energía y establecer protocolos de actualización y auditorías periódicas para evitar obsolescencia y *drift* del modelo.



Para esta propuesta es importante tener en cuenta que, aunque la IA ofrece un enorme potencial para anticipar y gestionar emergencias climáticas, su eficacia depende de una monitorización constante y del uso de variables adecuadas y actualizadas. Los modelos solo son fiables si se alimentan con datos de calidad, representativos y ajustados a los criterios científicos más recientes sobre riesgos compuestos y dinámicas de catástrofes encadenadas. Sin una revisión continua de indicadores la IA puede ofrecer diagnósticos incompletos o desfasados. Luego se recomienda que la IA y el desarrollo de simuladores avanzados, se sustenten en un ecosistema de monitorización moderno, dinámico y en continua evolución.

Por último, es fundamental recordar que, por muy sofisticadas que sean, las tecnologías no pueden evitar la aparición de emergencias climáticas, cada vez más frecuentes y virulentas según advierte de forma unánime la comunidad científica. Lo que sí permiten la ciencia y la tecnología es anticiparse, adaptarse y fortalecer nuestra resiliencia para reducir su impacto y responder de manera más eficaz.

Evidencia científica y referencias

La evidencia científica muestra que las plataformas ayudan a enfrentar de un modo sostenible y eficaz la emergencia.

Acosta Hernández, L. F. (2023). *Predicción de los niveles de turbidez en el río Llobregat usando modelos vectoriales autoregresivos VAR(p)* (TFM, UPC-UB). <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/398205>

AEMET. (s. f.). *AEMET OpenData*. https://www.aemet.es/es/datos_abiertos/AEMET_OpenData

Bumberger, J. et al (2025). Digital Ecosystem for FAIR Time Series Data Management in Environmental System Science. *SoftwareX*, 29.

Catari, G., & Gallart, F. (2010). *Rainfall erosivity in the Upper Llobregat Basin, SE Pyrenees*. *Pirineos*, 165, 55–67. <https://doi.org/10.3989/Pirineos.2010.165003> (PDF)

Cheng, R. et al. (2023). A Review of Digital Twin Applications in Civil and Infrastructure Emergency Management. *Buildings* 2023, 13.

Copernicus – ECMWF. (2025). *Climate Data Store (CDS) documentation / User guide*. <https://confluence.ecmwf.int/display/CKB/Climate+Data+Store+%28CDS%29+documentation>; <https://cds.climate.copernicus.eu/>.

Dale, K. et al. (2023). Environment-aware digital twins: incorporating weather and climate information to support risk-based decision-making. *Artificial Intelligence for the Earth Systems*, 2 (4).

Dorrer et al. (2025). Digital multi-agent system for simulating natural fire fighting processes. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.



ECMWF. (s. f.). *Forecasts: Ensemble prediction overview*. <https://www.ecmwf.int/en/forecasts>

EFSA Panel on Animal Health and Welfare. (2025). Epidemiological analysis of African swine fever in the EU during 2024. *EFSA Journal*, 23(1), e09436. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2025.9436>

Ejaz, W. et al (2019). Unmanned Aerial Vehicles Enabled IoT Platform for Disaster Management. *Energies*, 12, 2706.

European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC). (2024). Seasonal surveillance of West Nile virus in Europe. Disponible en: <https://www.ecdc.europa.eu>

European Food Safety Authority (EFSA). (2025). African swine fever risk maps and dashboards. *EFSA Journal*, 23(1), e09436. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2025.9436>.

Fundación Entretantos. (2024). Prevenir los incendios: Una responsabilidad colectiva. Propuestas para la prevención integral de los incendios forestales en tiempos de emergencia climática y despoblación en el medio rural. Foro de Reflexión para la Prevención Integral de los Incendios Forestales. Recuperado de https://www.entretantos.org/wp-content/uploads/2023/08/Documento_ForoPrevencionIncendios.pdf

Hazeleger, W. et al (Doblas-Reyes). (2024). Digital twins of the Earth with and for humans. *Commun Earth Environ* 5, 463.

Laino, E., et al. (2025). Extreme weather events and environmental contamination under climate change: A comparative review of ten European coastal cities. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 45, 100606. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2025.100606>

López-Brosa, P., Monleon-Getino, A., Méndez-Viera, J., Lucena, F., Paraira-Faus, M., & Ganzer-Martí, M. (2022). Association patterns between rainfall and turbidity in a Mediterranean river: The Llobregat (Barcelona, Spain). *Journal of Environmental Hydrology*, 30, 1–12.

López Brosa, P., Monleón-Getino, A., Méndez Viera, J., & Lucena Gutiérrez, F. (2019). Turbidity forecasting in the Delaware River. *Journal of Research in Environmental and Earth Science*, 5(2), 1–9. <https://www.questjournals.org/jrees/papers/vol5-issue2/A05020109.pdf>

Martínez Pillet, V. et al (2011). The Imaging Magnetograph eXperiment (IMaX) for the Sunrise Balloon-Borne Solar Observatory. *Solar Physics*, 268.

Massonnet, F. et al (Doblas-Reyes), (2020). Replicability of the EC-Earth3 Earth system model under a change in computing environment, *Geosci. Model Dev.*, 13.

Ministerio de Sanidad. (2023). *Plan Nacional de prevención, vigilancia y control de las enfermedades transmitidas por vectores: Parte I (enfermedades transmitidas por Aedes); Parte II (enfermedades transmitidas por Culex); Parte III (enfermedades transmitidas por garrapatas)*. Ministerio de Sanidad. Recuperado de https://www.msbs.gob.es/areas/sanidadAmbiental/riesgosAmbientales/vectores/docs/Plan_Vectores_2023.pdf.

Navarro de Corcuera, J., et al. (2020). Assessment of the adequacy of mobile applications for disaster reduction. *Environment, Development and Sustainability*, 23, 10668-021-01697-2. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01697-2>

One Health. (2023). Climate-health integration and zoonotic risk indicators. *One Health*, 100509. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2023.100509>

Reichstein, M. et al (2025). Early warning of complex climate risk with integrated artificial intelligence. *Nature Communications* 16.



- Reporta.do & Monitoreonline. (2020). Plataforma de gestión de riesgos en República Dominicana. Disponible en: <https://reporta.do>
- Riaz, K. et al (2023). Management of Climate Resilience: Exploring the Potential of Digital Twin Technology, 3D City Modelling, and Early Warning Systems. *Sensors*, 23 (5), 2659.
- Riaz, K. et al (2023). Management of Climate Resilience: Exploring the Potential of Digital Twin Technology, 3D City Modelling, and Early Warning Systems. *Sensors*, 23 (5).
- Ritala, P. (2024). Grand challenges and platform ecosystems: Scaling solutions for wicked ecological and societal problems. *Journal of Product Innovation Management*, 41.
- Sabater, S., Ginebreda, A., & Barceló, D. (Eds.). (2012). *The Llobregat: The story of a polluted Mediterranean river*. Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-30939-7>
- Sánchez-Guzmán, G- et al. (2022). Modeling a simulated Forest to get Burning Times of Tree Species using a Digital Twin. IEEE.
- Shivam G. et al (2022). Artificial intelligence and cloud-based Collaborative Platforms for Managing Disaster, extreme weather and emergency operations. *International Journal of Production Economics*, 2022.
- Stevens, B. et al (Doblas -Reyes). (2024). Earth Virtualization Engines (EVE) Earth System Science Data.
- Swami, S., Underwood, K. L., Wshah, S., Davis, D., & Rizzo, D. M. (2023). *Forecasting River Turbidity using Innovative Machine Learning Techniques*. SEDHYD Conference paper. <https://www.sedhyd.org/2023Program/1/318.pdf>
- The Lancet Regional Health – Europe. (2024). Climate projections and adaptive vector control strategies. The Lancet Regional Health – Europe, 101149. <https://doi.org/10.1016/j.lanpe.2024.101149>
- Ybarguen-Fernandez, Y. et al. (2024). Análisis comparativo de aplicaciones web para el reporte de incendios forestales. *Micaela Revista de Investigación*, 5 (1).
- Yuan, H. et al (2022). Key technologies of the emergency platform in China. *Journal of Safety Science and Resilience*, 3 (4).
- Zhang et al. (2022). Building Artificial-Intelligence Digital Fire (AID-Fire) system: A real-scale demonstration, *Journal of Building Engineering*, 62.
- Zhang, H. et al (2025). Developing real-time IoT-based public safety alert and emergency response systems. *Sci Rep* 15.

Sobre el impulso de tecnologías para la gestión de desastres y el uso de la IA y gemelos digitales para anticipar emergencias climáticas y emergencias encadenadas, las siguientes referencias son de utilidad:

- Chaudhuri, N., Bose, I., 2020. Exploring the role of deep neural networks for post-disaster decision support. *Decis Support Syst* 130. <https://doi.org/10.1016/J.DSS.2019.113234>
- EC: Directorate-General for Digital Services, Brizuela, A., Montino, C., Galasso, G., Polli, G., 2024. Adoption of AI, blockchain and other emerging technologies within the European public sector: a public sector Tech Watch report. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2799/3438251>



Ferrer, J. M., Martín-Campo, F. J., Ortuño, M. T., Pedraza-Martínez, A. J., Tirado, G., & Vitoriano, B. (2018). Multi-criteria optimization for last mile distribution of disaster relief aid: Test cases and applications. *European Journal of Operational Research*, 269(2), 501-515. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.02.043>

Ghaffarian, S., Taghikhah, F. R., & Maier, H. R. (2023). Explainable artificial intelligence in disaster risk management: Achievements and prospective futures. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 98, 104123. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2023.104123>

Ghali, R., & Akhloufi, M. A. (2023). Deep Learning Approaches for Wildland Fires Using Satellite Remote Sensing Data: Detection, Mapping, and Prediction. *Fire*, 6(5), 192. <https://doi.org/10.3390/fire6050192>

Granda, B., León, J., Vitoriano, B., & Hearne, J. (2023). Decision Support Models and Methodologies for Fire Suppression. *Fire*, 6(2), 37. <https://doi.org/10.3390/fire6020037>

Gravoba, O., Urso, G., Corbane, C., Dalmaso, S., Kemper, T. et al., Artificial Intelligence approaches for disaster risk management, European Commission, Bruxelles, 2025, JRC142778. https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC142778/JRC142778_01.pdf

Hrast Essenfelder, A., Toreti, A. and Seguini, L. (2025) Expert-driven explainable artificial intelligence models can detect multiple climate hazards relevant for agriculture, *Communications Earth & Environment*, 6(1), p. 207, <https://doi.org/10.1038/s43247-024-01987-3>

Hu, X., Ban, Y., & Nascetti, A. (2021). Uni-Temporal Multispectral Imagery for Burned Area Mapping with Deep Learning. *Remote Sensing*, 13(8), 1509. <https://doi.org/10.3390/rs13081509>

Jardim, R., dos Santos, M., Neto, E., Muradas, F. M., Santiago, B., & Moreira, M. (2022). Design of a framework of military defense system for governance of geoinformation. *Procedia Computer Science*, 199, 174-181. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.022>

Lee, CE., Baek, J., Son, J. et al. Deep AI military staff: cooperative battlefield situation awareness for commander's decision making. *J Supercomput* **79**, 6040–6069 (2023). <https://doi.org/10.1007/s11227-022-04882-w>

Mateos, R. M., Sarro, R., Díez-Herrero, A., Reyes-Carmona, C., López-Vinielles, J., Ezquerro, P., ... & Monserrat, O. (2023). Assessment of the socio-economic impacts of extreme weather events on the coast of southwest Europe during the period 2009–2020. *Applied Sciences*, 13(4), 2640. <https://doi.org/10.3390/app13042640>

Munir, A., Aved, A., & Blasch, E. (2022). Situational awareness: techniques, challenges, and prospects. *AI*, 3(1), 55-77. <https://doi.org/10.3390/ai3010005>

Pala, C., Melis, M. T., Pioli, L., Sarro, R., Loddo, S., Cinus, S., & Brunetti, M. T. (2025). Sediment generation through thermal spalling during the 2021 montiferru planargia wildfire and its contribution to postfire debris flows. *Scientific Reports*, 15(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-15527-2>

Rodríguez, J. T., Vitoriano, B., & Montero, J. (2012). A general methodology for data-based rule building and its application to natural disaster management. *Computers & Operations Research*, 39(4), 863-873. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2009.11.014>

Schwarz, K., Bollens, K., Aranda, A., Hartmann, D., Schwarz, Klaus, Bollens, Kendrick, Aranda, D.A., Hartmann, M., 2024. AI-Enhanced Disaster Management: A Modular OSINT System for Rapid Automated Reporting. *Applied Sciences* 2024, Vol. 14. <https://doi.org/10.3390/APP142311165>

Spaccini, R., & Piccolo, A. (2020). Infrared spectra of soil organic matter under a primary vegetation sequence. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 7, 1-12.



Szabadföldi, I. (2021). Artificial intelligence in military application—opportunities and challenges. *Land Forces Academy Review*, 26(2), 157-165. <https://doi.org/10.2478/raft-2021-0022>

Visave, J., 2025. Transparency in AI for emergency management: building trust and accountability. *AI and Ethics* 2025 5, 3967–3980. <https://doi.org/10.1007/S43681-025-00692-X>

Vitoriano, B., Rodríguez, J. T., Tirado, G., Martín-Campo, F. J., Ortuño, M. T., & Montero, J. (2015). Intelligent decision-making models for disaster management. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 21(5), 1341-1360. <https://doi.org/10.1080/10807039.2014.957947>

Wohwe Sambo, D., & Förster, A. (2023). Wireless Underground Sensor Networks: A Comprehensive Survey and Tutorial. *ACM Computing Surveys*, 56(4), 1-44. <https://doi.org/10.1145/3625388>

Yuan, C., Zhang, Y. & Liu, Z. (2015). A survey on technologies for automatic forest fire monitoring, detection, and fighting using unmanned aerial vehicles and remote sensing techniques. *Canadian Journal of Forest Research*. 45(7): 783-792. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2014-0347>

8.d.10. Enfocar la plataforma de datos hacia la evaluación y mitigación de riesgos multiamenaza basada en conocimientos e impulsada por IA

Descripción de la propuesta

Se plantea el desarrollo de una plataforma nacional para la evaluación y mitigación de riesgos multiamenaza, combinados y encadenados, que combine conocimiento científico, datos interoperables y capacidades de IA. Se recomienda que este sistema supere el análisis aislado de amenazas y adopte un enfoque sistémico, capaz de anticipar efectos en cascada y retroalimentaciones entre fenómenos, mejorando la toma de decisiones en un contexto de cambio climático y vulnerabilidad creciente.

Acciones clave:

1. Incorporar riesgos encadenados y compuestos en la lógica de análisis, utilizando herramientas como diagramas de bucles causales (*Causal Loop Diagrams*) para visualizar interdependencias y anticipar impactos acumulativos. Es preciso superar el análisis aislado de amenazas y adoptar un enfoque integral y sistémico, capaz de identificar bucles de retroalimentación entre fenómenos (p. ej., sequía + calor → mayor riesgo de incendios; relación Clausius–Clapeyron → lluvias más intensas con temperaturas elevadas; movimientos del terreno que generen desprendimientos rocosos, deslizamientos, etc.) y de riesgos encadenados que puedan generar efectos acumulativos.



2. Integrar grafos de conocimiento e interoperabilidad semántica para conectar indicadores y evaluar impactos sobre recursos naturales, infraestructuras y población. Esto permitirá:
3. Desarrollar servicios de gemelos digitales para simular escenarios multiamenaza y de riesgos encadenados.
4. Síntesis rápida de evidencia para decisiones basadas en datos.
5. Coordinación acelerada entre redes nacionales de gestión de desastres, responsables políticos y comunidades científicas.
6. Incorporar conocimiento local y valores sociales, cerrando la brecha entre expertos y comunidades mediante modelización participativa y semánticas transparentes. Este enfoque busca garantizar soluciones adaptadas al contexto, éticas y equitativas, considerando vulnerabilidades sociales y saberes autóctonos.

Mecanismos de implementación:

1. Integración de datos científicos y técnicos con grafos semánticos.
2. Colaboración con Agencia Estatal de Protección Civil y Emergencias y centros especializados (p. ej., futuro Centro ONU en Bilbao sobre IA).
3. Protocolos para coproducción de conocimiento y participación de actores locales.

Ámbito: Nacional, con integración de escalas autonómicas y locales.

Sectores implicados: Protección civil, medio ambiente, infraestructuras críticas, salud pública, desarrollo territorial.

Limitaciones y advertencias

1. Resultaría conveniente que la administración desarrolle capacidades de pensamiento sistémico (*systems thinking*) para interpretar interdependencias y riesgos encadenados, a fin de que la plataforma pueda alcanzar su potencial.
2. Complejidad técnica para interoperabilidad semántica y grafos de conocimiento.
3. Riesgo de sesgos en IA si no se valida con expertos y actores locales.
4. Necesidad de recursos computacionales y coordinación interinstitucional.
5. Desafíos para integrar saberes locales y garantizar equidad en la toma de decisiones.

Evidencia científica y referencias



La investigación reciente muestra que los riesgos multiamenaza —como incendios, inundaciones y fenómenos extremos que ocurren de forma combinada— están aumentando y requieren soluciones más integradas. Los estudios destacan que la modelización avanzada, apoyada en inteligencia artificial, permite anticipar escenarios complejos y mejorar la toma de decisiones. Para ello, es clave contar con plataformas de datos que no solo recopilen información, sino que la estructuren mediante grafos de conocimiento y semánticas, facilitando la interoperabilidad y el análisis automatizado. Este enfoque ayuda a priorizar acciones de mitigación y adaptación, optimizando recursos y reduciendo impactos en un contexto de cambio climático y creciente vulnerabilidad.

Balbi, S., Bagstad, K. J., Magrath, A., Sanz, M. J., & Aguilar-Amuchastegui, N. (2022). The global environmental agenda urgently needs a semantic web of knowledge. *Environmental Evidence*, 11(1), 1–6. <https://doi.org/10.1186/s13750-022-00264-4>

Ghanbari, M., Arabi, M., Kao, S. C., Obeysekera, J., & Sweet, W. (2021). Climate change and changes in compound coastal–riverine flooding hazard along the US coasts. *Earth's Future*, 9(5), e2020EF001897. <https://doi.org/10.1029/2020EF001897>

Groundstroem, F., & Juhola, S. (2021). Using systems thinking and causal loop diagrams to identify cascading climate change impacts on bioenergy supply systems. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 26(29). <https://doi.org/10.1007/s11027-021-09967-0>

Marquez Torres, A., Signorello, G., Kumar, S., Adamo, G., Villa, F., & Balbi, S. (2023). Fire risk modeling: An integrated and data-driven approach applied to Sicily. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 23(9), 2937–2959. <https://doi.org/10.5194/nhess-23-2937-2023>

Troglič, R. Š., Reiter, K., Ciurean, R. L., Gottardo, S., Torresan, S., Daloz, A. S., & Ward, P. J. (2024). Challenges in assessing and managing multi-hazard risks: A European stakeholders perspective. *Environmental Science & Policy*, 157, 103774. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2024.103774>

Pescaroli, G., Suppasri, A., & Galbusera, L. (2024). Progressing the research on systemic risk, cascading disasters, and compound events. *Progress in Disaster Science*, 22, 100319. <https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2024.100319>

8.d.11. Crear un ecosistema integral de datos o Infraestructura de datos estadísticos y geográficos

Descripción de la propuesta

La gestión eficaz de las emergencias climáticas exige información precisa, integrada y accesible en tiempo real. Sin datos interoperables y abiertos, la prevención, la respuesta y la recuperación se ven comprometidas. En este contexto, la normativa europea y española, e iniciativas globales sobre datos abiertos establecen un marco que no habilita la creación de infraestructuras robustas para la toma de decisiones.



La Directiva 2019/1024 de la UE y su antecedente de 2003 establecen principios esenciales: formatos interoperables, acceso libre y mínima restricción para su uso (Parlamento Europeo y Consejo de la UE, 2019; 2003). Estos principios garantizan que la información del sector público pueda reutilizarse y compartirse por cualquier usuario, fomentando no solo la actividad económica, sino también la innovación y la función social de los datos abiertos.

A nivel global, iniciativas como el Portal Mundial de Acceso Abierto (GOAP), creado en 2023 en colaboración con Redalyc, el Instituto Indio de Estadística y AmeliCA, demuestran el valor de la transparencia y la colaboración en datos. Desde su lanzamiento, el GOAP ofrece conocimiento destilado por país sobre el estado del acceso abierto. Se recomienda que España adopte estas prácticas para garantizar que la información sobre riesgos climáticos sea accesible y útil para todos los actores.

La fragmentación actual entre productores de datos y la falta de integración e interoperabilidad dificultan una respuesta eficaz. Por ello, se propone la creación de un ecosistema integral de datos, basado en principios FAIR y en infraestructuras existentes, que permita anticipar emergencias, optimizar la gestión y fortalecer la resiliencia.

La evidencia científica muestra que la recolección y el análisis masivo de datos históricos y en tiempo real permite: a) Anticipar la aparición de emergencias; b) Optimizar la estrategia de prevención, detección, respuesta y recuperación; c) Identificar modelos y anomalías; d) Detectar patrones de movilidad y comunicación de la población durante la emergencia, ayudando a dirigir la ayuda y evaluar el impacto; y e) Minimizar tiempos de respuesta y racionalizar medidas a esos efectos.

La fragmentación de los productores de estadísticas (sector público y privado, centros de investigación y administraciones, administración central, autonómica y local, sector público y sociedad civil) y la falta de integración e interoperabilidad, está dificultando el acceso y la operatividad de un sistema de datos (estadísticos y espaciales).

- Los ecosistemas de datos proporcionan enfoques sostenibles y multifuncionales para la lucha contra las emergencias climáticas y, especialmente, aquellos que cumplen los principios FAIR (*Findable, Accessible, Interoperable, Reusable*), facilitan la integración, gestión y análisis de grandes volúmenes de datos, permitiendo una actuación más eficiente y colaborativa frente a eventos extremos.



- Resulta recomendable que los ecosistemas de datos favorezcan la creación y publicación de datos abiertos desde el diseño y como práctica habitual. (Open Data Directive 2019/1024 (ODD) y Real Decreto-Ley 24/2021, de 2 de noviembre).
- Convendría que se basara en la experiencia y en la infraestructura de datos espaciales de España existente (IDEE).
- Para la estructuración de la Infraestructura de datos se recomienda la adopción del *Disaster-related Statistics Framework* (DRSF), que será aprobado en marzo de 2026 por la Comisión Estadística de Naciones Unidas (UNSC).
- La comunidad científica reconoce de manera generalizada que el establecimiento de un ecosistema integral de datos, robusto, dinámico y fiable es fundamental para abordar y gestionar eficazmente todas las fases de las emergencias climáticas, mejorando la prevención, la detección, la respuesta, la resiliencia y la recuperación.
- Sería conveniente que las dos infraestructuras (Infraestructura Estatal de Estadísticas (IEERD) e Infraestructura Estatal de datos espaciales (IEDERD) de riesgo de desastres y cambio climático) incorporasen datos no sólo de la Administración General del Estado sino también de las Comunidades Autónomas, de los municipios, de las universidades y centros de investigación y de aquellas instituciones que produzcan datos de peligros y eventos extremos, vulnerabilidad, exposición, impacto y medidas de mitigación y adaptación, observaciones y modelos. Se recomienda la adopción de un modelo federado en el que los organismos productores conserven la propiedad y gestión de los datos producidos y se adopten protocolos de intercambio y formatos de intercambio que faciliten la interoperabilidad. Se recomienda conectar las dos infraestructuras con un mismo acceso.

Prevención y detección temprana: Es posible la monitorización continua y el análisis en tiempo real de distintas variables, particularmente ambientales, facilitando la identificación rápida de amenazas y la anticipación de emergencias.

Reacción y gestión eficiente: La disponibilidad de datos abiertos, interoperables, estandarizados y accesibles agiliza la coordinación entre agencias, la gestión de recursos y la reacción, optimizando la respuesta.

Reducción de riesgos y resiliencia: Los datos integrados ayudan a entender las amenazas y vulnerabilidades y a diseñar intervenciones más efectivas y resilientes.



Recuperación y seguimiento: Es posible una evaluación de daños, posibilidades de restauración y políticas públicas más adecuadas a esos efectos. El seguimiento de pérdidas ambientales y de servicios ecosistémicos tras desastres es clave para mejorar la gestión del riesgo y la recuperación sostenible

Mecanismos de implementación:

Para cumplir esas funcionalidades, el ecosistema integral de datos podría responder a los siguientes parámetros:

- Colaboración entre las administraciones públicas, sector privado, organismos de investigación y ciudadanía;
- Infraestructura tecnológica compartida basada en la nube, API abiertas y estándares comunes.
- Integración de fuentes de datos como meteorología, sensores, satélites, redes sociales y registros históricos.
- Estandarización, interoperabilidad y validación práctica del ecosistema en contextos internacionales, nacionales y sectoriales.
- Procesamiento de los datos mediante tecnologías de *machine learning*, *deep learning*, *big data*, tecnologías de inteligencia artificial y simulaciones o cualesquiera haya disponibles.
- Análisis y visualización de datos a través de mapas de riesgo, análisis estadísticos, paneles interactivos y sistemas de alerta, adaptado a los diferentes usuarios.

El objetivo del ecosistema integral de datos es una mejora sustancial en los ámbitos de la prevención, detección, coordinación, gestión y respuesta ante emergencias, una reducción de los daños humanos y económicos, un impulso a la innovación y a la economía del dato y un fortalecimiento de la resiliencia territorial frente a la emergencia climática.

Limitaciones y advertencias

1. La creación de un ecosistema integral de datos exige alta inversión inicial, mantenimiento continuo y capacidad técnica avanzada en todas las administraciones.
2. La interoperabilidad de los datos e infraestructuras preexistentes.
3. Sin gobernanza clara y estándares compartidos, existe riesgo de fragmentación, duplicidades o brechas de interoperabilidad.
4. La calidad y veracidad de los datos puede verse comprometida por fuentes heterogéneas o algoritmos mal calibrados, afectando la fiabilidad



- de las alertas. Se requiere garantizar seguridad, privacidad y protección de datos personales, especialmente al integrar información sensible o geolocalizada.
5. Además, el desequilibrio territorial en capacidades digitales puede generar desigualdades en la anticipación y respuesta.
 6. La dependencia tecnológica y la opacidad algorítmica podrían limitar la rendición de cuentas y el control público, por lo que se recomienda acompañar el despliegue con auditorías éticas, formación y protocolos de transparencia.

Evidencia científica y referencias

La evidencia científica muestra que los ecosistemas de datos permiten integrar la información de diversas fuentes y naturaleza. La evidencia muestra que un ecosistema integral de datos posibilita la utilización de diversas tecnologías de análisis de datos como IA, supercomputación o Edge Computing.

Bumberger, J. et al (2025). Digital Ecosystem for FAIR Time Series Data Management in Environmental System Science. *SoftwareX*, 29, 102038.

Copernicus.eu. (2020). *Climate data for sustainable infrastructure | Copernicus*. [online] Available at: <https://climate.copernicus.eu/climate-data-sustainable-infrastructure>.

Cui, Y., Kara, S. and Chan, K.C. (2020). Manufacturing big data ecosystem: A systematic literature review. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 62, p.101861. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rcim.2019.101861>.

Europa.eu. (2016). *Portal de datos abiertos de la Iniciativa sobre el Cambio Climático*. [online] Available at: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/es/metadata/portals/climate-change-initiative-open-data-portal> [Accessed 17 Oct. 2025].

Gobierno de España. (2021, 2 de noviembre). *Real Decreto-ley 24/2021, de 2 de noviembre, de transposición de directivas de la Unión Europea en las materias de emisiones industriales y residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, y por el que se modifica la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación, y la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados*. Boletín Oficial del Estado, núm. 263, pp. 133204–133364. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2021/11/02/24>.

Gortan, M., Testa, L., Fagiolo, G., & Lamperti, F. (2024). A unified dataset for pre-processed climate indicators weighted by gridded economic activity. *Scientific Data*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41597-024-03304-1>

Kulmala, M. et al (2023). The strength of long-term comprehensive observations to meet multiple grand challenges in different environments and in the atmosphere. *Atmospheric Chemistry and Physics*. 23,14949.

Krüger, C., Cázarez-Grageda, K. and Londono, A. (2022). *Climate change data ecosystems for better climate action introducing an assessment framework Prepared by*. [online] Available at: https://unece.org/sites/default/files/2022-09/WP1_Session1_Paris21_Climate%20change%20data%20ecosystem_rev.pdf.



Lnenicka, M., Anastasija Nikiforova, Mariusz Luterek, Milic, P., Rudmark, D., Neumaier, S., Karlo Kević, Anneke Zuiderwijk and Pedro, M. (2024). Understanding the development of public data ecosystems: From a conceptual model to a six-generation model of the evolution of public data ecosystems. *Telematics and Informatics*, pp.102190–102190. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tele.2024.102190>.

Meteorología, A.E. de (n.d.). *Datos climatológicos - Agencia Estatal de Meteorología - AEMET. Gobierno de España*. [online] www.aemet.es. Available at: <https://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos>.

Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. (2019). *Directiva (UE) 2019/1024 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de junio de 2019, sobre datos abiertos y la reutilización de información del sector público* (DO L 172, 26.6.2019, pp. 56–83). Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2019/1024/oj>.

Parlamento Europeo y Consejo. (2003). *Directiva 2003/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 17 de noviembre de 2003 relativa a la reutilización de la información del sector público*. Diario Oficial de la Unión Europea, L 345, 90-96. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:32003L0098>.

8.d.12. Fomentar la colaboración de la Agencia con actores científicos

Descripción de la propuesta

Se recomienda que la AEPCE articule al menos cuatro conjuntos de acciones clave complementarias para institucionalizar la ciencia “pegada a la operación”:

Acciones clave:

1. Establecer órganos internos de ciencia-operaciones.
 - a. Crear un Consejo Asesor Científico-Técnico (CACyT) con organismos públicos de investigación (como el CSIC y su Protocolo Interno de Asesoramiento en Desastres y Emergencias-- PADE), universidades, centros de investigación, centros tecnológicos y colegios profesionales para: i) validar procedimientos y metodologías operativas; ii) priorizar I+D orientada a brechas críticas; iii) traducir evidencia a guías y *checklists* para centros de mando; iv) liderar revisiones posevento. Este enfoque responde a la evidencia que reclama estructuras puente estables entre ciencia y operaciones para decisiones bajo incertidumbre y tiempo limitado.
 - b. Habilitar una Unidad Ciencia-Operaciones Multipeligro con posibilidad de contar con colaboraciones para peligros concretos, como por ejemplo Resiliencia Costera, célula técnica permanente que integra en tiempo real datos oceanográficos (boyas, mareógrafos, radares HF), satelitales y modelos (oleaje, marea, *storm surge*), para emitir boletines operativos (evolución del



temporal, zonas con mayor probabilidad de inundación, ventanas óptimas para cierres/evacuaciones) y elaborar escenarios preventivos. Esta célula técnica se inspira en prácticas consolidadas del Met Office/National Oceanography Centre (mareas ciclónicas) y de la Storm Surge Unit del National Hurricane Center, así como en la integración de células científico-operativas en EOC/CECOP.

2. Asegurar colaboraciones con entidades científicas externas. Se trata de Continuar y ampliar las acciones de colaboración y coordinación con entidades científicas (como CSIC, ONAC, universidades, etc.) para que participen no solo en asesoramiento durante emergencias, sino en la planificación previa (identificación de zonas de riesgo, diseño de infraestructuras resilientes). Ejemplos:
 - a. Ya existe un protocolo conjunto entre el Ministerio del Interior y el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades para investigación conjunta en emergencias y protocolos de activación rápida ante emergencias (PADE-CSIC/GADE)
 - b. La Dirección General de Protección Civil y Emergencias mantiene una comunicación y coordinación con diferentes grupos de investigación y está desarrollando acciones en este sentido (por ejemplo, propuestas de estancias de investigación de la FECYT partiendo de sus propias necesidades).
 - c. IEO-CSIC. Incorporar la capacidad del Instituto Español de Oceanografía (series temporales en Atlántico/Mediterráneo, redes de observación avanzadas, flota, modelización) mediante convenios marco y protocolos de activación rápida (PADE-CSIC/GADE). Este tipo de integración ciencia-operación está alineada con las recomendaciones europeas para fortalecer la interfaz ciencia-política-operaciones.
 - d. Patrimonio cultural. Incorporar expertos en patrimonio arqueológico y cultural en órganos consultivos y planificación operativa para evitar daños colaterales (p.ej., cortafuegos sobre fortificaciones) y cumplir la visión de riesgo sistémico del GAR 2022.
3. Valorar la financiación estratégica de I+D+i por parte de la propia Agencia o favorecer la participación activa de la Agencia en el desarrollo de la Estrategia Nacional de Ciencia, Tecnología y de la Innovación para definir líneas de interés en los Planes Estatales de Investigación, Innovación y Desarrollo. En el primer caso, sería estudiar la asignación a la Agencia de la gestión de convocatorias específicas de I+D+i en protección civil y emergencias [OE22] (alerta multirriesgo e *impact-based*,



interoperabilidad, IA y simulación, soluciones basadas en la naturaleza, protección del patrimonio), con evaluación por impacto operativo, escalabilidad e interoperabilidad y codiseño con usuarios finales. Se promoverá financiación mixta (PGE + programas de la UE como UCPM/rescEU, Digital Europe y sinergias con AEI/CDTI). La evidencia internacional subraya que sin financiación estable y orientada a la operación la transferencia de la ciencia a decisiones críticas se resiente.

4. Integrar los escenarios de cambio climático en las fases de planificación, prevención y respuesta de las emergencias, a partir de los resultados de la evaluación de los riesgos climáticos siguiendo las directrices de la EU Adaptation Strategy y la Mission on Adaptation to Climate Change (proyectos europeos como CLIMAAX han desarrollado metodologías y herramientas aplicables para la evaluación de los riesgos climáticos y que se han aplicado a 68 municipios y regiones europeos).

Mecanismos de implementación:

1. Se recomienda la creación de unidades y consejos asesores en el real decreto de estructura de la futura Agencia.
2. Se recomienda que la Agencia establezca convenios de colaboración con entidades científicas y sustentar la colaboración a base de proyectos conjuntos y colaboraciones cercanas durante la prevención, la respuesta y recuperación de emergencias.

Limitaciones y advertencias

1. Gobernanza y cultura organizativa. Riesgo de resistencia a la compartición de datos y a incorporar asesoramiento externo en situaciones de alto estrés; mitigable con protocolos, simulacros regulares y codiseño.
2. Interoperabilidad técnica. Requiere estándares de datos, acuerdos de confidencialidad y *dashboards* interoperables en EOC/CECOP; conviene reutilizar guías y *toolkits* NIMS/EOC.
3. Capacidad y sostenibilidad. La UCORC demanda personal especializado y operación 24/7 en episodios; los programas de I+D precisan de capacidad administrativa y coordinación con AEI/CDTI para evitar solapamientos.
4. La comunidad científica manifiesta con frecuencia un descontento ante la existencia de un desfase entre la producción de conocimiento y su incorporación en la acción política y operativa. Este *gap* limita el impacto



de investigaciones valiosas y genera la percepción de que la ciencia es ignorada en procesos de decisión cruciales. Se puede superar esta brecha fomentando mecanismos estables de diálogo, traduciendo los resultados científicos a formatos comprensibles y útiles, e integrando de manera sistemática la evidencia en la planificación y gestión de emergencias.

5. La comunidad científica subraya la importancia de contar con comités de asesoramiento permanentes, como el Comité de Asesoramiento en Emergencias del CSIC. Dichos comités tendrían una naturaleza permanente y no estarían restringidos a momentos de crisis. Mantener un enlace permanente entre la Agencia, el Ministerio de Interior, el Ministerio de Defensa y este órgano científico sería una medida estratégica para garantizar que el conocimiento experto se traduzca en decisiones efectivas y oportunas.
6. Por último, buena parte de la comunidad científica reconoce que por su parte también es necesario un esfuerzo a la hora de comunicarse con quienes toman decisiones políticas. La creciente complejidad de las emergencias climáticas exige que el conocimiento científico y tecnológico llegue a los responsables públicos en un lenguaje comprensible, accionable y orientado a la toma de decisiones, facilitando así políticas basadas en evidencia y una planificación más proactiva y resiliente.

Evidencias científicas y referencias

Integrar la ciencia en todos los niveles de planificación y respuesta mejora la efectividad frente a la emergencia climática, permitiendo respuestas más informadas, adaptativas y resilientes.

- Mejora la toma de decisiones y la anticipación: Incorporar ciencia climática, modelización avanzada y escenarios (*storylines*) en la planificación permite identificar riesgos extremos, evaluar vulnerabilidades y diseñar respuestas adaptadas a contextos locales y regionales. Esto ha sido clave para ajustar políticas públicas y sistemas de alerta temprana, como se demostró en la gestión de inundaciones en el Reino Unido.
- Reduce la brecha entre ciencia y gestión: Traducir el conocimiento científico en acciones concretas, involucrando a actores relevantes y comunicando la incertidumbre de manera efectiva, facilita la aceptación social y la implementación de estrategias de reducción de riesgos.



- Fomenta la resiliencia y la innovación: La integración de la ciencia, incluyendo ciencias sociales y ciudadanas, en la infraestructura de respuesta y prevención, fortalece la capacidad de adaptación, promueve la participación comunitaria y permite el aprendizaje iterativo ante nuevas amenazas.
- Evita respuestas *business as usual*: Los planes de emergencia que incorporan ciencia tienden a ser más complejos y efectivos, superando enfoques tradicionales y permitiendo respuestas más integrales y coordinadas.
- Permite incluir de forma integrada los escenarios de cambio climático y sus consecuencias en los planes de gestión de la emergencia que se utilizarán en los próximos años.
- La evidencia muestra que integrar la ciencia en todos los niveles de planificación y respuesta es fundamental para enfrentar la emergencia climática, ya que mejora la anticipación, la adaptación y la efectividad de las políticas y acciones implementadas.
- La ciencia constituye un pilar esencial en la toma de decisiones frente a la emergencia climática, al aportar información rigurosa, verificable y contextualizada sobre los riesgos y sus posibles soluciones. Mediante modelos predictivos, evaluaciones de vulnerabilidad y análisis de impactos, la investigación permite anticipar escenarios, establecer prioridades de adaptación y mitigación y diseñar políticas fundamentadas en la evidencia. Cuando los resultados científicos se comunican de forma clara y son cocreados junto a responsables políticos, comunidades y sectores productivos, aumentan su legitimidad y relevancia práctica, facilitando decisiones más eficaces, oportunas y socialmente aceptadas en la gestión de crisis climáticas.

American Academy of Arts & Sciences. (2017). *Science During Crisis: Best Practices, Research Needs, and Policy Priorities*. <https://www.amacad.org/publication/science-during-crisis/section/7>

DRMKC-JRC (European Commission). (2017). *Science for Disaster Risk Management 2017: Knowing Better and Losing Less*. Publications Office of the EU. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC102482>

FEMA. (2017–2025). *National Incident Management System (NIMS): Components, Guidance & EOC Toolkit*. <https://www.fema.gov/emergency-managers/nims/components>; <https://preptoolkit.fema.gov/web/nims-toolkit/eoc>

Ihab Hanna Sawalha. (2020). A contemporary perspective on the disaster management cycle. *Foresight* 25 August 2020; 22 (4): 469–482. <https://doi.org/10.1108/FS-11-2019-0097>

López-Romero, E., Asins Velis, S., Díez Herrero, A., & Sastre Prats, I. (Coords.). (2025). *Patrimonio cultural en riesgo. Retos de adaptación al cambio climático*. Editorial CSIC. <https://doi.org/10.20350/digitalCSIC/17003>



Met Office / National Oceanography Centre. (s. f.). *Storm surge forecasting & NTSLF Surge Model Forecasts*. <https://weather.metoffice.gov.uk/learn-about/weather/types-of-weather/storms/storm-surge> ; <https://ntslf.org/storm-surges/surge-model/surge-forecast>

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2017). *Science during crisis: Best practices, research needs, and policy priorities*. The National Academies Press. <https://www.amacad.org/publication/science-during-crisis/section/2>

National Hurricane Center (NOAA). (s. f.). *Storm Surge Unit & Operational Products*. <https://www.nhc.noaa.gov/surge/ssu.php> ; <https://www.nhc.noaa.gov/surge/products.php>

NIST. (2011). *Modeling and Simulation of Incident Management for Homeland Security Applications (NISTIR 7787)*. <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/IR/nistir7787.pdf>

OECD. (2022–2024). *Data-Driven Decision-Making Framework in Crisis Management; Framework on Management of Emerging Critical Risks*. https://reform-support.ec.europa.eu/document/download/8b9ddcf9-4061-4fd3-be1d-ad8c0fbbd28a_en ; https://www.oecd.org/en/publications/framework-on-management-of-emerging-critical-risks_2f2eddd8-en.html

Sawalha, I. H. (2020). A contemporary perspective on the disaster management cycle. *Foresight*, 22(4), 469–482. <https://doi.org/10.1108/FS-11-2019-0097>

Scolobig, A., et al (2015). Towards people-centred approaches for effective disaster risk management: Balancing rhetoric with reality. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 12, 202-212. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2015.01.00>

UNDRR. (2022). *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2022: Our World at Risk—Transforming Governance for a Resilient Future*. <https://www.undrr.org/gar/gar2022-our-world-risk-gar>

UCPM / rescEU (European Commission). (s. f.). *Union Civil Protection Mechanism & rescEU capacities*. https://commission.europa.eu/funding-tenders/find-funding/eu-funding-programmes/union-civil-protection-mechanism-resceu_en; https://civil-protection-humanitarian-aid.ec.europa.eu/what/civil-protection/resceu_en

Albris, K., Lauta, K. C., & Raju, E. (2020). Disaster knowledge gaps: Exploring the interface between science and policy for disaster risk reduction in Europe. *International Journal of Disaster Risk Science*, 11(1), 1-12. <https://doi.org/10.1007/s13753-020-00250-5>

Aitsi-Selmi, A., Blanchard, K., & Murray, V. (2016). Ensuring science is useful, usable and used in global disaster risk reduction and sustainable development: a view through the Sendai framework lens. *Palgrave Communications*, 2(1), 1-9. <https://doi.org/10.1057/palcomms.2016.16>

der Heide, E. A. (2006). The importance of evidence-based disaster planning. *Annals of emergency medicine*, 47(1), 34-49. <https://doi.org/10.1016/j.annemergmed.2005.05.009>.

Fischhoff, B. (2020). Making behavioral science integral to climate science and action. *Behavioural Public Policy*, 5, 439 - 453. <https://doi.org/10.1017/bpp.2020.38>.

Jillson, I. A., Clarke, M., Allen, C., Waller, S., Koehlmoos, T., Mumford, W., ... & Trant, A. (2019). Improving the science and evidence base of disaster response: a policy research study. *BMC health services research*, 19(1), 274. <https://doi.org/10.1186/s12913-019-4102-5>

McHugh, L., Lemos, M., & Morrison, T. (2021). Risk? Crisis? Emergency? Implications of the new climate emergency framing for governance and policy. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 12. <https://doi.org/10.1002/wcc.736>.



Mosadeghrad, A., Isfahani, P., Eslambolchi, L., Zahmatkesh, M., & Afshari, M. (2023). Strategies to strengthen a climate-resilient health system: a scoping review. *Globalization and Health*, 19. <https://doi.org/10.1186/s12992-023-00965-2>.

Potur, E. A., Aktas, A., & Kabak, M. (2025). A Bibliometric Analysis of Multi-Criteria Decision-Making Techniques in Disaster Management and Transportation in Emergencies: Towards Sustainable Solutions. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su17062644>

Shaw, R. (2020). Thirty years of science, technology, and academia in disaster risk reduction and emerging responsibilities. *International Journal of Disaster Risk Science*, 11(4), 414-425. <https://doi.org/10.1007/s13753-020-00264-z>

Sillmann, J., Raupach, T., Findell, K., Donat, M., Alves, L., Alexander, L., Borchert, L., De Amorim, P. B., Buontempo, C., Fischer, E., Franzke, C., Guan, B., Haasnoot, M., Hawkins, E., Jacob, D., Mahon, R., Maraun, D., Morrison, M., Poschlod, B., ... Županić, J. (2024). Climate extremes and risks: links between climate science and decision-making. *Frontiers in Climate*. <https://doi.org/10.3389/fclim.2024.1499765>

Sillmann, J., Shepherd, T., Van Den Hurk, B., Hazeleger, W., Martius, O., Slingo, J., & Zscheischler, J. (2020). Event-Based Storylines to Address Climate Risk. *Earth's Future*, 9. <https://doi.org/10.1029/2020EF001783>.

Vasileiou, K., Barnett, J., & Fraser, D. S. (2022). Integrating local and scientific knowledge in disaster risk reduction: A systematic review of motivations, processes, and outcomes. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 81, 103255. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.103255>

Wang, D., Wan, K., & Wenxiao. (2020). Emergency decision-making model of environmental emergencies based on case-based reasoning method. *Journal of Environmental Management*, 262, 110382. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110382>

Wong-Parodi, G., Krishnamurti, T., Davis, A., Schwartz, D., & Fischhoff, B. (2016). A decision science approach for integrating social science in climate and energy solutions. *Nature Climate Change*, 6, 563-569. <https://doi.org/10.1038/NCLIMATE2917>

8.d.13. Colaborar con expertos en salud y enfoque One Health

Descripción de la propuesta

El cambio climático incrementa la frecuencia e intensidad de fenómenos extremos como olas de calor, inundaciones y tormentas severas, con impactos directos en la salud humana y riesgos asociados para animales y ecosistemas. Para responder a estos retos, convendría integrar la dimensión sanitaria en las políticas y protocolos de la Agencia Estatal de Protección Civil y Emergencias.

Acciones Clave:

1. Integración de la salud pública en protocolos de actuación. Se propone la elaboración de protocolos sanitarios específicos para emergencias relacionadas con el calor, con medidas dirigidas a personas vulnerables (pacientes con enfermedades crónicas, mayores, colectivos en riesgo). Estos protocolos incluirán la formación continua del personal sanitario en



la gestión de enfermedades crónicas durante episodios críticos, siguiendo la evidencia que demuestra la eficacia de los sistemas de alerta y respuesta sanitaria en la reducción de la mortalidad por calor.

2. Creación de un órgano asesor permanente con enfoque One Health. Este órgano integrará representantes de los ministerios de Sanidad, Agricultura y Transición Ecológica, garantizando que los protocolos de emergencia se diseñen de forma conjunta para proteger la salud humana, animal y ambiental. Este enfoque responde a las recomendaciones internacionales sobre la necesidad de integrar la salud en la gestión del riesgo climático.
3. Consejo Asesor Clínico y comité de expertos sanitarios. Se propone la constitución de un Consejo Asesor Clínico en Emergencias Climáticas, con participación de sociedades científicas, personal sanitario especializado y expertos en urgencias hospitalarias, prehospitalarias y áreas críticas. Este consejo facilitará la coordinación asistencial hospitalaria y prehospitalaria en situaciones de emergencia climática y garantizará la incorporación de referentes sanitarios en la estructura operativa de la Agencia.

Limitaciones y advertencias

1. Complejidad en la coordinación intersectorial (Sanidad, Agricultura, Medio Ambiente).
2. Necesidad de protocolos homogéneos y formación continua.
3. Riesgo de fragmentación normativa si no se armonizan planes territoriales.

Evidencia científica y referencias

Lowe, R., Ebi, K., & Forsberg, B. (2011). Heatwave Early Warning Systems and Adaptation Advice. *Environmental Health Perspectives*, 119(12), 1673–1678.

Bassey, P. U., et al. (2025). Heat-related illnesses: A scoping review of health system responses. *BMC Public Health*, 25, 1234.

World Health Organization. (2023). *One Health*. <https://www.who.int/>

Watts, N., et al. (2023). The Lancet Countdown on health and climate change: Policy brief for the European Union. *The Lancet*, 402(10360), 183–192.



EJE 9: Promover una cultura cívica de la prevención y reacción

a. PREVENCIÓN

9.a.1. Concienciar y formar a la ciudadanía en la cultura del riesgo y la protección ante las emergencias climáticas

El conocimiento sobre cómo actuar ante fenómenos como inundaciones e incendios forestales es clave para salvar vidas y prevenir víctimas. Por ello, se propone desarrollar campañas de concienciación, formación y preparación frente a los riesgos, tanto a gran escala —mediante anuncios, plataformas web, redes sociales y programas informativos— como a escala local, considerando la memoria histórica de eventos acaecidos en cada territorio:

1. Concienciación y sensibilización

Conviene que las campañas de concienciación y sensibilización faciliten el acceso a información relevante en situaciones de emergencia como, en el caso de las inundaciones, cartografía de zonas inundables, marcas de inundaciones previas y propuestas de soluciones preventivas (por ejemplo, ocupación segura de sótanos o tabloneros protectores). En el caso de los incendios, se plantea promover un cambio cultural y educativo que permita a la ciudadanía convivir con un régimen de incendios forestales inherente a los ecosistemas mediterráneos. Se propone recuperar la cultura del fuego, promoviendo el conocimiento del papel ecológico del fuego, las estrategias de reducción del riesgo y la respuesta adecuada en situaciones de emergencia. En el caso de las olas de calor, se propone concienciar a la población sobre sus riesgos para la salud, incluyendo efectos menos evidentes como el incremento del riesgo de cáncer de piel, y promover hábitos preventivos que reduzcan la exposición prolongada al sol. Asimismo, se recomienda sensibilizar a la ciudadanía sobre la interrelación entre los distintos riesgos asociados al cambio climático, como las olas de calor, los incendios forestales y las inundaciones.

Asimismo, se destaca la importancia de educar a los medios de comunicación para que eviten enfoques catastrofistas y transmitan el fuego como un factor ecológico con el que se debe convivir. La implementación de programas de educación ambiental y sensibilización permitirá a la población asimilar los cambios en el paisaje y comprender el uso adecuado del fuego como herramienta de gestión. El objetivo final es que las comunidades locales vinculen su futuro al monte, integrando aspectos productivos y de conservación, y acepten el fuego prescrito como una práctica compatible con ecosistemas resilientes.



La concienciación y sensibilización pueden beneficiarse de procesos participativos y metodologías propias de ciencia ciudadana, como la recopilación de información histórica de inundaciones, observaciones del nivel del río o la evaluación de la respuesta social ante emergencias. Convendría que estas acciones estuviesen acompañadas por personal experto y diseñadas por profesionales en comunicación del riesgo, educación ambiental, psicología social y gestión de emergencias.

2. Formación y preparación ante los riesgos

Fomentar la cultura del riesgo y la protección civil entre la población es un elemento clave para fortalecer la prevención y la preparación ante emergencias. Se propone implantar acciones orientadas a informar, formar y entrenar a las poblaciones expuestas a riesgos, siguiendo las recomendaciones de la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRR).

Se recomienda que la educación en materia de riesgo se incorpore dentro del sistema educativo obligatorio como parte de un proceso de alfabetización en prevención. Además, se plantea desarrollar programas de formación dirigidos a la ciudadanía y a las comunidades locales sobre los riesgos existentes y las medidas de autoprotección, incluyendo la elaboración de planes de contingencia en empresas y centros colectivos, la integración de la gestión de emergencias en la prevención de riesgos laborales y la realización de simulacros en centros educativos y cívicos municipales.

En el caso de las inundaciones, se propone una formación específica sobre qué hacer en caso de emergencia y cómo interpretar los mensajes de aviso, utilizando espacios como escuelas, centros cívicos y asociaciones de barrio. Esta formación puede beneficiarse de procesos de cocreación de soluciones y de metodologías de ciencia ciudadana, como la recopilación de datos hidrológicos por parte de la población.

Respecto a los incendios, se recomienda integrar contenidos sobre el uso adecuado del fuego, su papel ecológico y las estrategias de reducción del riesgo en los currículos escolares, mediante la coproducción de materiales educativos que combinen conocimientos científicos y saberes locales. También se propone impulsar acciones informativas y formativas de ámbito local que contribuyan a modificar la percepción social del riesgo, así como financiar proyectos educativos comarcales dirigidos a todos los públicos.

Finalmente, se recomienda fomentar la adopción de medidas sencillas para reducir la exposición de propiedades y bienes, promover la elaboración de planes de evacuación, la realización de simulacros y la identificación de personas vulnerables dependientes de terceros, fortaleciendo así la resiliencia comunitaria frente a los desastres.



Limitaciones y advertencias

La implementación de estas medidas presenta diversas limitaciones. No todas las comunidades tienen el mismo acceso a recursos digitales, educativos o institucionales, lo que puede generar brechas en la efectividad de las campañas de concienciación y formación. Además, las campañas puntuales tienen un efecto limitado si no se integran en estrategias de sensibilización o formación continuadas, planes escolares o programas comunitarios permanentes. Al respecto, se recomienda que cualquier estrategia de comunicación tenga carácter inclusivo, con mensajes claros, accesibles y adaptados a la diversidad cognitiva, sensorial y cultural de la población. En ese sentido, se recomienda el uso de canales tradicionales (radio, prensa local, farmacias, asociaciones de vecinos, etc.) junto a tecnologías digitales (apps de salud, SMS de alerta, etc.).

Se recomienda concienciar y formar a los cuidadores y familiares de personas mayores con discapacidad.

La dificultad para medir el impacto real de las campañas, junto con la necesidad de una coordinación eficaz entre administraciones locales, autonómicas y estatales, así como con centros educativos, medios de comunicación y organizaciones sociales, representa un desafío importante. Si los mensajes no están bien diseñados, adaptados al público objetivo o validados por expertos, pueden generar confusión, desinterés o incluso comportamientos contraproducentes durante una emergencia.

La formación del profesorado es otro aspecto crítico: es importante que cuenten con conocimientos mínimos para formar al alumnado en cultura de riesgo y prevención de forma continuada, y no solo en momentos puntuales. Además, la formación no debería limitarse a los colegios, sino extenderse a la población adulta.

La educación para la preparación ante desastres es compleja y requiere una comprensión integral de los factores que influyen en su desarrollo, los modelos y marcos que la guían, y los enfoques innovadores que la están transformando. Abordar las deficiencias en la literatura y la práctica requiere un esfuerzo concertado de todos los interesados, incluido el sector privado, para garantizar la estandarización de la educación, evaluación e inclusión de todas las poblaciones vulnerables.

Evidencia científica y referencias

Aerts, J.C.J.H., Botzen, W.J., Clarke, K.C. et al. (2018). Integrating human behaviour dynamics into flood disaster risk assessment. *Nature Climate Change*, 8, 193–199. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0085-1>

Alcasena, F., Rodrigues, M., Gelabert, P., & Vega-García, C. (2022). Advancing New Methods for Creating Fire-Resilient Communities in Mediterranean Areas. *The Third International Conference on Fire Behavior and Risk*, 70. <https://doi.org/10.3390/environsciproc2022017070>



Çalışkan, C., & Üner, S. (2021). Disaster Literacy and Public Health: A Systematic Review and Integration of Definitions and Models. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, 15(4), 518–527. <https://doi.org/10.1017/dmp.2020.100>

EASAC. (2025). Changing Wildfires: Policy Options for a Fire-literate and Fire-adapted Europe. EASAC policy report 48.

Gómez-Trigueros, I. M., & Morote Seguido, Á. (2025). Citizen awareness of the risks of flooding: the importance of teacher training. *Journal of Turkish Science Education*, 22(1), 106–125. <https://doi.org/10.36681/tused.2025.007>

Guo, L., Fang, M., Liu, L. et al. (2025). The development of disaster preparedness education for public: a scoping review. *BMC Public Health*, 25, 645. <https://doi.org/10.1186/s12889-025-21664-0>

Hendricks, M.D., Meyer, M.A., & Wilson, S.M. (2022). Moving Up the Ladder in Rising Waters: Community Science in Infrastructure and Hazard Mitigation Planning. *Citizen Science: Theory and Practice*, 7(1), 18. <https://doi.org/10.5334/cstp.462>

Henriksen, H. J., Roberts, M. J., van der Keur, P., Harjanne, A., Egilson, D., & Alfonso, L. (2018). Participatory early warning and monitoring systems. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 31, 1295–1306. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2018.01.038>

Lin, L. C., Chang, M. C., Yang, H. C., & Wei, M. C. (2024). Enhancing disaster prevention learning through human-centered design. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 106, 104451. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2024.104451>

Llasat, M.C. (2024). Spain's flash floods reveal a desperate need for improved mitigation efforts. *Nature*, 635, 787. <https://doi.org/10.1038/d41586-024-03825-0>

Llasat-Botija, M., Esbrí, L., Rigo, T., & Llasat, M.C. (2025). The Application of Citizen Science to Evaluate the Emergency and the Response of the Population. *Water*, 17, 610. <https://doi.org/10.3390/w17050610>

Lutz, T. (2024). A Review of the Philosophy of Flood Risk Communication and Education. *Water*, 16, 3459. <https://doi.org/10.3390/w16233459>

Martin, W.E., Martin, I.M., & Kent, B. (2009). The role of risk perceptions in the risk mitigation process. *Journal of Environmental Management*, 91(2), 489–498. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.09.007>

McCaffrey, S. (2015). Community Wildfire Preparedness. *Current Forestry Reports*, 1(2), 81–90. <https://doi.org/10.1007/s40725-015-0015-7>

Mostafiz, R.B., Rohli, R.V., Friedland, C.J., & Lee, Y.-C. (2022). Actionable Information in Flood Risk Communications. *Frontiers in Earth Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/feart.2022.840250>

Restaino, C., Eusden, S., & Kay, M. (2024). Taking the next step in wildfire education. *Fire Ecology*, 20, 62. <https://doi.org/10.1186/s42408-024-00296-6>

Sandoval Díaz, J., Navarrete-Valladares, C., Vega-Ortega, J., et al. (2025). Community resilience to wildfires. *Progress in Disaster Science*, 100447. <https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2025.100447>

Souza-Alonso, P., Omil, B., Sotelino, A., et al. (2024). Service-learning to improve training in forest fire management. *Fire Ecology*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/s42408-023-00226-y>

Tian, F., Haeffner, M., Kreibich, H., et al. (2022). Coevolution and Prediction of Coupled Human-Water Systems. *EGU General Assembly 2022*, EGU22-36. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu22-36>



UNESCO. (2023). Disaster risk reduction, climate change and education. <https://www.unesco.org>

UNDRR. (2015). Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030. <https://www.undrr.org/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030>

Universidad de Santiago de Compostela, Ministerio de Ciencia e Innovación, FECYT. (2025). Plantandocaraalfuego.org. <https://www.plantandocaraalfuego.org>

Vigna, I., Battisti, L., Ascoli, D., et al. (2024). Integrating cultural ecosystem services in wildfire risk assessment. *Landscape and Urban Planning*, 243, 104977. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2023.104977>

Willem Menzemer, L., Karsten, M.V., Gwynne, S., et al. (2024). Fire evacuation training: Perceptions and attitudes. *Safety Science*, 174, 106471. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2024.106471>

9.a.2. Adaptar la tecnología y digitalización de las administraciones públicas a su uso en contextos de emergencias climáticas

Descripción de la propuesta

Se propone un marco adecuado de capacitación y reducción de las desigualdades digitales en el acceso y uso de los recursos digitales de las administraciones públicas. Esta capacitación es especialmente relevante en aquellos municipios donde la incidencia de las inundaciones y los incendios forestales es más alta.

Una de las principales y más importantes transformaciones de la administración en España durante los últimos años es su extenso proceso de digitalización. Hacemos referencia, por ejemplo, al acceso al expediente judicial electrónico, el acceso a los servicios de justicia a través de medios telemáticos o “la carpeta justicia”. El uso de estos servicios es especialmente relevante en contextos de emergencia climática tanto para los ciudadanos como para los profesionales de diferentes ámbitos de la administración, como los miembros de la carrera judicial y fiscal, profesionales sanitarios o de servicios sociales.

No obstante, tal y como señala la evidencia científica, a pesar de que el acceso y uso a servicios digitales es prácticamente universal en España, aún continúa evidenciándose un conjunto de desigualdades digitales que afectan a la capacidad de determinados grupos de ciudadanos para hacer un uso eficiente de servicios digitales con un cierto grado de dificultad.

Aunque se trata de colectivos cada vez más reducidos, factores como las habilidades digitales o las actitudes vinculadas a la aceptación del uso de las tecnologías continúan alejando a las personas mayores, dependientes, con menos formación, las residentes en pequeños municipios y más a las mujeres que a los hombres de los usos avanzados y beneficiosos de Internet. La necesidad de estos recursos en contexto de emergencia climática hace muy



importante diseñar campañas de capacitación entre la población expuestas a eventos potencialmente catastróficos.

Limitaciones y advertencias

La digitalización de la administración en contextos de emergencia climática puede agravar las desigualdades digitales si no se acompaña de campañas de capacitación accesibles y sostenidas. La utilidad percibida y la facilidad de uso son claves para la adopción, especialmente entre personas mayores, con menor formación o residentes en zonas rurales.

Evidencia científica y referencias

La propuesta se basa en evidencia científica con un alto grado de consenso sobre la importancia de las desigualdades digitales a hora de implementar medidas que implican el uso de herramientas digitales. Es especialmente abundante la literatura que señala los riesgos de impulsar campañas institucionales que se ofrecen en exclusiva, o casi en exclusiva, a través de herramientas digitales, ya que pueden tener efectos negativos sobre determinados grupos poblacionales.

Mohammad M.H. Raihan, Sujoy Subroto, Nashit Chowdhury, Katharina Koch, Erin Ruttan, Tanvir C. Turin; Dimensions and barriers for digital (in)equity and digital divide: a systematic integrative review. *Digital Transformation and Society* 6 May 2025; 4 (2): 111–127. <https://doi.org/10.1108/DTS-04-2024-0054>

O'Sullivan K, Clark S, Marshall K, MacLachlan M. A Just Digital framework to ensure equitable achievement of the Sustainable Development Goals. *Nat Commun.* 2021 Nov 3;12(1):6345. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-26217-8>.

Colding, J., Nilsson, C., & Sjöberg, S. (2024). Smart Cities for All? Bridging Digital Divides for Socially Sustainable and Inclusive Cities. *Smart Cities*. <https://doi.org/10.3390/smartcities7030044>.

Quintanilla VD, Hugenberg K, Hagan M, Gonzales A, Hutchings R, Yel N. Digital Inequalities and Access to Justice: Dialing into Zoom Court Unrepresented. In: Engstrom DF, ed. *Legal Tech and the Future of Civil Justice*. Cambridge University Press; 2023:225-250.

Echebarria, C., Barrutia, J. M., & Aguado-Moralejo, I. (2021). The Smart City journey: a systematic review and future research agenda. *Innovation: The European Journal of Social Science Research*, 34(2), 159-201. <https://doi.org/10.1080/13511610.2020.1785277>

Creutzfeldt, N., Kyprianides, A., Bradford, B., & Jackson, J. (2024). *Access to Justice, Digitalization and Vulnerability: Exploring Trust in Justice*. Policy Press.

Méndez, M., Flores-Haro, G., & Zucker, L. (2020). The (in)visible victims of disaster: Understanding the vulnerability of undocumented Latino/a and indigenous immigrants. *Geoforum; Journal of Physical, Human, and Regional Geosciences*, 116, 50 - 62. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2020.07.007>

Sanders, C., & Scanlon, E. (2021). The Digital Divide Is a Human Rights Issue: Advancing Social Inclusion Through Social Work Advocacy. *Journal of Human Rights and Social Work*, 6, 130 - 143. <https://doi.org/10.1007/s41134-020-00147-9>.



Ramírez-Correa, P. E., Mariano, A. M., & Santos, M. R. (2025). Digital and Sustainable Education and Social Inclusion: A Bibliometric Review with the Consolidated Meta-Analytical Approach. *Sustainability*, 17(13), 5677. <https://doi.org/10.3390/su17135677>

9.a.3. Considerar el impacto psicológico y sociocultural de los eventos extremos y de la emergencia climática en el diseño de medidas

Descripción de la propuesta

Se propone integrar el enfoque psicológico como componente estructural de las políticas públicas de adaptación frente a la emergencia climática. Este enfoque tiene como objetivo comprender y transformar los factores cognitivos, emocionales y sociales que influyen en cómo las personas y comunidades perciben, procesan y responden al cambio climático y sus consecuencias.

Para ello, se plantea fortalecer y adaptar los recursos públicos para que la población esté mejor preparada para enfrentar las distintas fases de las emergencias climáticas —anticipación, respuesta y recuperación— ante eventos como incendios forestales, inundaciones, olas de calor, entre otros. Un aspecto clave es la preparación psicológica para actuar durante la emergencia y para gestionar el estrés postraumático que puede surgir posteriormente, así como los efectos psicológicos de larga duración.

Este enfoque permite anticipar resistencias al cambio y fomentar la resiliencia emocional y colectiva frente a los desafíos climáticos, contribuyendo así a una adaptación más efectiva y humana.

Limitaciones y advertencias

- El éxito depende de la coordinación entre diferentes niveles de gobernanza y distintos profesionales (psicólogos, sociólogos, urbanistas, responsables de políticas públicas, etc.). Requiere recursos estables y evaluación continua para evitar enfoques simplistas o paternalistas que reduzcan la complejidad cultural y social del cambio climático.
- La literatura analizada destaca limitaciones respecto al hecho de que muchas intervenciones están descritas, pero no han pasado por ensayos controlados ni evaluaciones de implementación; esto dificulta saber de forma específica qué tipo de intervención psicológica funciona y los diferentes contextos.
- Hay que tener en cuenta las barreras socioculturales y políticas (confianza, normas, valores) para el acceso a estas intervenciones. Las normas sociales, identidades y sesgos cognitivos pueden bloquear su adopción.
- La politización del cambio climático puede minar la confianza en mensajes y programas.



Evidencia científica y referencias

Charlson, F., Ali, S., Benmarhnia, T., Pearl, M., Massazza, A., Augustinavicius, J., & Scott, J. G.. (2021). Climate Change and Mental Health: A Scoping Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(9), 4486. <https://doi.org/10.3390/ijerph18094486>

Clayton, S., & Brown, L. A. (2024). Climate change and mental health. *Jama*, 331(20), 1761-1762.

Koder, J., Dunk, J., & Rhodes, P.. (2023). Climate Distress: A Review of Current Psychological Research and Practice. *Sustainability*, 15(10), 8115. <https://doi.org/10.3390/su15108115>

Mathias, J. D., Anderies, J. M., Crépin, A. S., Dambrun, M., Lindahl, T., & Norberg, J. (2024). Emergence of social-psychological barriers to social-ecological resilience: from causes to solutions. *Ecology and Society*, 29(2).

Xue, S., Massazza, A., Akhter-Khan, S. C., Wray, B., Husain, M. I., & Lawrance, E. L. (2024). Mental health and psychosocial interventions in the context of climate change: a scoping review. *Npj Mental Health Research*, 3(1). <https://doi.org/10.1038/s44184-024-00054-1>

9.a.4. Promover la inclusión en el currículum de todos los niveles educativos de competencias actitudinales y de resiliencia en emergencias climáticas

Descripción de la propuesta

Promover la inclusión de competencias actitudinales y de resiliencia antes, durante y después de emergencias climáticas en el currículum de todos los niveles y en los centros de educación ambiental, incluyendo la formación inicial docente de Educación Infantil, Primaria y Secundaria, con el fin de aumentar las actitudes y la resiliencia ante la emergencia climática entre el alumnado y, en general, la comunidad educativa.

Acciones clave:

1. Promover contenidos y competencias a través de diferentes metodologías que incluyan actividades interactivas, proyectos comunitarios y discusiones deliberativas.
2. Adaptar los contenidos a la realidad local y a la vida cotidiana de participantes educativos.
3. Intervenciones más largas y profundas generan cambios más sostenidos, especialmente en comportamientos.
4. Inclusión de las familias para llegar a más esferas de la sociedad y se produzca un “efecto onda”.
5. Reforzar la alfabetización climática en emergencias climáticas en la formación inicial docente, así como, por extensión, en la del futuro



profesional. Se destaca la importancia de salidas de campo y experiencias prácticas como medios eficaces de aprendizaje y sensibilización.

Limitaciones y advertencias

- La incorporación de competencias actitudinales y de resiliencia requiere formación específica del personal docente y educador, así como recursos metodológicos adaptados a cada etapa educativa.
- Las personas que son las formadoras en dichos programas han de ser, además de expertos, buenos comunicadores de la competencia medioambiental y, en este sentido, es potente tener en cuenta elementos de la narrativa para llegar al mayor número de personas.
- Existe el riesgo de que estas competencias se aborden de forma superficial si no se integran transversalmente en el currículo y tienen continuidad.

Evidencia científica y referencias

Aeschbach, V., Schwichow, M., & Rieß, W. (2025). Effectiveness of climate change education—a meta-analysis. *Frontiers in Education*, 10, 1563816. <https://doi.org/10.3389/educ.2025.1563816>

Braun, T., Cottrell, R., & Dierkes, P. (2018). Fostering changes in attitude, knowledge and behavior: Demographic variation in environmental education effects. *Environmental Education Research*, 24(6), 899–920. <https://doi.org/10.1080/13504622.2017.1343279>

Chopra, R., Joshi, A., Nagarajan, A., Fomproix, N., Shashidhara, L.S. (2019). Climate Change Education Across the Curriculum. In: Leal Filho, W., Hemstock, S. (eds) *Climate Change and the Role of Education. Climate Change Management*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-32898-6_4

DeWaters, J., Zabel, I., Chatrchyan, A., Bird, S., & Powers, S. (2025). Building a climate-literate workforce: Impacts of a comprehensive public utility climate change education program. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 32(3), 1–14. <https://doi.org/10.1002/csr.3217>

Eilam, E. (2022). Climate change education: The problem with walking away from disciplines. *Studies in Science Education*, 58(2), 231–264. <https://doi.org/10.1080/03057267.2021.2011589>

Eweida, R., O'Connell, M., Zoromba, M., Mahmoud, M., Altheeb, M., Selim, A., & Atta, M. (2025). Video-based climate change program boosts eco-cognizance, emotional response and self-efficacy in rural nursing students: Randomised controlled trial. *Journal of Advanced Nursing*, 81(4), 1–13. <https://doi.org/10.1111/jan.16790>

Fahey, S. J. (2019). Curriculum change and climate change: Inside outside pressures in higher education. In *Curriculum and environmental education* (pp. 315-334). Routledge.

Fuertes Prieto, M. Á., Andrés Sánchez, S., Corrochano Fernández, D., Delgado Martín, M. L., Herrero Teijón, P., Ballegeer, A. M. C., ... & Ruiz Méndez, C. (2020). Climate change education: A proposal of a category-based tool for curriculum analysis to achieve the climate competence. *Education in the knowledge society (EKS)*, 21, 13. <https://doi.org/10.14201/eks.22823>

Gleeson, E., & Morrissey, J. (2024). Towards a fit-for-purpose climate change education: A systematic literature review identifying core principles and potential barriers. *Environmental Education Research*, 30(1), 1–20. <https://doi.org/10.1080/13504622.2024.2416549>



Hess, D. J., & Collins, B. M. (2018). Climate change and higher education: Assessing factors that affect curriculum requirements. *Journal of Cleaner Production*, 170, 1451-1458. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.215>

Kranz, J., Schwichow, M., Breitenmoser, P., & Niebert, K. (2022). The (un)political perspective on climate change in education—A systematic review. *Sustainability*, 14(7), 4194. <https://doi.org/10.3390/su14074194>

Monroe, M., Plate, R., Oxarart, A., Bowers, A., & Chaves, W. (2019). Identifying effective climate change education strategies: A systematic review of the research. *Environmental Education Research*, 25(6), 791–812. <https://doi.org/10.1080/13504622.2017.1360842>

Restaino, C., Eusden, S. & Kay, M. Taking the next step in wildfire education: integrating multiple knowledge forms into co-produced high school fire science curricula. *Fire Ecol*, 20, 62 (2024). <https://doi.org/10.1186/s42408-024-00296-6>

Rodríguez, L. A. y Morote, A. F. (2024). Formación docente y enseñanza del cambio climático: comparación entre España y Colombia. *Educación y Educadores*, 26(2), e2624. DOI: <https://doi.org/10.5294/edu.2023.26.2.4>

Hadzigeorgiou, Y., Kampourpoulou, M., & Fokiali, P. (2015). The Aesthetic Appreciation of Nature in School Science Education. *Creative Education*, 6, 745-752.

d. POLIVALENTE

9.d.1. Promover la realización de ejercicios de preparación para la emergencia de forma periódica en empresas y centros colectivos

Descripción de la propuesta

Se propone realizar ejercicios de preparación para la emergencia de forma periódica en empresas y centros colectivos (hospitales, escuelas, residencias, universidades) localizados en áreas identificadas de exposición al peligro. Esta medida busca fortalecer la capacidad de respuesta de empresas y centros colectivos ante emergencias mediante ejercicios periódicos de preparación. Para ello, se propone que los planes de emergencia municipales incluyan la realización periódica de simulacros y ejercicios de preparación en centros localizados en áreas expuestas a peligros. Estos ejercicios abarcarían desde la comprensión de los canales de alerta hasta la familiarización con rutas de evacuación y refugios.

Limitaciones y Advertencias

1. En entornos privados o con alta carga asistencial (como hospitales o empresas), puede haber reticencias a interrumpir la actividad para realizar



- simulacros, especialmente si no están normativamente obligados o si se perciben como una carga adicional.
2. Se recomienda que la realización de ejercicios periódicos esté alineada con los planes de emergencia municipales y autonómicos.
 3. No todos los centros cuentan con personal formado, tiempo disponible o recursos logísticos para diseñar, ejecutar y evaluar ejercicios de forma especializada (adaptada a públicos diversos), rigurosa y periódica.

Evidencia científica y referencias

Allahbakhshi, K., Ghomian, Z., Jazani, R.K., Khorasani-Zavareh, D., 2019. Preparedness challenges of the Iranian health system for dust and sand storms: A qualitative study. *J. Educ. Health Promot.* 8, 114. https://doi.org/10.4103/jehp.jehp_470_18

Beyrami Jam, M., Aminizadeh, M., Akbari-Shahrestanaki, Y., Khankeh, H.R., 2024. Evaluating the disaster preparedness of emergency medical services (EMS) facilities: a cross-sectional investigation in Iran. *BMC Emerg. Med.* 24, 48. <https://doi.org/10.1186/s12873-024-00932-z>

Chambers, A., Khan, I., Repchuck, R., Muir, S., Hanson, H., Khan, Y., 2025. Enhancing the design, conduct and evaluation of public health emergency preparedness exercises: a rapid review. *BMC Public Health* 25, 2366. <https://doi.org/10.1186/s12889-025-23270-6>

Covaciu, A.I., Abrahamsson, M., Beck, A., Rai, S., Sapkota, N., Shapiro, M., Szarzynski, J., 2021. Arching from Function to Form—Important Design Elements of Simulation Exercises (SimEx) in Emergency Response and Disaster Risk Management. *Educ. Sci.* 11, 718. <https://doi.org/10.3390/educsci11110718>

Kivi, H.K., Hadi, V., Nazari, S., Namdar, P., Afzali, M., 2025. A qualitative study on preparedness requirements for responding to chemical, biological, radiological, and nuclear incidents in Iran. *BMC Res. Notes* 18, 214. <https://doi.org/10.1186/s13104-025-07272-6>

Lestari, F., Pelupessy, D., Jibiki, Y., Putri, F.A., Yurianto, A., Widyaputra, G., Maulana, S., Maharani, C.F., Imamura, F., 2018. Analysis of Complexities in Natech Disaster Risk Reduction and Management: A Case Study of Cilegon, Indonesia. *J. Disaster Res.* 13, 1298–1308. <https://doi.org/10.20965/jdr.2018.p1298>

Mahdi, S.S., Jafri, H.A., Allana, R., Battineni, G., Khawaja, M., Sakina, S., Agha, D., Rehman, K., Amenta, F., 2023. Systematic review on the current state of disaster preparation Simulation Exercises (SimEx). *BMC Emerg. Med.* 23, 52. <https://doi.org/10.1186/s12873-023-00824-8>

Otara, A., Kute, B., Omolo, H.O., Adoyo, R., 2025. Enhancing Student Safety: Analysis of Teacher Practices on Emergency Incident Response in Public Secondary Schools. *Sage Open* 15, 21582440251357184. <https://doi.org/10.1177/21582440251357184>

Pek, J.H., Quah, L.J.J., Valente, M., Ragazzoni, L., Corte, F.D., 2023. Use of Simulation in Full-Scale Exercises for Response to Disasters and Mass-Casualty Incidents: A Scoping Review. *Prehospital Disaster Med.* 38, 792–806. <https://doi.org/10.1017/S1049023X2300660X>

Schumacher, L., Senhaji, S., Gartner, B.A., Carrez, L., Dupuis, A., Bonnabry, P., Widmer, N., 2022. Full-scale simulations to improve disaster preparedness in hospital pharmacies. *BMC Health Serv. Res.* 22, 853. <https://doi.org/10.1186/s12913-022-08230-9>

Tassew, S.F., Chanie, E.S., Birle, T.A., Amare, A.T., Kerebih, G., Nega, T.D., Ayenew, Y.E., Gedamu, D., Yirga, G.K., Yegizaw, E.S., Feleke, D.G., 2022. Knowledge, attitude, and practice of health professionals working in emergency units towards disaster and emergency preparedness in South Gondar Zone hospitals, Ethiopia, 2020. *Pan Afr. Med. J.* 41. <https://doi.org/10.11604/pamj.2022.41.314.3235>



9.d.2. Desarrollar estrategias frente a la desinformación y los bulos antes, durante y tras un episodio de emergencia climática

Descripción de la propuesta

La difusión de información es, antes, durante y tras un episodio de Emergencia climática, un factor clave en la lucha contra este tipo de eventos. Contar con una ciudadanía informada, preparada y con conocimiento de la situación en la que se encuentra, así como de las medidas que debe adoptar, es clave. En el contexto actual, las redes sociales digitales son un recurso comunicativo esencial.

Sin embargo, contamos con gran cantidad de evidencia científica que nos alerta sobre el volumen y la capacidad de viralización de contenidos falsos vinculados a todo tipo de eventos y, muy en particular, a aquellos relacionados con el cambio y las emergencias climáticas.

Siendo así, es responsabilidad de los agentes públicos generar una ciudadanía capaz de distinguir entre la información fiable y no fiable, entre los canales veraces y poco veraces o entre las figuras y personas de referencia.

Se propone la puesta en marcha de estrategias de lucha contra la desinformación y los bulos relacionados con el tema que aquí se aborda. Estas estrategias pueden basarse en tres pilares: el fomento de las habilidades de búsqueda de información entre la ciudadanía (*information skills*), la lucha contra los agentes generadores de contenidos falsos o engañosos y el desarrollo de campañas preventivas en las que se forme a la ciudadanía sobre cómo evitar viralizar los bulos y la desinformación, así como identificar las fuentes fiables.

Se propone que estas estrategias se desarrollen a través de un sistema permanente de gestión de la desinformación climática que permita anticipar, detectar y neutralizar bulos antes, durante y después de una emergencia.

Limitaciones y advertencias

Combatir la desinformación requiere una respuesta rápida y coordinada, lo que puede verse limitado por la fragmentación institucional y la velocidad de propagación de los bulos. Es recomendable que las campañas eviten enfoques paternalistas y promuevan la alfabetización mediática sin culpabilizar a la ciudadanía. Además, es de gran utilidad contar con recursos humanos y tecnológicos suficientes para realizar *prebunking* y *fact checking* en tiempo real, especialmente en redes sociales de alta circulación.

Evidencia científica y referencias



La desinformación y los bulos, en general, así como aquellos relacionados con contextos de emergencia climática, han sido ampliamente estudiados por la literatura científica. Existe un importante consenso sobre la capacidad de este tipo de información para viralizarse a gran velocidad y alcanzar, en poco tiempo, a un número muy elevado de la población. También sabemos que la información alarmista, espectacular y basada en emociones negativas tiende a extenderse más rápidamente que la información neutral y oficial.

Se ha analizado la difusión de la desinformación en contextos como los incendios de 2017 y 2021 en California (EE. UU.) y, más recientemente, el episodio de la DANA en la Comunidad Valenciana indicando, en todos los casos, cómo la desinformación y los bulos entorpecieron gravemente el correcto desarrollo de la gestión de estos eventos.

La literatura también señala, por último, la importancia de estrategias de *prebunking* y *fact checking* como vehículo para mejorar la resistencia ciudadana a las campañas de desinformación y a la extensión de bulos.

Abellán López, M.A. (2021) "El cambio climático: negacionismo, escepticismo y desinformación," *Tabula Rasa*, (37), pp. 283–301. Disponible en: <https://doi.org/10.25058/20112742.N37.13>.

John Hopkins Bloomberg School of Public Health (2021) *New Report: National Priorities to Combat Misinformation and Disinformation for COVID-19 and Future Public Health Threats: A Call for a National Strategy* | Johns Hopkins Center for Health Security. Disponible en: <https://centerforhealthsecurity.org/2021/new-report-national-priorities-to-combat-misinformation-and-disinformation-for-covid-19-and-future-public-health-threats-a-call-for-a-national>

McGuire, W.J. (1961) "The Effectiveness of Supportive and Refutational Defences in Immunizing and Restoring Beliefs Against Persuasion," *Sociometry*, 24(2), p. 184. Disponible en: <https://doi.org/10.2307/2786067>.

McGuire, W.J. (1964) "Some Contemporary Approaches," *Advances in Experimental Social Psychology*, 1(C), pp. 191–229. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0065-2601\(08\)60052-0](https://doi.org/10.1016/S0065-2601(08)60052-0).

Qian Tay, L. et al. (2022) "A comparison of prebunking and debunking interventions for implied versus explicit misinformation," *Br J Psychol*, 113. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/bjop.12551>.

Roozenbeek, J., Culloty, E. and Suiter, J. (2023) "Special Issue: Misinformation Original Articles and Reviews Countering Misinformation Evidence, Knowledge Gaps, and Implications of Current Interventions." Disponible en: <https://doi.org/10.1027/1016-9040/a000492>.

Torcál Oriente, M. (2021) "La polarización política en España," in *Informe sobre la democracia en España 2020: el año de la pandemia*. Fundación Alternativas, pp. 49–76. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8885203>.

Traberg, C.S., Roozenbeek, J. and Linden, S. van der (2022) "Psychological Inoculation against Misinformation: Current Evidence and Future Directions," *The ANNALS of the American Academy of Political and Social Science*, 700(1), pp. 136–151. Disponible en: <https://ideas.repec.org/a/sae/annname/v700y2022i1p136-151.html>.



Valverde-Berrocoso, J., González-Fernández, A. and Acevedo-Borrega, J. (2022) "Desinformación y multialfabetización : una revisión sistemática de la literatura," *Comunicar: revista científica iberoamericana de comunicación y educación*, 30(70), pp. 93–105. Disponible en: <https://doi.org/10.3916/C70-2022-08>.

9.d.3. Reforzar la formación técnica especializada para la gestión de riesgos

Descripción de la propuesta

Se propone desarrollar acciones para reforzar la formación técnica especializada en gestión de emergencias: capacitación continua para profesionales en gestión y comunicación de riesgos, bomberos forestales, protección civil y personal sanitario. Incluye competencias en interpretación de datos, modelización predictiva, liderazgo adaptativo y coordinación entre equipos. Se incorporarán simulaciones de alta fidelidad y ejercicios multiequipo para mejorar la respuesta ante escenarios complejos.

Impactos esperados:

1. Mayor preparación institucional ante emergencias climáticas.
2. Reducción de errores operativos gracias a entrenamiento basado en simulación.
3. Incremento de la resiliencia social y sanitaria, con beneficios en salud mental y reducción de mortalidad en eventos extremos.

Limitaciones y advertencias

1. Requiere inversión sostenida en infraestructura formativa y tecnologías de simulación.
2. Necesidad de coordinación interadministrativa y certificación nacional para evitar fragmentación.

Evidencia científica y referencias

DeRue, D. S. (2011). Adaptive leadership theory: Leading and following as a complex adaptive process. *Research in Organizational Behavior*, 31, 125–150. <https://doi.org/10.1016/j.riob.2011.09.007>

Rico, R., Sánchez-Manzanares, M., Gil, F., & Gibson, C. (2018). Team coordination and performance: A review and integration. *Academy of Management Annals*, 12(2), 843–889. <https://doi.org/10.5465/annals.2016.0065>

Rico, R., Hinsz, V. B., Davison, R. B., & Salas, E. (2017). Structural influences upon coordination and performance in multiteam systems. *Human Resource Management Review*, 28(4), 332–346. <https://doi.org/10.1016/j.hrmr.2017.02.001>

UNDRR. (2020). Design and conduct of simulation exercises (SIMEX). United Nations Office for Disaster Risk Reduction. Recuperado de UNDRR



9.d.4. Incorporar a la sociedad civil en todas las fases de las emergencias climáticas mediante procedimientos regulados de participación social

Descripción de la propuesta

La cohesión social es un elemento central en todas las fases de gestión de las emergencias climáticas. Las comunidades articuladas desde el capital social, las organizaciones sociales y la participación en los asuntos públicos parten con ventaja para encarar los esfuerzos conjuntos tan exigentes que imponen los Desastres Socioambientales.

Por ello, desde las administraciones públicas es importante incorporar a la sociedad civil como un actor relevante en la gestión de la reducción del riesgo de desastres, en la respuesta a las emergencias y, especialmente, en los procesos de recuperación resiliente. La participación de la sociedad civil en la gestión del Riesgo de Desastres plantea múltiples ventajas. Ayuda a visibilizar las necesidades de los grupos marginados (Lassa, 2018; Saban, 2013), saca partido a los liderazgos sociales (Ruslanjari, 2024), proporciona conocimiento técnico local (Sandoval-Díaz et al., 2025; UNDRR, 2015), produce aprendizaje social (McNaught, 2024), genera confianza (Curnin & O'Hara, 2019) y tiene un papel movilizador a través de las asociaciones (Andrew et al., 2020).

La incorporación de la sociedad civil en la gestión del Riesgo de Desastres ha de canalizarse a través de políticas e instrumentos específicos de participación social. La institucionalización de esta participación garantizará unas estructuras previsibles que generen relaciones de cooperación estables.

De hecho, el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030 cuenta entre sus principios rectores la necesidad de implicación y colaboración de toda la sociedad, a través de su empoderamiento y participación, considerando a la sociedad civil un actor relevante (UNDRR, 2015). Esta podría contribuir, además, a cada una de las cuatro prioridades establecidas en el Marco (Lassa, 2018). Es un elemento importante en la recuperación a largo plazo, pero también en la respuesta inicial, cuando determinadas ONGs pueden colaborar en la prestación de algunos servicios (Eller et al., 2015).

Es recomendable, por tanto, poner en marcha procesos participativos en el contexto de la gestión de las diferentes fases de los Desastres Socioambientales. Estos procesos contribuyen a alcanzar unas mejores soluciones a través de cinco mecanismos que influyen en la dinámica del poder: fomentan la conciencia



crítica, identifican las relaciones de poder, desarrollan una cultura del cambio, transforman las relaciones entre actores y proporcionan una estructura para el cambio (Tuhkanen, 2023).

Evidencia científica y referencias

Aldrich, D. P., & Meyer, M. A. (2015). Social capital and community resilience. *American Behavioral Scientist*, 59(2), 254–269. <https://doi.org/10.1177/0002764214550299>

Andrew, S. A., Bacot, H., & Craw, M. (2020). A multiorganizational cooperation framework for neighborhood disaster resilience. *State and Local Government Review*, 52(1), 53–66. <https://doi.org/10.1177/0160323X19898516>

Curnin, S., & O'Hara, D. (2019). Nonprofit and public sector interorganizational collaboration in disaster recovery: Lessons from the field. *Nonprofit Management & Leadership*, 30(2), 277–297. <https://doi.org/10.1002/nml.21389>

Eller, W., Gerber, B. J., & Branch, L. E. (2015). Voluntary nonprofit organizations and disaster management: Identifying the nature of inter-sector coordination and collaboration in disaster service assistance provision. *Risk, Hazards & Crisis in Public Policy*, 6(2), 223–238. <https://doi.org/10.1002/rhc3.12081>

Kumari, A., & Frazier, T. G. (2021). Evaluating social capital in emergency and disaster management and hazards plans. *Natural Hazards*, 109(2), 949–973. <https://doi.org/10.1007/s11069-021-04863-x>

Lassa, J. (2018). Roles of non-government organizations in disaster risk reduction. *Oxford Research Encyclopedia of Natural Hazard Science*. <https://oxfordre.com/naturalhazardscience/view/10.1093/acrefore/9780199389407.001.0001/acrefore-9780199389407-e-45>

McNaught, R. (2024). *The application of collaborative governance in local level climate and disaster resilient development – A global review*. *Environmental Science & Policy*. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2023.103627>

Monsef, S., Haghjooy Javanmard, S., Amini-Rarani, M., Yarmohammadian, M. H., Yazdi, Y., & Haghshenas, A. (2022). Idea generation through hackathon event in emergencies and disasters, with emphasis on managing flash flood disaster. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, 16(3), 908–912. <https://doi.org/10.1017/dmp.2021.30>

Pearce, L. (2003). Disaster management and community planning, and public participation: How to achieve sustainable hazard mitigation. *Natural Hazards*, 28(2), 211–228. <https://doi.org/10.1023/A:1022917721797>

Rayamajhee, V., Storr, V. H., & Bohara, A. K. (2022). Social entrepreneurship, co-production, and post-disaster recovery. *Disasters*, 46(1), 27–55. <https://doi.org/10.1111/disa.12454>

Ruslanjari, D., Putri, R. A. P., Puspitasari, D., & Sulistiyo, S. (2024). Embracing leadership of local actors and community in disaster risk reduction of Yogyakarta. *Jamba*, 16(1), 1679. <https://doi.org/10.4102/jamba.v16i1.1679>

Saban, L. I. (2013). Civil service and civil society collaboration: A comparative analysis of disaster management results in China and the United States. *International Journal of Public Administration*, 36(5), 320–330. <https://doi.org/10.1080/01900692.2012.757622>

Sandoval-Díaz, J., Navarrete-Valladares, C., Vega-Ortega, J., Suazo-Muñoz, C., Gallegos Riquelme, J. P., Sandoval-Obando, E., & Reyes Valenzuela, C. (2025). Community resilience to wildfires: A systematic



review of impacts, coping strategies, indicators, and governance challenges. *Progress in Disaster Science*, 27, 100447. <https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2025.100447>

Sobhaninia, S. (2024). The social cohesion measures contributing to resilient disaster recovery: A systematic literature review. *Journal of Planning Literature*, 39(4), 519–534. <https://doi.org/10.1177/08854122241238196>

Tuhkanen, H. (2023). Shifting power through participation in post-disaster recovery: A scoping review. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 97, 104041. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2023.104041>

United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2015). *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030*. <https://www.who.int/publications/m/item/sendai-framework-for-disaster-risk-reduction-2015-2030>

9.d.5. Impulsar la participación ciudadana para el desarrollo rural y la resiliencia climática

Descripción de la propuesta

Se propone impulsar un modelo de gestión forestal participativa e inclusiva, que reconozca el papel central de las comunidades rurales, propietarios forestales, técnicos, científicos y sociedad civil en el diseño y ejecución de estrategias de prevención y adaptación climática. La experiencia demuestra que los modelos de gobernanza que incorporan la participación activa de los actores locales son más eficaces, legítimos y sostenibles. Las ciencias sociales han documentado cómo el conocimiento ecológico local y tradicional puede complementar las ciencias naturales, especialmente en contextos rurales donde las prácticas de manejo han evolucionado durante generaciones.

Acciones clave:

1. Reconocimiento legal de las comunidades rurales como custodios del territorio y de los derechos de la naturaleza, con prioridad en programas de restauración y gestión participativa.
2. Creación de cooperativas rurales que desarrollen modelos productivos agroecológicos y ecocéntricos, integrando saberes tradicionales e innovación científica.
3. Generación de hojas de ruta participadas con personas que mantienen los usos tradicionales forestales y agroganaderos.
4. Impulso de estructuras participativas a distintas escalas, que apoyen al sector primario de alto valor natural y les doten de capacidad técnica para redactar y ejecutar planes de gestión comunales y rentables a escala de paisaje.
5. Fortalecimiento del empoderamiento comunitario en la promoción de la salud y en la toma de decisiones sobre servicios públicos, aprovechando las estrategias autonómicas de salud comunitaria.



6. Asignación de fondos nacionales y autonómicos para la prevención y respuesta ante riesgos climáticos en municipios rurales, con participación comunitaria en el diseño, ejecución y seguimiento de las medidas.
7. Fomento de la ciencia ciudadana como herramienta para el monitoreo ambiental y la mejora de la gobernanza rural.

Estas acciones permitirán reforzar los vínculos entre sociedad y territorio, mejorar la eficacia de las políticas climáticas, y consolidar un modelo de desarrollo rural justo, resiliente y ambientalmente responsable.

Mecanismos de implementación:

1. Coordinación entre MITECO, Ministerio de Agricultura, Ministerio de Sanidad, comunidades autónomas y ayuntamientos rurales.
2. Reformas normativas para facilitar la participación comunitaria en la gestión forestal y territorial.
3. Financiación específica para estructuras participativas, cooperativas rurales y programas de ciencia ciudadana.
4. Evaluación continua de impactos sociales, ecológicos y económicos de las medidas implementadas.

Ámbito: Nacional, con prioridad en zonas rurales afectadas por despoblación, abandono forestal y presión climática.

Sectores implicados: Medio ambiente, agricultura, salud comunitaria, ordenación territorial, desarrollo rural, cambio climático.

Actores clave: MITECO, Ministerio de Agricultura, Ministerio de Sanidad, comunidades autónomas, ayuntamientos rurales, cooperativas, asociaciones vecinales, centros de investigación, sociedad civil.

Limitaciones y advertencias

La participación comunitaria requiere tiempo, recursos y voluntad política. Se recomienda evitar procesos simbólicos o superficiales, garantizar la representatividad de los actores locales y asegurar que las estructuras participativas tengan capacidad real de decisión. La gestión compartida respeta los saberes tradicionales y fomenta la equidad territorial.

Evidencia científica y referencias

La literatura científica y técnica respalda la eficacia de los modelos de gobernanza participativa en la gestión forestal y el desarrollo rural, especialmente en contextos de alta vulnerabilidad climática.

Berkes et al. (2000). *Ecological Applications*, 10(5): 1251–1262.



Oficina de Ciencia y Tecnología del Congreso de los Diputados (Oficina C). (2023). Informe C: Incendios forestales y restauración de zonas quemadas. [www.doi.org/10.57952/w67p-j094](https://doi.org/10.57952/w67p-j094)

9.d.6. Promover el papel de las niñas, niños, adolescentes y jóvenes en la prevención, gestión y recuperación de emergencias con una mirada comunitaria y participativa

Descripción de la propuesta

La literatura indica que solo recientemente, y de forma aún limitada, se ha empezado a reconocer a la niñez y adolescencia no solo como un grupo vulnerable que requiere protección en las políticas de gestión de emergencias, sino también como agentes de respuesta capaces de aportar ideas y propuestas concretas. Investigaciones recientes evidencian su capacidad para colaborar con instituciones, auxiliar a otras personas afectadas y funcionar como una red de apoyo comunitario durante las crisis, contribuyendo a generar infraestructura social. Los estudios sugieren, asimismo, que su papel en la gestión de desastres podría fortalecerse de manera significativa mediante la creación de espacios genuinos —desde enfoques comunitarios y participativos— para sus contribuciones, y con la debida valoración de estas. Avanzar en esta dirección constituye, además, una aplicación directa del artículo 12 de la Convención sobre los Derechos del Niño, que garantiza su derecho a expresar una opinión libre en todos los asuntos que les afecten, en función de su edad y madurez.

En línea con el Marco de Sendai para la reducción del Riesgo de Desastres⁹, es fundamental incorporar a niñas, niños, adolescentes y jóvenes en las decisiones que se toman en todas las fases de las emergencias, potenciando activamente la participación de los colectivos con mayor vulnerabilidad, cuyos riesgos y vulnerabilidades se ven acentuados durante la emergencia. Adoptar un enfoque comunitario e inclusivo para su participación en la prevención, gestión y recuperación, según señala la literatura, no solo requiere reconocer sus capacidades, sino que es una consecuencia directa de respetar sus derechos.

Ante esto se recomienda promover innovaciones en participación y protagonismo, en concreto:

Incluir a niñas, niños, adolescentes y jóvenes en la elaboración de los planes (escolares y de otro ámbito) de prevención y respuesta, proponiendo contenidos, diseñando acciones y fórmulas de comunicación adaptada. En este terreno las metodologías creativas y artísticas parecen tener buenos resultados. Por ejemplo, crear comisiones de infancia y comisiones mixtas escolares para diseñar acciones preventivas basadas en la solidaridad y ayuda mutua.

⁹ Ver <https://www.undrr.org/es/implementing-sendai-framework/what-sendai-framework>.



Incluir a los y las jóvenes en las campañas de lucha contra rumores y difusión de información fiable, adaptando a formatos amigables y difundiendo información fiable y de calidad proveniente de fuentes oficiales.

Favorecer la articulación comunitaria intergeneracional en los entornos locales (las comunidades con organización previa son las que mejor responden). Utilizar espacios comunitarios diversos, incluyendo espacios de referencia para adolescentes y jóvenes, como centros de juventud o tejido asociativo (clubes deportivos), para la difusión de información y acciones de apoyo.

Ampliar la idea de Protección Civil para incluir a otros actores y reconocer el espacio que necesita el tejido educativo, asociativo y comunitario (gobernanza interdepartamental y transversalidad).

Promover la formación y sensibilización a personas adultas y gestores (especialmente a quienes tienen responsabilidades en la gestión de emergencias) por un lado, en la identificación y abordaje del adultocentrismo y, por otro, en la gestión de la dimensión humana de la emergencia con mirada de infancia.

Específicamente en la fase de reconstrucción se recomiendan las siguientes acciones clave:

1. Facilitar y reconocer la implicación activa de los y las jóvenes en las tareas de reconstrucción: además de su gran capacidad de movilización, esta implicación (el sentirse útiles) fomenta su resiliencia y salud emocional, tal y como se explicita en diversos estudios que recogen sus aportaciones.
2. Mantener las redes comunitarias: trabajar para el mantenimiento de las redes de apoyo y el tejido ciudadano que surgen espontáneamente durante la emergencia, para que se sostengan a medio y largo plazo como base de la resiliencia comunitaria (infraestructura social).
3. Promover los aprendizajes posevento para que niños, niñas y jóvenes y la población en general conozcan mejor su entorno y comprendan mejor cómo la crisis climática intensifica ciertos peligros y vulnerabilidades y cómo pueden reducirse esos riesgos. Esto se transforma en una medida preventiva de cara a futuras emergencias.
4. Reconstruir mejor: promover procesos de reconstrucción orientados por principios de resiliencia. Aprovechar el posevento para reconstruir con una visión de adaptación y prevención de riesgos (ej., creando calles que protejan del calor), orientada por conocimiento científico y contando con la participación de niñas, niños y jóvenes.
5. Generación de memoria colectiva: promover durante el proceso de recuperación y reconstrucción la generación de memoria. La participación de niños, niñas y jóvenes en estos procesos favorece que esa memoria del desastre se mantenga a largo plazo. La historia local de las emergencias pasadas es esencial para la respuesta, la supervivencia y la gestión de



desastres dentro de las comunidades. Esto se transforma en una medida preventiva de cara a una futura emergencia por lo que presenta una gran relevancia.

6. Generación de espacios, vías y contextos de expresión: propiciar diversas vías y mecanismos para que la infancia, adolescencia y la juventud puedan volcar y poner palabras a lo vivido, percibido y generado a partir de las propias vivencias. Las evidencias apuntan a los buenos resultados de la utilización de herramientas artísticas-creativas (fotografías, dibujos, escritura, música...).

Limitaciones y advertencias

La participación infantojuvenil en la gestión de emergencias requiere un enfoque cuidadoso para evitar la instrumentalización simbólica o superficial. Es fundamental garantizar que los espacios de participación sean seguros, inclusivos y adaptados a las capacidades evolutivas de cada grupo de edad. Para que estos procesos puedan darse de forma óptima y sin instrumentalización, es fundamental el desarrollo de educación ambiental y de la educación en prevención y protección al momento de la emergencia. Además, se recomienda formar adecuadamente al personal adulto para evitar prácticas adultocéntricas y asegurar que las contribuciones de niñas, niños y jóvenes sean valoradas y tenidas en cuenta de forma efectiva en la toma de decisiones. Asimismo, para favorecer estos procesos, en la fase de recuperación, es fundamental garantizar y priorizar la restauración de los edificios educativos y otros espacios de encuentro infantojuvenil. Sin estos cuidados, la medida podría perder legitimidad y eficacia.

Evidencia científica y referencias

Aldrich, D. P. (2023). How social infrastructure saves lives: a quantitative analysis of Japan's 3/11 disasters. *Japanese Journal of Political Science*, 24(1), 30–40. doi:10.1017/S1468109922000366

Amri, A., Bird, D., Ronan, K., Haynes, K., & Towers, B. (2016). Disaster risk reduction education in Indonesia: challenges and recommendations for scaling up. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 17, 595-612. <https://doi.org/10.5194/NHESS-17-595-2017>

Grau Vila, C. (2024). Tohoku resilient schools and youth engagement in memory after 2011 tsunami. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, 33(5), 646-662. <https://doi.org/10.1108/DPM-10-2023-0273>

Haynes, K., & Tanner, T. (2015). Empowering young people and strengthening resilience: youth-centred participatory video as a tool for climate change adaptation and disaster risk reduction. *Children's Geographies*, 13, 357 - 371. <https://doi.org/10.1080/14733285.2013.848599>

Lassa, J., Amri, A., Tebe, Y., & Haynes, K. (2023). Exploring NGOs-Government Collaboration Strategies of Institutionalising Child-Centred Disaster Reduction and Climate Change Adaptation. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4359552>

Mort, M., Rodríguez-Giralt, I., & Delicado, A. (Ed.) (2020). *Children and Young People's Participation in Disaster Risk Reduction*. Bristol University Press. <https://doi.org/10.47674/9781447354437>



Newnham, E. A., Dzidic, P. L., & Kelly, L. M. (2023). Child disaster resilience in action: Post-bushfire qualitative perspectives on a school-based preparedness program. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 96, 103925. Crossref. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2023.103925>

Newnham, E. A., Tearne, J., Gao, X., Guragain, B., Jiao, F., Ghimire, L., Balsari, S., Chan, E., & Leaning, J. (2019). Tailoring disaster risk reduction for adolescents: Qualitative perspectives from China and Nepal. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 34, 337-345. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2018.12.020>

Pfefferbaum, B., Pfefferbaum, R., & Van Horn, R. (2018). Involving children in disaster risk reduction: the importance of participation. *European Journal of Psychotraumatology*, 9. <https://doi.org/10.1080/20008198.2018.1425577>

Pickering, C. J., Al-Baldawi, Z., McVean, L., Amany, R. A., Adan, M., Baker, L., Al-Baldawi, Z., & L. O'Sullivan, T. (2022). "It's Like Youth are Talking into a Microphone That is not Plugged in": Engaging Youth in Disaster Risk Reduction Through Photovoice. *Qualitative Health Research*, 32(14), 2126-2146. <https://doi.org/10.1177/10497323221136485>

Pickering, C. J., Guy, E., Al-Baldawi, Z., McVean, L., Sargent, S., & O'Sullivan, T. (2021). "I believe this team will change how society views youth in disasters": The EnRiCH Youth Research Team: a youth-led community-based disaster risk reduction program in Ottawa, Canada. *Canadian Journal of Public Health*, 112(5), 957-964. <https://doi.org/10.17269/s41997-021-00486-8>

Peek, L. and Stough, L.M. (2010) 'Children with disabilities in the context of disaster: A social vulnerability perspective', *Child Development*, 81(4), 1260–70.

Roca-Campos, E., Carbonell-Sevilla, S., Canal-Barbany, J.M., Barrachina-Sauri, M., Girbés-Peco, S., Giner-Gota, E., Flecha, R., 2025. Co-Creating Educational Action to Protect Children After DANA Floods in Spain. *Sustainability* 17, 1542. <https://doi.org/10.3390/su17041542>

Rodríguez, I., Mort, M., Nunes de Almeida, A. and Ribeiro, A.S. (2020) Building a framework for child-centred disaster risk management in Europe. En Mort, M., Rodríguez-Giralt, I., & Delicado, A. (Eds.). (2020). *Children and Young People's Participation in Disaster Risk Reduction: Agency and Resilience* (1st ed). Policy Press. p.93-117

Sheehy, K., Vacková, P., Van Manen, S., Turnip, S., Rofiah, K., & Twiner, A. (2022). Inclusive disaster risk reduction education for Indonesian children. *International Journal of Inclusive Education*, 28, 2529 - 2545. <https://doi.org/10.1080/13603116.2022.2115156>

Walker, M., Whittle, R., Medd, W., Burningham, K., Moran-Ellis, J. and Tapsell, S. (2012) "It came up to here": Learning from children's flood narratives', *Children's Geographies*, 10(2): 135–50.

Williams, S., & McEwen, L. (2021). 'Learning for resilience' as the climate changes: Discussing flooding, adaptation and agency with children. *Environmental Education Research*, 27(11), 1638-1659. <https://doi.org/10.1080/13504622.2021.1927992>

9.d.7. Instaurar una incorporación reglada de expertos en el análisis de riesgos naturales y refuerzo de la participación ciudadana en procesos de planeamiento urbanístico y planes de ordenación territorial

Descripción de la propuesta



Se propone mejorar la gobernanza y la cooperación entre administraciones, ámbitos técnicos y científicos mediante la incorporación reglada de especialistas en riesgos naturales y procesos de participación ciudadana en el planeamiento urbanístico y los planes de ordenación territorial. La medida plantea que, de forma normativa y vinculante, los equipos redactores de los instrumentos de planificación incluyan técnicos especializados en riesgos naturales procedentes de centros de investigación o universidades, con el fin de garantizar que los documentos de ordenación territorial integren de manera rigurosa el análisis y la gestión del riesgo. Asimismo, se propone establecer por ley la obligatoriedad de procesos de participación ciudadana en la elaboración del planeamiento. Se recomienda que esta participación tenga un carácter bidireccional: Por un lado, incorporar el conocimiento y la experiencia local de la sociedad civil (asociaciones vecinales, grupos ecologistas, entidades ciudadanas). Por otro, fortalecer la cultura del riesgo y la resiliencia social, al implicar directamente a los ciudadanos en la comprensión y gestión de los riesgos que afectan a su territorio.

Limitaciones y advertencias

1. No existe una normativa estatal o regulación específica que obligue a incluir expertos en riesgos naturales en los equipos de planificación, lo que puede dificultar su incorporación efectiva.
2. No todas las administraciones locales cuentan con acceso a universidades o centros de investigación que puedan aportar especialistas en riesgos lo que puede dar lugar a desigualdad territorial en capacidades técnica.
3. En muchos procesos de planificación, la participación se reduce a consultas formales sin capacidad real de influencia y la participación ciudadana puede parecer limitada o simbólica.
4. La cooperación entre administraciones requiere mecanismos estables de coordinación intersectorial, que actualmente son débiles o inexistentes.
5. Tanto técnicos como ciudadanos requieren formación en cultura del riesgo para que la participación y el análisis sean efectivos.

Evidencia científica y referencias

Dell'Ovo, M.; Datola, G.; Di Pirro, E.; Ronchi, S.; Arcidiacono, A.; Attia, S.; Baronchelli, D.; Benedini, A.; Buffoli, M.; Calvi, G.; et al. A Participatory SWOT-Based Approach to Nature-Based Solutions Within Urban Fragile Territories: Operational Barriers and Strategic Roadmaps. *Land* **2025**, *14*, 1847. <https://doi.org/10.3390/land14091847>



Farinós-Dasí, J., Pinazo-Dallenbach, P., Peiró Sánchez-Manjavacas, E., Rodríguez-Bernal, D.C., 2024. Disaster risk management, climate change adaptation and the role of spatial and urban planning: evidence from European case studies. *Nat. Hazards*. <https://doi.org/10.1007/s11069-024-06448-w>

Gomez Vaca, A.N., Popartan, L.A., Nuss-Girona, S., Rodríguez-Roda, I., 2025. Spatial approach for assessing vulnerability to urban flooding: a proposal for a multidimensional index. *Nat. Hazards* 121, 16799–16825. <https://doi.org/10.1007/s11069-025-07451-5>

Masterson, J., Katare, A., Thapa, J., Malecha, M., Yu, S., Berke, P., 2023. Plan integration and plan quality: combining assessment tools to align local infrastructure priorities to reduce hazard vulnerability. *Sustain. Resilient Infrastruct.* 8, 359–374. <https://doi.org/10.1080/23789689.2023.2165779>

Nadin, V., Stead, D., Dąbrowski, M., & Fernandez-Maldonado, A. M. (2020). Integrated, adaptive and participatory spatial planning: trends across Europe. *Regional Studies*, 55(5), 791–803. <https://doi.org/10.1080/00343404.2020.1817363>

Ramezani, S., Nooraie, H., 2023. A comparative study of participatory land-use planning and the theory of the right to the city. *GeoJournal* 88, 5173–5203. <https://doi.org/10.1007/s10708-023-10912-8>



EJE 10: Acelerar la transición ecológica en España y exigir a la Unión Europea una mayor ambición

a. PREVENCIÓN

10.a.1. Reforzar la protección jurídica de los espacios naturales como herramienta de lucha contra el cambio climático y las emergencias climáticas

Descripción de la propuesta

Avanzar en la protección de aquellos ecosistemas previamente identificados por las normativas oficiales (humedales, parques naturales u otras áreas protegidas) o aquellos que obtengan legitimidad mediante la iniciativa ciudadana desde una óptica biocéntrica. Para ello, se recomienda explorar la extensión de la figura legal de *sujeto jurídico* a estos ecosistemas, así como el reconocimiento de derechos vinculados a i) existir y a evolucionar naturalmente, ii) limitar, detener y no autorizar aquellas actividades que supongan un riesgo o perjuicio para el ecosistema, iii) el derecho de restauración y iv) los derechos de conservación de la misma forma en que se ha hecho en el caso del Mar Menor (Región de Murcia). Igualmente, se propone explorar la figura del representante de los derechos de cada uno de estos ecosistemas como referente para la identificación de potenciales riesgos a los que se enfrenta la zona protegida, así como para la defensa de sus intereses.

En el caso de España, estas medidas han sido avaladas por el Tribunal Constitucional (sentencia 142/2024) para el caso específico de los derechos del Mar Menor y suponen un respaldo muy importante a las estrategias biocéntricas de lucha contra el cambio y la emergencia climática.

Por último, y con el objetivo de coordinar, impulsar y facilitar el reconocimiento de la personalidad jurídica de los ecosistemas, se propone la creación de una Oficina de los Derechos de la Naturaleza o un organismo similar.

Limitaciones y advertencias

La calificación se justifica porque la propuesta responde al objetivo de acelerar la transición ecológica.

Hay un aspecto de la propuesta que puede resultar problemático que es el uso de la categoría legal “sujeto jurídico” porque, en términos jurídicos, un sujeto de derecho debe reunir dos requisitos: tener capacidad para ser titular de derechos



y obligaciones y tener capacidad para poder reclamar su respeto por una vía jurídica/judicial. Aunque exista una sentencia del TC, citada en la propuesta, esa fórmula encierra limitaciones técnicas que dificultarían su extrapolación a otros supuestos máxime cuando son universales y genéricos.

Evidencias científicas y referencias

Se asume generalmente que la protección de los ecosistemas contribuye a conservar su papel como sumideros de carbono, y que un mejor estado de conservación contribuye a su resiliencia y capacidad adaptativa. Pero no contamos con un total consenso científico en relación con el papel del reconocimiento de los derechos de la naturaleza como instrumento de lucha contra el cambio y las emergencias climáticas. Esto es debido, entre otros factores, a la reciente aparición en el debate académico de la idea de derechos de la naturaleza, así como la pervivencia de otros paradigmas como el representado por el derecho ambiental. Adicionalmente, a pesar del creciente número de casos de reconocimiento de derechos de la naturaleza en todo el mundo (cerca de 500 iniciativas según algunos estudios), la evidencia científica en relación con sus resultados positivos aún es preliminar. No tanto así en relación con los efectos de estas medidas sobre la concienciación y la participación ciudadana sobre temas climáticos.

Se incluye aquí esta propuesta porque i) los derechos de la naturaleza son reconocidos como una herramienta emergente en todo el mundo, ii) porque ha sido impulsada y reconocida por instituciones nacionales e internacionales de primer nivel (Naciones Unidas, EU, ONU entre otros) y iii) porque España es un país de vanguardia en este tipo de iniciativas innovadoras que buscan alternativas a los sistemas de protección del medioambiente que, desde la década de los años 70 del siglo XX, se han venido implementando sin que mengüen significativamente los riesgos asociados a las emergencias climáticas.

Armas-Díaz, A., Murray, I., Sabaté-Bel, F., & Blázquez-Salom, M. (2023). Environmental struggles and insularity: The right to nature in Mallorca and Tenerife. *Environment and Planning C: Politics and Space*, 42(4), 639-657. <https://doi.org/10.1177/23996544231212294>

Fuchs, M.C. (2025) The Concept of Rights of Nature in Colombia and Ecuador: Lessons for a 'Good Life' in Urban Spaces. *Global Environment* 18, 266-304. <https://doi.org/10.3828/whpge.63837646622524>

Kahui, V., Armstrong, C. W., & Aanesen, M. (2024). Comparative analysis of Rights of Nature (RoN) case studies worldwide: Features of emergence and design. *Ecological economics*, 221, 108193. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2024.108193>

Krämer, L. (2023). Rights of nature in Europe: the Spanish Lagoon Mar Menor becomes a legal person. *Journal for European Environmental & Planning Law*, 20(1), 5-23. <https://doi.org/10.1163/18760104-20010003>

Rehnstrom, S. (2025). Rights of Nature in Europe: the Mar Menor and the Future of Ecocentric Environmental Protection. *Journal for European Environmental & Planning Law*, 22(3), 346-363. <https://doi.org/10.1163/18760104-22030006>



Ruales, J. G., Hovden, K., Kopnina, H., Robertson, C. D., & Schoukens, H. (Eds.). (2024). Rights of nature in Europe: encounters and visions. Taylor & Francis.

Rühs, N., & Jones, A. (2016). The Implementation of Earth Jurisprudence through Substantive Constitutional Rights of Nature. *Sustainability*, 8, 174. <https://doi.org/10.3390/su8020174>.

Schoukens, H. (2020). Rights of nature in the European Union: contemplating the operationalization of an eco-centric concept in an anthropocentric environment? In *Non-human nature in world politics: Theory and practice* (pp. 205-234). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-49496-4_11

Schoukens, H. (2024). Rights of nature in the European Union: a rights-based approach as an inevitable outcome of increased environmental protection in the Anthropocene? In: *The Right to a Healthy Environment in and Beyond the Anthropocene* (pp. 184-226). Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781035300426.00017>

Tănăsescu, M., Macpherson, E., Jefferson, D., & Torres Ventura, J. (2024). Rights of nature and rivers in Ecuador's Constitutional Court. *The International Journal of Human Rights*, 1-23. <https://doi.org/10.1080/13642987.2024.2314536>

Towards an EU Charter of the Fundamental Rights of Nature. (2020) The European Economic and Social Committee (EESC). ISBN 978-92-830-4971-5. Catalogue number QE-03-20-586-EN-N. DOI: 10.2864/25113. Working paper.

10.a.2. Prevenir y aprovechar el desperdicio alimentario

Descripción de la propuesta

El objetivo es reducir las pérdidas y mejorar la eficiencia y la equidad del sistema alimentario, actuando de forma coordinada a lo largo de toda la cadena —desde la producción hasta el consumo— para prevenir el desperdicio y aprovechar los excedentes de manera segura y sostenible. La reducción del desperdicio alimentario acelera la transición porque optimiza el uso de recursos naturales, disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero y favorece sistemas alimentarios más sostenibles y circulares. La propuesta incluye las siguientes acciones clave:

1. Despliegue legislativo ambicioso de prevención de las pérdidas y el desperdicio alimentario: planes obligatorios en empresas, trazabilidad digital de excedentes y prioridad de destino de los excedentes, con la donación como primera opción.
2. Compra pública alimentaria saludable y sostenible (comedores escolares, hospitales, centros sociales): criterios de menú con más legumbres, frutas y verduras de temporada y cereales integrales; medición y límites de mermas alimentarias en cada servicio (preparación, distribución y consumo); preferencia a proveedores con planes validados de reducción de desperdicio.
3. Información al consumidor y capacitación: campañas sobre “consumo preferente” vs. “caducidad”, porciones inteligentes y recetas de aprovechamiento; proyectos piloto de pago por ración en restauración



colectiva, ajustando la facturación al consumo efectivo para incentivar la reducción de mermas.

4. Incentivos en origen: apoyo a innovaciones en envases, conservación y logística que prolonguen la vida útil de los alimentos; impulso a la valorización de calibres irregulares mediante su canalización hacia la transformación o la donación; y promoción de acuerdos estables entre productores, cooperativas y bancos de alimentos para aprovechar excedentes de forma rápida y segura.
5. Indicadores claros: establecimiento de métricas homogéneas que permitan seguir los avances en toda la cadena, incluyendo kilogramos de alimento desperdiciado por eslabón, toneladas donadas con trazabilidad garantizada y reducción de mermas diferenciada por categoría de producto.

Limitaciones y advertencias

- La medición del desperdicio alimentario sigue siendo heterogénea, lo que dificulta comparar avances entre sectores y regiones.
- La donación de excedentes requiere trazabilidad rigurosa para evitar riesgos sanitarios, especialmente en productos perecederos.
- Cambios en la compra pública pueden enfrentar resistencias operativas si no se acompaña de formación y adaptación logística.
- Incentivos en origen pueden ser insuficientes si no se abordan también barreras estructurales como la volatilidad de precios o la falta de infraestructuras de frío.

Evidencia científica y referencias

Existe consenso en que reducir desperdicio y promover dietas saludables mejora la salud y la sostenibilidad. El debate se sitúa en los instrumentos (señalización, compra pública, fiscalidad) y en la aceptación social.

European Commission. (2023). Food waste in the European Union: Latest estimates and breakdown by sector. Publications Office of the European Union.

European Commission. (2024). European Climate Risk Assessment (EUCRA): Food systems and demand-side measures. Publications Office of the European Union.

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Working Group II contribution (Food systems; Demand-side options). IPCC.

Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*, 360(6392), 987-992. <https://doi.org/10.1126/science.aag0216>

Rockström, J., Edenhofer, O., Gaertner, J., & DeClerck, F. (2019). Planet-proofing the global food system. *Nature Food*, 1, 3-5. <https://doi.org/10.1038/s43016-019-0010-4>

Saralegui-Díez, P.; Aguilera, E.; Cerrillo García, I.; González de Molina, M.; Guzmán, G. I.; López, L.; Moranta, J.; Morilla, R.; Olea, N.; Ramos, M.; Ramirez, R.; Rasero, S.; Rivera-Ferre, M.; Salazar, S.;



Salmerón, N.; Villasante, S.; Vitoria, J. (2025). Hacia la transformación del sistema alimentario en España: situación actual, impactos y escenarios de futuro. *Alimentta*

Springmann, M., Clark, M., Mason-D'Croz, D., Wiebe, K., Bodirsky, B. L., Lassaletta, L., ... Willett, W. (2018). Options for keeping the food system within environmental limits. *Nature*, 562, 519–525. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0594-0>

Willett, W., et al. (2019). Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet*, 393(10170), 447–492. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31788-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4)

Zinsstag, J., Kaiser-Grolimund, A., Heitz-Tokpa, K., Sreedharan, R., Lubroth, J., Caya, F., Stone, M., Brown, H., Bonfoh, B., Dobell, E., Morgan, D., Homaira, N., Kock, R., Hattendorf, J., Crump, L., Mauti, S., del Rio Vilas, V., Saikat, S., Zumla, A., ..., de la Rocque, S. (2025). Advancing One human–animal–environment Health for global health security: What does the evidence say? *The Lancet*, 401(10376), 591–604. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(22\)01595-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(22)01595-1)

10.a.3. Crear un fondo de descarbonización industrial

Descripción de la propuesta

En los últimos años, las políticas industriales han adquirido una relevancia creciente, impulsadas por crisis económicas globales, la pandemia de la COVID-19 y las transformaciones estructurales derivadas de la globalización, la digitalización y el cambio climático.

La política industrial amplía su alcance más allá del aumento de la productividad o la innovación tecnológica, incorporando objetivos de sostenibilidad ambiental, resiliencia económica y autonomía estratégica. Sin embargo, persiste el desafío de conciliar estas políticas con las reglas de competencia, evitando distorsiones en el mercado y garantizando la eficiencia del gasto público.

Los sectores industriales intensivos en energía (acero, cemento, refino, química, papel, transformación de alimentos, cerámica y vidrio) concentran una parte significativa de las emisiones de gases de efecto invernadero. Para alcanzar la neutralidad climática, estos sectores requieren una profunda transformación basada en la electrificación, el uso de combustibles alternativos, la captura y almacenamiento de carbono y la implantación de nuevas tecnologías de proceso bajas en emisiones. Otras industrias como la de transformación de alimentos o la papelera son también grandes consumidoras de energía, aunque necesiten temperaturas menores, y podrían descarbonizar muchos de sus procesos, por ejemplo, utilizando calor residual.

Si bien los instrumentos de financiación público-privados (como los PERTEs) han demostrado ser herramientas eficaces para impulsar la innovación, la magnitud de las inversiones necesarias y los plazos de retorno precisan de nuevos mecanismos financieros más estables y flexibles.



En este contexto, se propone la creación de un Fondo de Descarbonización Industrial, que actúe como vehículo permanente de apoyo a la inversión verde en el sector industrial. Este fondo se concibe como una herramienta clave para reducir emisiones, mantener la competitividad de la industria española y movilizar inversión privada hacia proyectos transformadores que aceleren la transición ecológica.

Limitaciones y advertencias

- La descarbonización de sectores intensivos en energía requiere tecnologías aún en fase piloto o con costes muy elevados que, en algunos casos, las compañías son reticentes a adoptar.
- La captura y almacenamiento de carbono (CAC) tiene limitaciones técnicas, y aceptación social baja.
- La electrificación industrial depende de una red eléctrica robusta y de suficiente generación renovable, aún en desarrollo en varias regiones.

Evidencia científica y referencias

El consenso sobre la eficacia de las políticas industriales sigue siendo limitado. La OCDE destaca que:

- Los incentivos fiscales y las subvenciones a la I+D, combinados con políticas de transferencia de conocimiento, estimulan la innovación y la productividad.
- Las subvenciones directas muestran resultados positivos en empleo e inversión, aunque su efectividad varía según el contexto y el diseño de la política.
- La inclusión de esta propuesta responde a la necesidad de garantizar una transición industrial justa, que evite la deslocalización y mantenga la competitividad del tejido productivo español en el marco del ETS (Emissions Trading System) y el CBAM (Carbon Border Adjustment Mechanism).

C. Criscuolo, N. Gonne, K. Kitazawa, G. Lalanne (2022): Are industrial policy instruments effective? A review of the evidence in OECD countries. OECD Science, Technology and Industry Policy Papers, No. 128. OECD Publishing, Paris. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2022/05/are-industrial-policy-instruments-effective_bcc7f967/57b3dae2-en.pdf

C. Criscuolo, N. Gonne, K. Kitazawa, G. Lalanne (2022): An industrial policy framework for OECD countries: old debates, new perspectives. OECD Science, Technology and Industry Policy Papers, No. 127, OECD Publishing, Paris. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2022/05/an-industrial-policy-framework-for-oecd-countries_233e3061/0002217c-en.pdf

Agencia Internacional de la Energía (AIE, 2023): Net Zero by 2050. A Roadmap for the Global Energy Sector. https://iea.blob.core.windows.net/assets/deebef5d-0c34-4539-9d0c-10b13d840027/NetZeroBy2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector_CORR.pdf



Dadi, D., Introna, V., & Benedetti, M. (2022). Decarbonization of Heat through Low-Temperature Waste Heat Recovery: Proposal of a Tool for the Preliminary Evaluation of Technologies in the Industrial Sector. *Sustainability*, 14(19), 12626, <https://doi.org/10.3390/su141912626>.

Hansen, T., Andersson, J., Finstad, J., Hanson, J., Hellsmark, H., Mäkitie, T., Nordholm, A., & Steen, M. (2024). How aligned are industry strategy and government policy for the decarbonization of energy-intensive process industries? *Climate Policy*, 24(9), 1149-1162. <https://doi.org/10.1080/14693062.2024.2363490>
Mehling, M. A. (2025). Good Spillover, Bad Spillover: Hellsmark, H., Frishammar, J., Söderholm, P., & Ylinenpää, H. (2016). The role of pilot and demonstration plants in technology development and innovation policy. *Research Policy*, 45(9), 1743-1761, <https://doi.org/10.1016/j.respol.2016.05.005>.

Mehling, M. A. (2025). Good Spillover, Bad Spillover: Industrial Policy, Trade, and the Political Economy of Decarbonization. MIT Center for Energy and Environmental Policy Research - Working Paper Series, 2025-01, 2-58.

Møller, K. M. (2024). Domestic renewable energy industries and national decarbonization policy. *Energy Policy*, 192, 114249. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2024.114249>

Otto, S., & Oberthür, S. (2024). International cooperation for the decarbonization of energy-intensive industries: Unlocking the full potential. *Climate Policy*, 0(0), 1-17. <https://doi.org/10.1080/14693062.2024.239743>

Rana, R. S., Kumar, D., & Prasad, K. (2025). Decarbonization and waste reduction in a disrupted food supply chain: a step towards achieving food sustainability. *British Food Journal*, 127(5), 1702-1729. <https://doi.org/10.1108/BFJ-12-2023-1068>

10.a.4. Facilitar la declaración de proyectos estratégicos (Net-Zero Industry Act)

Descripción de la propuesta

La relación entre las emisiones de CO₂ y el cambio climático está sólidamente asentada en la comunidad científica. Ante este escenario, resulta imprescindible acelerar la implantación de tecnologías limpias mediante mecanismos de colaboración público-privada que faciliten la inversión, reduzcan las barreras regulatorias y promuevan la competitividad industrial.

En este contexto, el Reglamento de la Unión Europea sobre la Industria de Cero Emisiones Netas (NZIA) tiene como objetivo fortalecer la capacidad de fabricación europea de tecnologías de cero emisiones y sus componentes estratégicos. NZIA busca mejorar la competitividad del sector de tecnologías limpias, atraer inversiones y apoyar la transición hacia una energía limpia, la neutralidad climática y una mayor resiliencia energética en la Unión Europea.

Para ello, NZIA prevé crear un entorno de certidumbre regulatoria a largo plazo, que envíe señales claras a fabricantes, inversores y operadores industriales. La propuesta incluye la creación de ventanillas únicas y procedimientos acelerados para proyectos que contribuyan de manera significativa a la descarbonización, la autonomía energética y la reindustrialización verde del país.



Limitaciones y advertencias

El consenso sobre la eficacia de las políticas industriales es limitado.

Evidencia científica y referencias

AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023. Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>

Are industrial policy instruments effective? A review of the evidence in OECD countries. OECD Science, Technology and Industry Policy Papers. C. Criscuolo, N. Gonne, K. Kitazawa, G. Lalanne. 2022, No. 128. OECD Publishing, Paris. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2022/05/are-industrial-policy-instruments-effective_bcc7f967/57b3dae2-en.pdf

An industrial policy framework for OECD countries: old debates, new perspectives. OECD Science, Technology and Industry Policy Papers. C. Criscuolo, N. Gonne, K. Kitazawa, G. Lalanne. 2022, No. 127, OECD Publishing, Paris. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2022/05/an-industrial-policy-framework-for-oecd-countries_233e3061/0002217c-en.pdf

Net-Zero Industry Act” (Ley de Industria de Cero Emisiones Netas): iniciativa de la Unión Europea (reglamentos 168/2013, 2018/858 y 2018/1724), que se pretende aprobar junto con la regulación para las materias primas fundamentales, CRMA (siglas en inglés de “Critical Raw Materials Act”).

Emissions Trading System. Para más información: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/carbon-markets/eu-emissions-trading-system-eu-ets_en

Carbon Border Adjustment Mechanism. Para más información: https://taxation-customs.ec.europa.eu/carbon-border-adjustment-mechanism_en

10.a.5. Establecer un mecanismo de compensación por emisiones de CO₂

Descripción de la propuesta

La reducción progresiva de los derechos gratuitos de emisión en el marco del Régimen de Comercio de Derechos de Emisión de la UE (Emissions Trading Systems), junto con la entrada en vigor del Mecanismo de Ajuste en Frontera por Carbono (*Carbon Border Adjustment Mechanism*) está generando una creciente preocupación en los sectores industriales intensivos en energía. Estas industrias (como el acero, el cemento o la química) advierten del riesgo de pérdida de competitividad y fugas de carbono si no se implementan mecanismos de acompañamiento y compensación adecuados.

Entre las herramientas más efectivas para abordar este desafío destacan los Contratos por Diferencia de Carbono (CCfD), que ofrecen certidumbre a largo plazo. Estos contratos establecen un precio de referencia del CO₂ que garantiza la viabilidad económica de los proyectos industriales, cubriendo tanto los costes de capital como los costes operativos asociados a la descarbonización. De este modo, los CCfD permiten reducir la incertidumbre sobre los precios futuros del carbono, fomentando la inversión privada.



La experiencia internacional en el uso de CCfD demuestra su eficacia. Dinamarca fue pionera en 2005 con la subasta de energía eólica marina, ajustando sus condiciones para mejorar el proceso (pausa durante periodos de precios negativos, ajuste a la inflación, límites en los pagos...). Reino Unido los incorporó en 2013 como parte de su reforma del mercado eléctrico, inicialmente para eólica marina y biomasa, y posteriormente introdujo factores sociales en la valoración de los proyectos. Alemania ha lanzado recientemente su programa con una duración de 15 años, orientado a la industria intensiva en carbono. Otros países europeos han aplicado esquemas similares en el ámbito de las energías renovables, con periodos de referencia de entre 15 y 25 años, consolidando los CCfD como una herramienta clave de política climática e industrial.

En España, el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico ha empleado instrumentos análogos en el sector energético, por lo que se podría extender su aplicación al ámbito industrial, especialmente en los sectores sujetos al CBAM (el CBAM busca mejorar la competitividad de las empresas frente a las que no están sujetas a un precio del CO₂).

Limitaciones y advertencias

El consenso sobre la eficacia de las políticas industriales es limitado.

Evidencia científica y referencias

AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023. Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>

Are industrial policy instruments effective? A review of the evidence in OECD countries. OECD Science, Technology and Industry Policy Papers. C. Criscuolo, N. Gonne, K. Kitazawa, G. Lalanne. 2022, No. 128. OECD Publishing, Paris. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2022/05/are-industrial-policy-instruments-effective_bcc7f967/57b3dae2-en.pdf

An industrial policy framework for OECD countries: old debates, new perspectives. OECD Science, Technology and Industry Policy Papers. C. Criscuolo, N. Gonne, K. Kitazawa, G. Lalanne. 2022, No. 127. OECD Publishing, Paris. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2022/05/an-industrial-policy-framework-for-oecd-countries_233e3061/0002217c-en.pdf

Contracts-for-Difference to support renewable energy technologies: Considerations for design and implementation. Kitzing, L., Held, A., Gephart, M., Wagner, F., Anatolitis, V., Klessmann, C. 2024. Florence School of Regulation (FSR). Robert Schuman Centre for Advanced Studies. <https://cadmus.eui.eu/server/api/core/bitstreams/680d3e66-c0bc-5bf2-9d7e-92f41fb08cac/content>

Planning our electric future: a White Paper for secure, affordable and low-carbon electricity. Secretary of State for Energy and Climate Change, 2011. <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5a78b0dce5274a2acd1890be/2176-emr-white-paper.pdf>

Förderprogramm Klimaschutzverträge (Carbon Contracts for Difference, CCfD). Die Bundesregierung, 2025. <https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Wasserstoff/Foerderung-National/018-pilotprogramm.html>



10.a.6. Facilitar los Power Purchase Agreement (PPA) para pymes y micropymes

Descripción de la propuesta

La electrificación de la economía constituye una de las medidas más eficaces para la reducción de emisiones de CO₂, al permitir un doble ahorro: por un lado, al sustituir el consumo de combustibles fósiles por energía eléctrica, y por otro, al incremento progresivo de energías renovables en el *mix* energético nacional.

Entre los grandes consumidores industriales, una herramienta consolidada para garantizar estabilidad de precios a largo plazo es el contrato de compraventa de energía (Power Purchase Agreement-PPA). Se trata de un contrato bilateral a largo plazo entre un generador de energía (habitualmente de origen renovable) y un consumidor, mediante el cual se acuerda la compra de electricidad a un precio fijo y en un periodo determinado.

Los PPA aportan certidumbre económica a las empresas consumidoras, que pueden planificar sus costes energéticos con antelación, al tiempo que aseguran ingresos estables a los productores de energía limpia, contribuyendo así a la financiación y expansión de proyectos renovables. En conjunto, se trata de una herramienta clave para la sostenibilidad empresarial y la transición energética.

Sin embargo, la participación de pymes y micropymes en este tipo de acuerdos sigue siendo muy limitada debido a barreras financieras, jurídicas y administrativas. A diferencia de las grandes corporaciones, las pymes carecen de la capacidad de contratación o de consumo energético suficiente para negociar PPA de manera individual.

Por ello, se propone implementar un marco de apoyo que facilite el acceso de pymes y micropymes a PPA renovables, mediante las siguientes líneas de actuación: (a) Promover agregadores de demanda o consorcios energéticos liderados por empresas tractoras, que estructuren PPA colectivos; (b) Simplificar los requisitos contractuales y financieros, adaptándolos a la escala y necesidades de las pymes; (c) Incentivar la participación en comunidades energéticas industriales, que combinen autoconsumo fotovoltaico, almacenamiento y contratos de suministro a largo plazo; (d) Fomentar instrumentos de garantía pública o líneas de aval que faciliten la firma de PPA en condiciones de mercado.

Estas medidas permitirían democratizar el acceso a la energía renovable, reducir costes operativos y aumentar la resiliencia de las pymes frente a la volatilidad de los precios energéticos, reforzando al mismo tiempo la competitividad del tejido industrial español.



Limitaciones y advertencias

- El consenso sobre la eficacia de las políticas industriales es limitado.
- Se señala que el despliegue renovable se realice minimizando la fragmentación, evitando zonas de exclusión ecológica y garantizando coherencia entre los objetivos climáticos y las responsabilidades legales de conservación.

Evidencia científica y referencias

AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023. Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>

Are industrial policy instruments effective? A review of the evidence in OECD countries. OECD Science, Technology and Industry Policy Papers. C. Criscuolo, N. Gonne, K. Kitazawa, G. Lalanne. 2022, No. 128. OECD Publishing, Paris. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2022/05/are-industrial-policy-instruments-effective_bcc7f967/57b3dae2-en.pdf

An industrial policy framework for OECD countries: old debates, new perspectives. OECD Science, Technology and Industry Policy Papers. C. Criscuolo, N. Gonne, K. Kitazawa, G. Lalanne. 2022, No. 127, OECD Publishing, Paris. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2022/05/an-industrial-policy-framework-for-oecd-countries_233e3061/0002217c-en.pdf

10.a.7. Fomentar el uso de hidrógeno renovable y combustibles alternativos

Descripción de la propuesta

El hidrógeno renovable constituye uno de los pilares fundamentales para avanzar hacia la descarbonización en los sectores industriales intensivos en energía y de difícil electrificación. Su utilización es clave en procesos que operan a alta temperatura, como los de la industria siderúrgica, cementera, química y de fertilizantes, en los que predominan los combustibles fósiles.

En el caso de la industria química y de fertilizantes, el hidrógeno verde permite sustituir el hidrógeno gris producido a partir de gas natural, una medida de alto impacto tanto en términos de mitigación climática como de competitividad internacional.

Además, el hidrógeno renovable y sus derivados (como el amoníaco verde o los combustibles sintéticos) tienen un papel estratégico en la descarbonización del transporte marítimo y aéreo, dos de los sectores con dificultades para reducir las emisiones mediante electrificación directa. En este contexto, los combustibles alternativos de origen renovable se perfilan como una solución viable para cumplir con los objetivos de descarbonización definidos en el marco europeo *Fit for 55* y el Reglamento ReFuelEU Aviation.



Los planes previstos por la UE contemplan el desarrollo de una estrategia integral para el impulso del hidrógeno renovable, estructurada en tres ejes: producción (electrolizadores y proyectos integrados con energías renovables), fomento de la demanda (en la industria, el transporte pesado, marítimo y aéreo) e infraestructuras y cadena de valor (redes de transporte, almacenamiento y distribución).

El hidrógeno renovable, junto con los combustibles alternativos sostenibles, es clave para alcanzar la neutralidad climática, reducir la dependencia energética, crear oportunidades de empleo de alta cualificación y fortalecer la autonomía industrial y tecnológica.

Limitaciones y advertencias

1. El consenso sobre la eficacia de las políticas industriales es limitado.
2. El hidrógeno verde requiere subsidios sostenidos y mecanismos de apoyo a la demanda.
3. La red de transporte, almacenamiento y distribución del hidrógeno renovable aún está en fase inicial, lo que limita la escalabilidad.
4. El hidrógeno presenta desafíos técnicos (alta presión, inflamabilidad, corrosión) que requieren regulación específica y formación profesional.
5. La OCDE advierte de que los resultados dependen del diseño, contexto y gobernanza de las políticas industriales.
6. La implantación de proyectos puede generar oposición social y territorial si no se acompaña de procesos participativos y beneficios locales claros.
7. Debe aumentar la I+D para reducir las limitaciones de la tecnología.
8. Se ha señalado que el hidrógeno verde tiene menor eficiencia económica y energética frente a alternativas como la electrificación o la reducción del consumo, por lo que se recomienda circunscribir su despliegue a procesos industriales esenciales sin sustitutos viables.
9. La creación de grandes infraestructuras y mercados de hidrógeno plantea desafíos técnicos, costes elevados, competencia por recursos renovables y posibles impactos sociales y geoestratégicos. Por ello, se sugiere priorizar modelos locales y sostenibles, con producción vinculada a recursos renovables cercanos y demandas específicas, evitando dependencias externas y conflictos socioecológicos.

Evidencia científica y referencias

Los incentivos fiscales y las subvenciones a la I+D, combinados con políticas de transferencia de conocimiento, estimulan la innovación y la productividad.

Las subvenciones directas muestran resultados positivos en empleo e inversión, aunque su efectividad varía según el contexto y el diseño de la política.



Corporate Europe Observatory. (2025). More than 130 groups call on EU to scrap green hydrogen import targets

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). *AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023*. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>

Criscuolo, C., Gonne, N., Kitazawa, K., & Lalanne, G. (2022). *Are industrial policy instruments effective? A review of the evidence in OECD countries* (OECD Science, Technology and Industry Policy Papers No. 128). OECD Publishing. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2022/05/are-industrial-policy-instruments-effective_bcc7f967/57b3dae2-en.pdf

Criscuolo, C., Gonne, N., Kitazawa, K., & Lalanne, G. (2022). *An industrial policy framework for OECD countries: Old debates, new perspectives* (OECD Science, Technology and Industry Policy Papers No. 127). OECD Publishing. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2022/05/an-industrial-policy-framework-for-oecd-countries_233e3061/0002217c-en.pdf

Reglamento (UE) 2023/2405 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de octubre de 2023, relativo a la garantía de unas condiciones de competencia equitativas para un transporte aéreo sostenible (ReFuelEU Aviation). <https://www.boe.es/doue/2023/2405/L00001-00030.pdf>

Clean Hydrogen Joint Undertaking. (2025, August 27). Project Development Assistance (PDA) for Hydrogen Valleys. Clean Hydrogen Partnership. https://www.clean-hydrogen.europa.eu/media/news/apply-19-september-2025-project-development-assistance-pda-hydrogen-valleys-2025-08-27_en

European Commission. (2023). European Hydrogen Bank: First auction for renewable hydrogen production. Directorate-General for Energy. https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-systems-integration/hydrogen/european-hydrogen-bank_en

European Commission. (2022). IPCEI Hy2Use: Important Project of Common European Interest on hydrogen technologies. Directorate-General for Competition. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_5676

Frank Behrendt, The future of industrial hydrogen: renewable sources and applications for the next 15 years, Clean Energy, Volume 9, Issue 1, February 2025, Pages 3–8, <https://doi.org/10.1093/ce/zkae103>

Franco, A.; Rocca, M. Renewable Electricity and Green Hydrogen Integration for Decarbonization of “Hard-to-Abate” Industrial Sectors. *Electricity* 2024, 5, 471-490. <https://doi.org/10.3390/electricity5030024>

Liñán-Chacón, J. (2024). *Transición energética en España: los aspectos ambientales, sociales y culturales de los conflictos sobre los usos del suelo* (Tesis doctoral, Universidad de Granada).

MITERD. (2020). *La Hoja de Ruta del Hidrógeno*

Shafiee, R. T., & Schrag, D. P. (2024). Carbon abatement costs of green hydrogen across end-use sectors. *Joule*, 8(12), 3281-3289.

Tunn, J., Kalt, T., Müller, F., Simon, J., Hennig, J., Ituen, I., & Glatzer, N. (2024). Green hydrogen transitions deepen socioecological risks and extractivist patterns: evidence from 28 prospective exporting countries in the Global South. *Energy Research & Social Science*, 117, 103731.

Yue, M., Lambert, H., Pahon, E., Roche, R., Jemei, S., & Hissel, D. (2021). Hydrogen energy systems: A critical review of technologies, applications, trends and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 146, 111180.



10.a.8. Impulsar el desarrollo de las tecnologías para la captura, almacenamiento y uso de carbono (Carbon Capture, Utilization, and Storage, CCUS)

Descripción de la propuesta

Las tecnologías de Captura, Almacenamiento y Uso de Carbono (CCUS) podrían contribuir a reducir las emisiones industriales en algunos sectores de difícil descarbonización, como el petróleo, gasístico, acero o cemento. Estas emisiones representan más de un tercio de los gases de efecto invernadero de la industria, superando el 50 % en sectores como el cemento.

Asimismo, el CCUS podría ser combinado con la producción de combustibles sintéticos o materiales basados en carbono reciclado, ampliando las posibilidades de valorización económica del CO₂ y promoviendo una economía circular.

La implementación efectiva de las grandes infraestructuras de los CCUS requiere coordinación público-privada, acceso a marcos regulatorios estables, y apoyo financiero transitorio para facilitar la inversión inicial y garantizar la viabilidad técnica y económica de los proyectos.

Limitaciones y advertencias

- El consenso sobre la eficacia de las políticas industriales es limitado.
- Costes elevados de captura, transporte, almacenamiento e implementación, que requieren subsidios sostenidos.
- Madurez tecnológica limitada en aplicaciones industriales específicas.
- Riesgos sociales y ambientales, como la aceptación pública, la seguridad del almacenamiento geológico y el impacto en comunidades locales.
- Falta de marcos regulatorios claros y homogéneos en Europa, lo que dificulta la inversión.
- Hay una capacidad finita de almacenaje geológico de CO₂.
- Se propone considerar la CCUS como una solución residual, después de agotar las opciones de reducción de consumos no esenciales, conversión en procesos industriales sin emisiones y mejora de la eficiencia de carbono en procesos.

Evidencia científica y referencias

Aunque el consenso es limitado, se trata de una herramienta estratégica dentro de la transición ecológica de las tecnologías de Captura, Almacenamiento y Uso de Carbono (CCUS).



Bala, R., Kaur, M., Thakur, H., Kashyap, P., Karnwal, A., Malik, T., 2025. A Sociotechnical Review of Carbon Capture, Utilization, and Storage (CCUS) Technologies for Industrial Decarbonization: Current Challenges, Emerging Solution, and Future Directions. *Int. J. Chem. Eng.* 2025, 7195300. <https://doi.org/10.1155/ijce/7195300>

Criscuolo, C., Gonne, N., Kitazawa, K., & Lalanne, G. (2022). Are industrial policy instruments effective? A review of the evidence in OECD countries (OECD Science, Technology and Industry Policy Papers No. 128). OECD Publishing. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2022/05/are-industrialpolicy-instruments-effective_bcc7f967/57b3dae2-en.pdf

Criscuolo, C., Gonne, N., Kitazawa, K., & Lalanne, G. (2022). An industrial policy framework for OECD countries: Old debates, new perspectives (OECD Science, Technology and Industry Policy Papers No. 127). OECD Publishing. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2022/05/an-industrialpolicy-framework-for-oecd-countries_233e3061/0002217c-en.pdf

Gidden, M. J., Joshi, S., Armitage, J. J., Christ, A. B., Boettcher, M., Brutschin, E., ... & Rogelj, J. (2025). A prudent planetary limit for geologic carbon storage. *Nature*, 645(8079), 124-132.

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>

Nagireddi, S., Agarwal, J.R., Vedapuri, D., 2024. Carbon Dioxide Capture, Utilization, and Sequestration: Current Status, Challenges, and Future Prospects for Global Decarbonization. *ACS Eng. Au* 4, 22–48. <https://doi.org/10.1021/acsengineeringau.3c00049>

Saxena, A., Prakash Gupta, J., Tiwary, J.K., Kumar, A., Sharma, S., Pandey, G., Biswas, S., Raghav Chaturvedi, K., 2024. Innovative Pathways in Carbon Capture: Advancements and Strategic Approaches for Effective Carbon Capture, Utilization, and Storage. *Sustainability* 16, 10132. <https://doi.org/10.3390/su162210132>

Zhang, S., Shen, Y., Zheng, C., Xu, Q., Sun, Y., Huang, M., Li, L., Yang, X., Zhou, H., Ma, H., Li, Z., Zhang, Y., Liu, W., Gao, X., 2024. Recent advances, challenges, and perspectives on carbon capture. *Front. Environ. Sci. Eng.* 18, 75. <https://doi.org/10.1007/s11783-024-1835-0>

10.a.9. Promover el turismo sostenible y resiliente frente al cambio climático

Descripción de la propuesta

El sector turístico es altamente vulnerable a los impactos del cambio climático, como olas de calor, incendios forestales, incremento del nivel del mar y fenómenos meteorológicos extremos. En España, las olas de calor han aumentado en frecuencia, duración e intensidad a lo largo de las últimas seis décadas. Esto, junto a fenómenos como el aumento generalizado de la temperatura media, temperaturas extremas o aumento de noches tropicales, pueden llegar a modificar significativamente el modelo turístico afectando al confort térmico de las personas visitantes. Esto puede ocasionar una redistribución temporal y espacial de la demanda turística, no sólo por los cambios en las temperaturas del destino, sino también por los nuevos escenarios climáticos en el país de origen. Además, la capacidad de adaptación de la demanda turística ante nuevas condiciones climáticas también tiene que ver con factores sociodemográficos como la edad, el género o el país de residencia.



La propuesta busca promover un turismo sostenible, resiliente, mediante la adopción de medidas integrales (el denominado turismo verde y azul):

- Certificación de sostenibilidad para destinos turísticos: acreditar alojamientos, actividades y servicios turísticos que cumplan criterios de eficiencia energética, reducción de emisiones y gestión sostenible del agua y residuos.
- Infraestructura climáticamente resiliente y baja en carbono: incentivos para renovar hoteles, puertos deportivos y equipamientos turísticos implantando energías renovables, materiales sostenibles y sistemas de adaptación climática (p. ej., protección frente a inundaciones, incendios y olas de calor).
- Fomento del turismo natural y de proximidad: promoción de rutas verdes, ecoturismo, senderismo, cicloturismo y turismo rural, incluidas Reservas de la Biosfera, contribuyendo a la descongestión de zonas masificadas, a la desestacionalización y a la diversificación económica. Además, las Reservas de la Biosfera pueden actuar como laboratorios de buenas prácticas resilientes para la conservación de la biodiversidad y la creación de empleo y emprendimiento verde.
- Digitalización y gestión de la demanda turística: uso de plataformas inteligentes para monitorizar flujos de visitantes, optimizar la ocupación y reducir impactos ambientales.
- Formación y sensibilización: capacitación de empresas, trabajadores turísticos y personas emprendedoras en prácticas sostenibles y adaptación climática, así como campañas de concienciación para turistas.

La evidencia indica que la transición hacia un turismo sostenible no solo reduce las emisiones del sector y protege los recursos naturales, sino que también mejora la competitividad y la resiliencia económica de los destinos, contribuyendo a la permanencia de empleo y la diversificación de la oferta turística.

Limitaciones y advertencias

- La certificación de sostenibilidad requiere criterios claros y verificables, aún poco armonizados entre destinos.
- El turismo de proximidad y naturaleza puede generar presión ambiental si no se gestiona con límites de carga y conservación activa. Es clave evitar problemas ambientales, sociales, o gentrificación.
- La digitalización turística necesita interoperabilidad de datos y protección de la privacidad, aún poco desarrolladas en muchos destinos.

Evidencia científica y referencias

Declaración de Glasgow: un compromiso con una década de Acción Climática en el turismo (2021). UN Tourism. https://www.oneplanetnetwork.org/sites/default/files/2022-02/GlasgowDeclaration_ES_0.pdf



Dogru, T., Marchio, E.A., Bulut, U., Suess, C., 2019. Climate change: Vulnerability and resilience of tourism and the entire economy. *Tour. Manag.* 72, 292–305. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2018.12.010>

Fundación Biodiversidad (2023). Empleo y transición ecológica: Yacimientos de empleo y retos formativos vinculados a la biodiversidad y el cambio climático en España. Madrid: MITECO. PDF

Informe CLIVAR-SPAIN sobre el clima en España. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. 2024. https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/2024_INFORME_CLIVAR-SPAIN.pdf

Jarratt, D., Davies, N.J., 2020. Planning for Climate Change Impacts: Coastal Tourism Destination Resilience Policies. *Tour. Plan. Dev.* 17, 423–440. <https://doi.org/10.1080/21568316.2019.1667861>

León, C.J., Giannakis, E., Zittis, G., Serghides, D., Lam-González, Y.E., García, C., 2023. Tourists' Preferences for Adaptation Measures to Build Climate Resilience at Coastal Destinations. Evidence from Cyprus. *Tour. Plan. Dev.* 20, 973–999. <https://doi.org/10.1080/21568316.2021.1958914>

MITECO – Programa MaB (2024). Red Española de Reservas de la Biosfera. Madrid: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. <https://rerb.oapn.es>

OMT (2020). Recomendaciones para el desarrollo del turismo rural. Madrid: Organización Mundial del Turismo. <https://www.unwto.org/es/desarrollo-turismo-rural>

Padash, A., De Tombe, D., 2025. Smart and Sustainable: Leveraging Innovation and Circular Economy Principles to Rebuild Climate-Resilient Tourism. *Environ. Energy Econ. Res.* 9, eS099. <https://doi.org/10.22097/eeer.2025.532141.1371>

Policy Guidance to Support Climate Action by National Tourism Administrations (2024). UN Tourism. <https://www.oneplanetnetwork.org/sites/default/files/from-crm/Policy%2520Guidance%2520to%2520Support%20Climate%20Action%20by%20National%20Tourism%20Administration%20s%20FV%20compressed.pdf>

RERB – OAPN (2022). Estrategia de Turismo Sostenible en la Red Española de Reservas de la Biosfera. Madrid: Organismo Autónomo Parques Nacionales. PDF

Scott, D., 2021. Sustainable Tourism and the Grand Challenge of Climate Change. *Sustainability* 13, 1966. <https://doi.org/10.3390/su13041966>

Scott, D., Hall, C.M., Gössling, S., 2019. Global tourism vulnerability to climate change. *Ann. Tour. Res.* 77, 49–61. <https://doi.org/10.1016/j.annals.2019.05.007>

UNESCO (2023). Spanish Biosphere Reserves Tackle Climate Change Through Sustainable Mobility and Education. París: UNESCO. <https://www.unesco.org/en/articles/spanish-biosphere-reserves-tackle-climate-change-through-sustain...>

Zovko, M., Marković Vukadin, I., Zovko, D., 2025. Understanding the IPCC Climate Risk-Centered Framework and Its Applications to Assessing Tourism Resilience. *Geographies* 5, 45. <https://doi.org/10.3390/geographies5030045>

Sánchez-Hernández, M. I. & Maldonado-Briegas, J. J. (2023). Becoming a Developed and Sustainable Destination: La Siberia Biosphere Reserve in Spain. *Heritage*, 6(11), 7140-7155. <https://doi.org/10.3390/heritage6110373>



10.a.10. Reforzar la planificación energética existente para 2030 y 2050 y consensuar los objetivos intermedios para 2035 y 2040

Descripción de la propuesta

La transición energética requiere certidumbre a largo plazo. Se propone reforzar los objetivos a 2030 y 2050. Aunque estos ya están fijados por el PNIEC 2021-2030 y la ELP 2050 y la Ley de Cambio Climático, reforzar y reafirmar estos compromisos a nivel político, empresarial y social sería positivo ya que su cumplimiento implica un gran reto para el país. En estos momentos, una vía de avance sería consensuar los objetivos a fijar en 2030, 2035 y 2040. Sería conveniente alinear este marco con los compromisos europeos (PNIEC y objetivos de la UE a 2040) de forma que antes de reclamar más ambición a la UE, tengamos unos objetivos propios reforzados. La estabilidad y predictibilidad de la política energética aumentan la confianza de los inversores y facilitan la aceptación social.

Acciones clave:

1. Revisión al alza de los objetivos europeos y nacionales de reducción de emisiones: elevar el compromiso actual hasta un 65% menos emisiones en 2030 respecto a 1990, alineando España con la senda más ambiciosa del Acuerdo de París.
2. Establecimiento de objetivos climáticos territoriales basados en presupuestos de carbono:
 - Definir presupuestos máximos de emisiones para cada nivel administrativo (nacional, regional, municipal).
 - Impulsar que todos los territorios declaren objetivos SMART (específicos, medibles, alcanzables, realistas y con horizonte temporal) con una senda clara hacia la neutralidad.
 - Proporcionar guías metodológicas y herramientas digitales para calcular inventarios completos (incluyendo alcance 3) y monitorizar el cumplimiento.
3. Refuerzo de políticas para reducir la contaminación atmosférica urbana.
4. Para garantizar la coherencia y efectividad del PNIEC, se propone dotarlo de un calendario que incluya planificación económica, tecnológica, regulatoria y laboral para la retirada progresiva de tecnologías fósiles y procesos emisores, priorizando criterios de equidad y utilidad pública. Este calendario se apoyaría en una auditoría nacional de emisiones que permita identificar oportunidades de mitigación en consumos no esenciales y asegurar una transición justa, evitando resistencias sociales.



A través de estas acciones, se espera una reducción acelerada de emisiones y mejora sustancial de la calidad del aire y obtener cobeneficios en salud pública y credibilidad internacional de España en acción climática.

Limitaciones y advertencias

1. Requiere inversiones iniciales en transporte y energía limpia.
2. Posible resistencia en sectores económicos afectados, y posibles efectos de respuesta social.
3. Necesidad de sistemas robustos de seguimiento (MRV) y coordinación multinivel.
4. La reducción del 65% es ambiciosa, porque en 2024 la reducción es del 5% (habría que reducir las emisiones a la mitad en 5 años).

Evidencia científica y referencias

Alcaraz, O. et al. (2018). Distributing the Global Carbon Budget with climate justice criteria. *Climatic Change*, 149: 131–145, <https://doi.org/10.1007/s10584-018-2224-0>.

Dai, J., Farooq, U., & Alam, M. M. (2025). Navigating energy policy uncertainty: Effects on fossil fuel and renewable energy consumption in G7 economies. *International Journal of Green Energy*, 22(2), 239-252. <https://doi.org/10.1080/15435075.2024.2413676>

European Commission. (2023). EU Climate Law. Brussels.

Haynes, R., & Benjamin, L. (2024). "Chapter 7: Ambition-raising and ambition-reducing features of the Paris Agreement". In *Research Handbook on the Law of the Paris Agreement*. Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing, <https://doi.org/10.4337/9781800886742.00012>

IPCC. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>.

IPCC. (2023). AR6 Synthesis Report. Geneva.

Jin, Y., Li, H., & Lu, J. (2024). How does energy policy uncertainty perception affect corporate greenwashing behaviors? Evidence from China's energy companies. *Energy*, 306, 132403. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.132403>

Meo, M. S., Erum, N., & Ayad, H. (2024). Understanding how climate preferences, environmental policy stringency, and energy policy uncertainty shape renewable energy investments in Germany. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 26(12), 4483-4503. <https://doi.org/10.1007/s10098-024-02876-1>

Peters R, Ee N, Peters J, Booth A, Mudway I, Anstey KJ. Air Pollution and Dementia: A Systematic Review. *J Alzheimers Dis*. 2019;70(s1):S145-S163. doi: 10.3233/JAD-180631. [GGS2] Doran, G.T. (1981). There's a S.M.A.R.T. Way to Write Managements Goals and Objectives. *Management Review*, 70, 35-36.

Radua J, et al. Impact of air pollution and climate change on mental health outcomes: an umbrella review of global evidence. *World Psychiatry*. 2024;23(2):162-178, DOI: [10.1002/wps.21219](https://doi.org/10.1002/wps.21219).

Suárez-Eiroa, Brais, David Soto-Oñate y María Loureiro (2024). The responsibility of the EU in climate change mitigation: assessing the fairness of its recent targets, *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 29: 93, <https://doi.org/10.1007/s11027-024-10180-y>.



Tukker, A., Pollitt, H., y Henkemans, M. (2020). Consumption-based carbon accounting: sense and sensibility, *Climate Policy*, 20, S1–S13, <https://doi.org/10.1080/14693062.2020.1728208>.

Van der Berg et al. (2020). Implications of various effort-sharing approaches for national carbon budgets and emission pathways. *Climatic Change*, 62: 1805–1822, <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02368-y>.

York, R., & Bell, S. E. (2019). Energy transitions or additions?: Why a transition from fossil fuels requires more than the growth of renewable energy. *Energy research & social science*, 51, 40-43.

10.a.11. Acelerar la inversión en redes inteligentes y almacenamiento

Descripción de la propuesta

La descarbonización del sector eléctrico es un pilar clave de la transición. La electrificación de la demanda (transporte, climatización, procesos industriales) es otro pilar central adicional. Aunque en el sector eléctrico el avance con renovables está siendo muy sustancial, existe un amplio consenso en el sector energético respecto de la necesidad en estos momentos de acelerar las inversiones en redes eléctricas y su modernización y refuerzo, así como en el despliegue de sistemas de almacenamiento, que permitan integrar mayores volúmenes de generación renovable y atender el aumento de la demanda. En paralelo, será clave potenciar la gestión de la flexibilidad por parte de agregadores y operadores de demanda, de manera que puedan movilizar consumos, desplazar cargas y complementar funcionalmente las inversiones en almacenamiento, podría reducir así la necesidad de sobredimensionar la infraestructura física. Asimismo, el desarrollo de un marco regulatorio adecuado es importante para equilibrar generación y almacenamiento, evitando *curtailment*.

Un enfoque equilibrado entre generación, redes, almacenamiento y flexibilidad permitirá maximizar el valor de las renovables y asegurar su integración plena.

Resulta, por tanto, recomendable impulsar un plan coordinado para acelerar estos objetivos, basado en un marco de incentivos claro y predecible. Si bien el MITECO ya trabaja intensamente en esta dirección, alcanzar acuerdos amplios y estables a largo plazo es importante, especialmente teniendo en cuenta que esta demanda es compartida por múltiples comunidades autónomas.

Limitaciones y advertencias

La integración de agregadores y recursos de flexibilidad precisa de una coordinación estrecha con la regulación del mercado europeo, en particular con el Clean Energy Package y la reforma del diseño del mercado eléctrico, para evitar inconsistencias entre normativas nacionales y comunitarias. Persisten



además desafíos importantes como la definición clara de responsabilidades técnicas, especialmente en materia de balance y reparto de riesgos, la garantía de un acceso no discriminatorio a los mercados y la necesidad de resolver cuestiones de interoperabilidad y disponibilidad de datos en tiempo real, esenciales para la participación activa de la demanda. Sin marcos estables, roles bien definidos y estándares de datos comunes, el despliegue efectivo de agregadores podría verse limitado y generar fricciones con los agentes tradicionales del sistema eléctrico

Evidencia científica y referencias

IEA. (2025). World Energy Outlook 2024. Paris.

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.

European Commission. (2023). REPowerEU Plan. Brussels.

European Commission. (2023). Proposal for a reform of the EU electricity market design. Publications Office of the European Union

Monitor Deloitte y ALEC (2025) Reconectando el futuro: Redes eléctricas para una España más competitiva, Madrid.

Degirmenci, T., & Yavuz, H. (2024). Environmental taxes, R&D expenditures and renewable energy consumption in EU countries: Are fiscal instruments effective in the expansion of clean energy? Energy, 299, 131466. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.131466>

Emrani, A., & Berrada, A. (2024). A comprehensive review on techno-economic assessment of hybrid energy storage systems integrated with renewable energy. Journal of Energy Storage, 84, 111010. <https://doi.org/10.1016/j.est.2024.111010>

Jafarizadeh, H., Yamini, E., Zolfaghari, S. M., Esmailion, F., Assad, M. E. H., & Soltani, M. (2024). Navigating challenges in large-scale renewable energy storage: Barriers, solutions, and innovations. Energy Reports, 12, 2179-2192. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2024.08.019>

Rosales-Asensio, E., Diez, D. B., & Sarmiento, P. (2024). Electricity balancing challenges for markets with high variable renewable generation. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 189, 113918. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113918>

10.a.12. Promover las comunidades energéticas locales para resiliencia, ahorro y justicia energética

Descripción de la propuesta

Se propone un programa nacional para desplegar comunidades energéticas locales y sistemas de autoconsumo con almacenamiento distribuido en viviendas urbanas, como estrategia clave para fortalecer la resiliencia climática, reducir



emisiones y avanzar hacia la justicia energética, pues las soluciones comunitarias ofrecen mejores resultados en términos de eficiencia y equidad.

Las comunidades energéticas permiten que ciudadanos, administraciones y pequeñas empresas compartan instalaciones de generación renovable (principalmente solar fotovoltaica), gestionen colectivamente su consumo y reduzcan su dependencia de grandes compañías eléctricas. Se plantea crear al menos una comunidad energética por comarca, con incentivos fiscales, asistencia técnica y prioridad para hogares vulnerables.

Complementariamente, se propone instalar sistemas fotovoltaicos con baterías de ion-litio en cubiertas residenciales, especialmente en edificios de baja y media altura. Esta medida permite:

1. Minimizar el riesgo climático y energético: identificando cubiertas con alto potencial solar y diseñando sistemas óptimos para reducir la dependencia de la red eléctrica, especialmente en zonas vulnerables a olas de calor o frío.
2. Gestionar el evento climático extremo o energético: manteniendo servicios esenciales (refrigeración, calefacción, iluminación, comunicación) durante interrupciones eléctricas mediante control inteligente de carga.
3. Facilitar la recuperación posevento: apoyando la reconexión gradual de servicios y estabilizando la red urbana tras apagones o sobrecargas, reduciendo el impacto económico y social.

Se recomienda fomentar baterías comunitarias en edificios plurifamiliares, revisar la normativa de seguridad, y desarrollar indicadores de resiliencia como autonomía diaria y cobertura de servicios críticos.

Adicionalmente, se ha propuesto incluir otras medidas de adaptación climática en edificios en el citado programa de comunidades energéticas, como pintar tejados de blanco para reducir la radiación, instalar sistemas de recolección de agua de lluvia, bombas de calor dimensionadas a escala de edificio (con COP superior y menor demanda) o incorporar baterías comunitarias. Se señala que estas actuaciones podrían gozar del mismo marco normativo que la fotovoltaica colectiva, aplicando las mayorías reducidas previstas en el art. 17 de la Ley de Propiedad Horizontal, que permite su aprobación sin unanimidad, facilitando así su despliegue en edificios urbanos y ampliando el acceso de hogares vulnerables a estas medidas.

Limitaciones y advertencias

La independencia energética total no es viable con la tecnología actual de ion-litio; el almacenamiento diario es eficaz, pero el estacional resulta antieconómico. Además, existen riesgos de seguridad (incendios, propagación rápida) que



requieren regulación específica, por eso, las actuaciones de prevención y el buen mantenimiento de estas infraestructuras cobran cada día una mayor relevancia y urgencia a medida que avanza su implantación a gran escala.

Otra limitación es la dificultad en el despliegue de medidas descentralizadas, que dependen de acuerdos vecinales en el caso de edificios y que, en general, exigen un desembolso inicial importante además de una cierta complejidad en la gestión de las ayudas. El acceso a programas renovables y de eficiencia energética también podrían simplificarse y hacerse más asequibles para llegar a los colectivos más vulnerables.

En lo que se refiere a las medidas como los tejados blancos, los sistemas de recolección de agua de lluvia, etc., el grado de acuerdo sobre las mismas es elevado, aunque la evidencia científica disponible es aún moderada. Además, estas presentan ciertas limitaciones como problemas a nivel técnico (p.ej.: en la recolección del agua de lluvia: problemas de calidad del agua), dependencia del entorno y contexto para un funcionamiento óptimo, o requerimiento de una combinación de medidas para maximizar sus efectos. Además, existen otras barreras que dificultan la aplicabilidad de estas medidas: el coste económico asociado puede acarrear la oposición de los propietarios, y es complejo definir el nivel de resiliencia climática requerida y la adecuación a las variaciones estacionales verano-invierno.

Evidencia científica y referencias

Aparisi-Cerdá, I., Manso-Burgos, Á., Ribó-Pérez, D., Sommerfeldt, N., Gómez-Navarro, T., 2024. Panel or check? Assessing the benefits of integrating households in energy poverty into energy communities. *Sustain. Energy Technol. Assess.* 71, 103970. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2024.103970>

Biernat-Jarka, A., Trębska, P., Jarka, S., 2021. The Role of Renewable Energy Sources in Alleviating Energy Poverty in Households in Poland. *Energies* 14, 2957. <https://doi.org/10.3390/en14102957>

Boostani, P., Pellegrini-Masini, G., Klein, J., 2024. The Role of Community Energy Schemes in Reducing

European Commission, 2023. EU-level technical guidance on adapting buildings to climate change: Best Practice Guidance (Technical Guidance). European Union.

Energy Poverty and Promoting Social Inclusion: A Systematic Literature Review. *Energies* 17, 3232. <https://doi.org/10.3390/en17133232>

Campagna, L., Rancilio, G., Radaelli, L., Merlo, M., 2024. Renewable energy communities and mitigation of energy poverty: Instruments for policymakers and community managers. *Sustain. Energy Grids Netw.* 39, 101471. <https://doi.org/10.1016/j.segan.2024.101471>

Ceglia, F., Marrasso, E., Samanta, S., Sasso, M., 2022. Addressing Energy Poverty in the Energy Community: Assessment of Energy, Environmental, Economic, and Social Benefits for an Italian Residential Case Study. *Sustainability* 14, 15077. <https://doi.org/10.3390/su142215077>



Cutore, E., Volpe, R., Sgroi, R., Fichera, A., 2023. Energy management and sustainability assessment of renewable energy communities: The Italian context. *Energy Convers. Manag.* 278, 116713. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2023.116713>

Parreño-Rodríguez, A., Ramallo-González, A.P., Chinchilla-Sánchez, M., Molina-García, A., 2023. Community energy solutions for addressing energy poverty: A local case study in Spain. *Energy Build.* 296, 113418. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113418> Rodríguez-Alvarez, A., Llorca, M., Jamasb, T., 2021. Alleviating energy poverty in Europe: Front-runners and laggards. *Energy Econ.* 103, 105575. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105575>

10.a.13. Impulsar el autoconsumo solar en cubiertas urbanas con tecnología adaptada al clima

Descripción de la propuesta

La propuesta plantea un plan para el despliegue de paneles solares fotovoltaicos en tejados y azoteas de viviendas, edificios públicos, centros comerciales, naves industriales y polígonos logísticos. Se trata de superficies artificiales, soleadas y actualmente desaprovechadas, que pueden convertirse en espacios clave para la generación distribuida de energía renovable.

El enfoque busca producir energía allí donde se consume, reduciendo pérdidas en el transporte eléctrico, abaratando la factura energética y mejorando el aislamiento térmico de los edificios. Además, se propone el uso de tecnologías solares avanzadas que minimicen el efecto isla de calor (UHI), como los paneles bifaciales en orientación vertical y superficies de alta reflectividad, desarrolladas por el CSIC y otras entidades. Esto es importante para evitar que los paneles solares contribuyan al calentamiento local.

Impactos esperados:

1. Reducción del estrés térmico y mejora de la salud pública.
2. Disminución de la demanda energética y de emisiones asociadas.
3. Mejora del confort urbano y habitabilidad en espacios públicos.
4. Contribución a la mitigación del cambio climático.
5. Promoción de la equidad territorial en la adaptación climática.

En zonas donde la fotovoltaica convencional de silicio no puede instalarse debido a diferentes limitaciones, se propone acudir a las tecnologías fotovoltaicas emergentes ultraligeras y flexibles, como la fotovoltaica orgánica (OPV) y dispositivos semitransparentes avanzados. Estas tecnologías permiten ampliar el potencial de autoconsumo urbano, mejorar la adaptación al clima y minimizar el calentamiento de cubiertas. Además, se ha propuesto permitir por ley la instalación de paneles solares sobre las barandillas de los balcones (en muchas ciudades está prohibido por cuestiones de estética).

Limitaciones y advertencias



La instalación de placas solares en edificios puede aumentar su temperatura. Se necesitan tecnologías adaptadas para evitar el calentamiento de las cubiertas, como las desarrolladas por el CSIC.

Igualmente, encontramos la dificultad en el despliegue de medidas descentralizadas, que dependen de acuerdos vecinales en el caso de edificios y que, en general, exigen un desembolso inicial importante además de una cierta complejidad en la gestión de las ayudas. También se recomienda que el acceso a programas renovables y de eficiencia energética también se simplifique y se hagan más asequibles para llegar a los colectivos más vulnerables.

En cuanto a la OPV, su eficiencia actual es inferior al silicio, por lo que se recomienda priorizar su uso en superficies donde no es viable la FV convencional.

La estabilidad en exterior es menor. Se requiere homologación específica en normativa de edificación para facilitar su adopción.

Evidencia científica y referencias

CSIC. (2023). Soluciones solares urbanas para la adaptación climática. FutureVoltaics. <https://www.futurevoltaics.com>

Fassbender, E., Knaack, U., & Klein, T. (2023). Impacts of rooftop photovoltaics on the urban thermal microclimate: Metrological investigations. *Buildings*, 13(9), 2339. <https://doi.org/10.3390/buildings13092339>

Gilabert, J., Ruiz, M., & Martí, P. (2021). Abating heat waves in a coastal Mediterranean city: What can cool roofs and vegetation contribute? *Urban Climate*, 37, 100863. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100863>

Hidalgo-García, D., Hidalgo-Muñoz, A. R., & García-Cano, I. (2023). Variability of heat stress using the UrbClim climate model in the city of Seville (Spain): Mitigation proposal. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(9), 1164. <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11664-4>

Kong, J., Wang, Y., & Zhang, Y. (2021). Urban heat island and its interaction with heatwaves: A review of studies on mesoscale. *Sustainability*, 13(19), 10923. <https://doi.org/10.3390/su131910923>

10.a.14. Anticipar riesgos climáticos, hídricos y de materias primas críticas que pueden comprometer la transición ecológica y la estabilidad territorial, reforzando la autonomía estratégica de España y la UE

Descripción de la propuesta

Se propone monitorizar datos climáticos, hídricos y de materias primas, identificar zonas vulnerables y cuellos de botella, y generar alertas tempranas y escenarios estratégicos para orientar decisiones políticas y económicas. Instrumentos:



1. Mapas de riesgo por cuenca hidrográfica, hasta la costa, y por cadena de suministro.
2. Indicadores clave (KPI): por ejemplo, estrés hídrico, dependencia de proveedores únicos o exposición territorial. La ERICC podría aportar más indicadores.
3. Informes estratégicos para priorizar inversiones, diversificar suministros y planificar infraestructuras críticas. Los estudios socioeconómicos más recientes de la Comisión Europea indican que, durante los próximos treinta años, la demanda de materias primas críticas aumentará de forma sostenida. El éxito de la Unión Europea en su proceso de transformación y modernización económica dependerá de su capacidad para garantizar, de manera sostenible, el suministro de materias primas primarias y secundarias necesarias para la expansión de las tecnologías limpias y digitales en todos los ecosistemas industriales.

En este contexto, incluso un reciclaje totalmente eficiente de los recursos existentes sería insuficiente para cubrir las necesidades proyectadas. Por ello, sería conveniente que las estrategias de abastecimiento incluyesen la generación de nuevo conocimiento geocientífico y la identificación de yacimientos minerales tanto “convencionales” como “no convencionales”. En el ámbito europeo, los recursos minerales del subsuelo español pueden desempeñar un papel clave en la reducción de la dependencia exterior.

Para avanzar en esta dirección, se están habilitando diversos instrumentos de financiación procedentes de fondos europeos, orientados a reforzar la seguridad de suministro y la eficiencia en la gestión de las materias primas críticas. Uno de los retos esenciales consiste en impulsar la investigación y la innovación a lo largo de toda la cadena de valor de estos recursos. Entre las acciones estratégicas prioritarias destaca el desarrollo de modelos metalogenéticos avanzados que proporcionen guías más precisas para la exploración y explotación de yacimientos.

De forma complementaria, se plantea la necesidad de diversificar las tecnologías fotovoltaicas empleadas en España, promoviendo opciones emergentes que contribuyan a disminuir la dependencia de materias primas críticas y refuercen la resiliencia del sistema energético.

Además, se establecerán protocolos interministeriales (agua, energía, industria, exteriores, defensa) y criterios geoestratégicos en compras públicas y concesiones, alineados con el Critical Raw Materials Act y la Estrategia Europea de Adaptación. Esto permitirá anticipar conflictos, reducir riesgos y reforzar la resiliencia colectiva.



Impacto esperado: Alta capacidad de anticipación, reducción de vulnerabilidades y mejora de la autonomía estratégica europea, con beneficios directos en seguridad energética, cohesión territorial y estabilidad socioeconómica.

Limitaciones y advertencias

1. Riesgo de duplicar estructuras existentes: integrarse con plataformas europeas.
2. Requiere financiación estable y perfiles especializados en análisis geopolítico y datos.
3. Posibles tensiones sociales en proyectos de minería: aplicar criterios ESG y participación temprana.

Evidencia científica y referencias

Estrategia de Seguridad Climática y Ambiental del SEAE (2023): https://www.eeas.europa.eu/eeas/climate-action_en

Pacto Verde Europeo (European Green Deal, 2019): https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en

Estrategia Europea de Adaptación al Cambio Climático (2021): https://climate.ec.europa.eu/eu-action/adaptation-and-resilience-climate-change/eu-adaptation-strategy_en

Critical Raw Materials Act (2024): https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials/critical-raw-materials-act_en

Borozan, D. (2024). Do geopolitical and energy security risks influence carbon dioxide emissions? Empirical evidence from European Union countries. *Journal of Cleaner Production*, 439, 140834. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.140834>

Bremberg, N., & Michalski, A. (2024). *The European Union Climate Diplomacy: Evolving Practices in a Changing Geopolitical Context*. <https://doi.org/10.1163/1871191x-bja10188>

Hoffart, F. M., D'Orazio, P., Holz, F., & Kemfert, C. (2024). Exploring the interdependence of climate, finance, energy, and geopolitics: A conceptual framework for systemic risks amidst multiple crises. *Applied Energy*, 361, 122885. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2024.122885>

Khan, K., Khurshid, A., & Cifuentes-Faura, J. (2023). Is geopolitics a new risk to environmental policy in the European union? *Journal of Environmental Management*, 345, 118868. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118868>

10.a.15. Promover la movilidad sostenible y la electrificación inclusiva

Descripción de la propuesta

La propuesta plantea una estrategia integral para transformar la movilidad urbana y rural.



Acciones clave:

1. Electrificación inclusiva del transporte

- Desplegar infraestructura de recarga en municipios pequeños y áreas rurales para garantizar acceso universal a la movilidad eléctrica.
- Renovar flotas públicas y de servicios esenciales (sanidad, educación, logística municipal) hacia tecnologías cero emisiones, priorizando vehículos eléctricos.
- Incentivar la electrificación temprana de flotas públicas por su efecto demostración positivo en la adopción ciudadana.

2. Transporte público sostenible y movilidad activa

- Acelerar la electrificación del transporte público (autobuses, taxis regulados) y ampliar la red de transporte colectivo para reducir el uso del coche privado.
- Fomentar el uso de la bicicleta mediante carriles seguros, aparcamientos y sistemas de bicicleta compartida.
- Introducir bonos de transporte público subvencionados para hacerlo más asequible y atractivo.

3. Medidas complementarias

- Integrar criterios de equidad en todos los programas, priorizando zonas vulnerables y municipios con riesgo de despoblación.
- Coordinar con planes urbanos para avanzar hacia ciudades de 15 minutos, reduciendo desplazamientos innecesarios.
- Con el fin de fomentar desplazamientos laborales más sostenibles, se propone valorar la incorporación gradual de instalaciones básicas para ciclistas en centros de trabajo de mayor tamaño, así como la revisión de las políticas de estacionamiento gratuito en determinados edificios públicos. Estas medidas, acompañadas de reinversiones en acciones de sostenibilidad y con las excepciones necesarias para garantizar la equidad, podrían contribuir a favorecer alternativas de movilidad más eficientes sin generar cargas desproporcionadas para empleados o administraciones.

Mecanismos de implementación:

Se contempla el uso del Plan Nacional de Infraestructura de Recarga, incentivos para flotas públicas, bonos de transporte, coordinación con planes urbanos.

A través de esta medida se podría alcanzar:



1. Reducción significativa de emisiones del transporte, mejora de la calidad del aire y disminución de la mortalidad y morbilidad asociada a contaminación (además, de forma indirecta, reduciría costes en el sistema de salud).
2. Mayor cohesión territorial y acceso equitativo a soluciones de movilidad limpia.

Limitaciones y advertencias:

1. Costes iniciales elevados en infraestructura y renovación de flotas: mitigables con fondos europeos y contratos por diferencia.
2. Necesidad de coordinación entre administraciones y operadores privados.
3. Riesgo de baja adopción en zonas rurales si no se acompaña de incentivos y campañas informativas.

Evidencia científica y referencias

La electrificación del transporte público y privado es una de las estrategias más respaldadas por la comunidad científica para reducir emisiones del sector transporte, que representa hasta un 25% de las emisiones globales de GEI.

IPCC AR6: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/> [electrificación del transporte como medida clave de mitigación].

EEA (2024): Sustainability of Europe's mobility systems, <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/sustainability-of-europes-mobility-systems> [beneficios sanitarios por reducción de PM2.5 en áreas urbanas].

IEA, 2023: World Energy Outlook, <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>, [estudios sobre efecto demostración de flotas públicas].

Ercan, T., Onat, N. C., Keya, N., Tatari, O., Eluru, N., & Kucukvar, M. (2022). Autonomous electric vehicles can reduce carbon emissions and air pollution in cities. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 112, 103472. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2022.103472>.

Razmjoo, A., Ghazanfari, A., Jahangiri, M., Franklin, E., Denai, M., Marzband, M., Astiaso Garcia, D., & Maheri, A. (2022). A Comprehensive Study on the Expansion of Electric Vehicles in Europe. *Applied Sciences*, 12(22), 11656. <https://doi.org/10.3390/app122211656>.

Ruggieri, R., Ruggeri, M., Vinci, G., & Poconi, S. (2021). Electric Mobility in a Smart City: European Overview. *Energies*, 14(2), 315. <https://doi.org/10.3390/en14020315>.

10.a.16. Impulsar la investigación en combustibles sostenibles y control de emisiones urbanas y de metano

La propuesta plantea tres líneas estratégicas para avanzar hacia la neutralidad climática:

1. Catalizadores y procesos basados en biomasa:



- Impulsar I+D en catalizadores eficientes y procesos que transformen biomasa en combustibles sostenibles y químicos verdes, reduciendo la dependencia de combustibles fósiles y la huella de carbono.
- Crear programas de financiación para proyectos que integren producción sostenible y escalabilidad industrial.

2. Combustibles sostenibles para aviación (SAF):

- Continuar la investigación en SAF con baja o nula aportación de CO₂ fósil, evaluando su impacto en la calidad del aire y en la reducción de emisiones globales del transporte aéreo.
- Establecer pilotos en aeropuertos estratégicos y definir estándares técnicos para certificación y seguridad.

3. Reducción de emisiones de metano en áreas urbanas:

- Reforzar la vigilancia y control de emisiones de metano asociadas a la gestión de residuos sólidos urbanos (RSU), especialmente en grandes aglomeraciones.
- Implementar tecnologías de captura y aprovechamiento energético del biogás, integradas en planes municipales de economía circular.
- Considerar las plantas de biogás como infraestructuras estratégicas que aportan energía renovable en emergencias. .

Limitaciones y advertencias

- Costes elevados en desarrollo y certificación de SAF: mitigables con fondos europeos y alianzas público-privadas.
- Necesidad de armonización normativa para catalizadores y biocombustibles.
- Complejidad técnica en la monitorización de metano: requiere inversión en sensores y sistemas digitales.
- La producción de biocombustibles a escala mundial se fundamenta básicamente en cultivos primarios, desplazando tierras de cultivo, fertilizantes, agua, recursos humanos y técnicos que de otra forma servirían para cultivos alimentarios, afectando los precios de la cesta básica.

Asimismo, la producción de biocombustibles en base a cultivos primarios incentiva la deforestación y la apropiación antrópica de suelo y producción primaria, con efectos sobre la biodiversidad, integridad de los ecosistemas y el sistema climático. La conversión de tierras para combustibles genera conflictos socioecológicos alrededor del mundo, sobre todo en las zonas tropicales del Sur Global.



Los índices de retorno energético (EROI) de los biocombustibles son muy cercanos, o incluso inferiores en algunos casos, a 1. Esto significa que los biocombustibles necesitan una aportación energética, en muchos casos a base de combustibles fósiles,

Para los SAF en particular, existen proyectos incipientes de reciclaje de residuos orgánicos, esencialmente aceites de cocina, como materia prima. Aunque este proceso industrial no conlleva los impactos de los biocombustibles generales, las fuentes sostenibles para la producción de SAF tan sólo podrían sustituir el 5,5% del consumo de queroseno proyectado para 2030 en la UE.

Evidencia científica y referencias

El desarrollo de combustibles sostenibles para aviación (SAF) está ampliamente respaldado por organismos como la Agencia Internacional de Energía (IEA), la OACI y la AESA. Se considera una estrategia clave para descarbonizar el transporte aéreo, especialmente en vuelos de largo alcance donde la electrificación no es viable. La captura y aprovechamiento del metano urbano, especialmente en la gestión de residuos sólidos urbanos, es reconocida por el IPCC y la Iniciativa Global de Metano como una de las medidas más eficaces y urgentes para mitigar el cambio climático. La transformación de biomasa en combustibles verdes mediante catálisis cuenta con un respaldo sólido en la literatura científica y técnica. Investigadores como Avelino Corma y grupos como el ITQ (UPV-CSIC) han desarrollado catalizadores sostenibles que permiten procesos eficientes y escalables.

Bausano, G., Masiero, M., Migliavacca, M., Pettenella, D., & Rougieux, P. (2023). Food, biofuels or cosmetics? Land-use, deforestation and CO₂ emissions embodied in the palm oil consumption of four European countries: a biophysical accounting approach. *Agricultural and Food Economics*, 11(1), 35. Koh, L. P., & Ghazoul, J. (2008). Biofuels, biodiversity, and people: understanding the conflicts and finding opportunities. *Biological conservation*, 141(10), 2450-2460.

D.S.Sholl et al., Seven chemical separations to change the world, *Nature*, 2016, 532, 435–437; H, <https://doi.org/10.1038/533316a>.

Furukawa et al., The chemistry and applications of metal–organic frameworks, *Science*, 2013, 341, 1230444; doi:[10.1126/science.1230444](https://doi.org/10.1126/science.1230444).

B. Silva-Gaspar, Francisco Gonell, Raquel Martínez-Franco, Antoine Fécant, Urbano Díaz, Avelino Corma, New Layered Chalcogenide-Type Metal Sulfide Materials with Improved Properties for Solar Fuel Production Applications, *Small*, 2024, 2408727; <https://doi.org/10.1002/smll.202408727>.

C. Esteban et al., Multi-component catalysts with integrated MWW-type layers and mixed oxide domains for glucose-to-formic acid oxidation, *Materials Advances*, 2025, 19, <https://doi.org/10.1039/D5MA00633C>.

Omalley, J., Pavlenko, N., & Searle, S. (2021). Estimating sustainable aviation fuel feedstock availability to meet growing European Union demand. International Council on Clean Transportation: Berlin, Germany.



Papagianni, S., Capellán-Pérez, I., Adam, A., & Pastor, A. (2024). Review and meta-analysis of Energy Return on Investment and environmental indicators of biofuels. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 203, 114737.

10.a.17. Diseñar y desplegar instrumentos económicos y financieros para la adaptación

Descripción de la propuesta

Actualmente, las políticas nacionales y autonómicas de adaptación cuentan con diversos instrumentos, como estrategias y planes, desarrollos legislativos, subvenciones, reasignaciones presupuestarias, mecanismos de precios y mercados de recursos (por ejemplo, el agua), así como seguros para la cobertura y transferencia de riesgos. Sin embargo, la magnitud del desafío requiere desplegar una cartera más amplia de instrumentos que aborde de forma integral la gestión y reducción de los riesgos climáticos, así como las fases de respuesta, reconstrucción y recuperación. Además de fortalecer los instrumentos ya existentes, resulta necesario activar otros hoy infrautilizados, como los bonos climáticos, de resiliencia o catastróficos, los fondos de contingencia o las colaboraciones público-privadas con cláusulas de resiliencia, entre otros.

Evidencia científica y referencias

Comisión Europea, 2021. Forging a climate-resilient Europe: The new EU strategy on adaptation to climate change (COM(2021) 82 final). EUR-Lex.

Mechler, R., Pulido-Velazquez, M., Koehler, M., Jenkins, K., Surminski, S., Williges, K., Botzen, W., Cremades, R., Dransfeld, B., Hudson, P., Lopez-Nicolas, A., Lorant, A., Manez, M., Michaelowa, A., 2017. Economic instruments. <https://doi.org/10.5167/UZH-143603>

New, M., D. Reckien, D. Viner, C. Adler, S.-M. Cheong, C. Conde, A. Constable, E. Coughlan de Perez, A. Lammel, R. Mechler, B. Orlove, and W. Solecki, 2022: Decision-Making Options for Managing Risk. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 2539–2654, doi:10.1017/9781009325844.026.

10.a.18. Definir y establecer medidas fiscales para impulsar la mitigación del cambio climático

Descripción de la propuesta

Se propone una aproximación gradual a dos cuestiones relevantes: la electrificación sostenible y la movilidad compatible con la transición ecológica.

En primer lugar, se sugiere otorgar al sector eléctrico un papel fundamental en la transición hacia una economía baja en carbono, a través de:



1. Supresión del Impuesto sobre el valor de la producción de energía eléctrica (IVPEE).
2. Reducción del Impuesto especial sobre la electricidad (IEE) hasta el mínimo establecido por la Directiva de Fiscalidad energética, así como establecer como base imponible la cantidad consumida, para incentivar la eficiencia y el ahorro energéticos de forma más directa.

En segundo lugar, se propone intensificar y extender la fiscalidad ambiental sobre vehículos y combustibles, favoreciendo modos de transporte menos contaminantes y fomentando el desarrollo y la adopción de tecnologías limpias, a través de las siguientes medidas:

1. Gravar tanto el queroseno de la aviación como el fuelóleo y el gasóleo empleado en el transporte marítimo, y aumentar el gravamen del gasóleo agrícola. De esta forma se incentivaría un cambio tecnológico hacia carburantes sin emisiones de GEI en estos sectores.
2. Introducir un impuesto sobre los billetes de avión que favorezca el cambio modal en trayectos cortos y promueva el desarrollo e introducción de tecnologías menos contaminantes en el sector.
3. Incrementar el tipo impositivo del Impuesto especial sobre hidrocarburos del diésel hasta igualarlo con el de la gasolina.
4. Extender el número de tramos del IEDMT e incrementar sus tipos impositivos, para incentivar la compra de vehículos de bajas emisiones.
5. Promover las líneas de tren de alta velocidad entre países europeos. Asimismo, desgravar algo del IRPF a quienes acudan al trabajo en bicicleta (proporcionalmente a los km reducidos).

Limitaciones y advertencias

1. Dada la importancia de los sectores agrícola y marítimo para la economía española, es recomendable que los impuestos que afectan a los mismos se introduzcan de forma gradual.
2. Dada la importancia del turismo en España, es necesario evaluar cuidadosamente la medida impositiva sobre los billetes de avión y utilizar parte de la recaudación para medidas compensatorias en el sector.
3. El incremento del tipo impositivo del Impuesto especial sobre hidrocarburos tendría un impacto regresivo sobre los hogares, aunque solo sería necesario un 8,1% de la recaudación adicional generada para compensar a los hogares de las 5 décimas de renta más baja (mediante transferencias de suma fija), de forma que, en media, no se vean afectados

Evidencia científica y referencias

CERSTE-Comisión de Expertos para la Reforma del Sistema Tributario Español (2014), Informe de la Comisión de Expertos para la Reforma del Sistema Tributario Español, Ministerio de Hacienda y



Administraciones Públicas ([https://www.hacienda.gob.es/es-ES/Prensa/En%20Portada/2014/Documents/In forme%20expertos.pdf](https://www.hacienda.gob.es/es-ES/Prensa/En%20Portada/2014/Documents/In%20forme%20expertos.pdf)).

CEETE-Comisión de Expertos sobre Escenarios de Transición Energética (2018), Análisis y Propuestas para la Descarbonización, Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital (http://www6.mityc.es/aplicaciones/transicionenergetica/informe_cexpertos_20180402_veditado.pdf).

CPEELBRT-Comité de Personas Expertas para Elaborar el Libro Blanco sobre la Reforma Tributaria, 2022. Libro blanco sobre la reforma tributaria. Madrid: Ministerio de Hacienda (https://www.ief.es/docs/investigacion/comiteexpertos/LibroBlancoReformaTributaria_2022.pdf).

Labandeira, X. (2023) La Fiscalidad Energético-ambiental en Tiempos de Crisis Energética y Climática; Nota d'Economia 107, Generalitat de Catalunya.

Labandeira, X. (2022) Taxation and Ecological Transition during Climate and Energy Crises: The Main Conclusions of the 2022 Spanish White Book on Tax Reform; WP 09-2022, Real Instituto Elcano. (<https://www.realinstitutoelcano.org/en/work-document/taxation-and-ecological-transition-during-climate-and-energy-crises/>)

10.a.19. Dietas One Health y alimentación sostenible

Descripción de la propuesta

Esta propuesta actúa desde la demanda para reforzar la seguridad alimentaria y aliviar la presión hídrica y de emisiones. Promueve patrones alimentarios saludables y sostenibles basados en la dieta mediterránea y en una mayor proporción de proteína vegetal, que mantengan calidad nutricional y reduzcan los recursos necesarios por alimento. Las líneas de acción incluyen:

Compra pública alimentaria One Health: revisión de pliegos y menús en comedores escolares, hospitales y centros sociales para aumentar legumbres, frutas y verduras de temporada y cereales integrales; límites de sal, azúcares y ultraprocesados; seguimiento nutricional y ambiental por menú.

Capacitación y comunicación: campañas sobre dieta equilibrada y estacionalidad, guías prácticas para hogares y restauración y formación a personal de cocina y compras (planificación de menús, raciones y conservación).

Innovación y oferta: programas piloto con el sector para reformulación de productos, desarrollo de alternativas ricas en proteína vegetal y mejora de la información al consumidor en puntos de venta y restauración.

Indicadores y evaluación: métricas homogéneas de porcentaje de menús con perfil One Health, porcentaje de proteína vegetal en restauración pública y huella ambiental por menú; sistema de reporte y mejora continua para las administraciones participantes.

Limitaciones y advertencias



Cambiar patrones alimentarios requiere tiempo: la adopción de dietas sostenibles es lenta incluso con campañas intensivas.

Reformular productos y aumentar proteína vegetal puede enfrentar barreras tecnológicas y de aceptación sensorial.

La medición de huella ambiental por menú aún presenta desafíos metodológicos y falta de estandarización.

Las dietas sostenibles no siempre garantizan cobertura nutricional si no se planifican adecuadamente, especialmente en grupos vulnerables.

Evidencia científica y referencias que sustentan la propuesta

Nivel de consenso científico de la propuesta: El consenso es alto: los patrones alimentarios tipo mediterráneo, con mayor presencia de proteína vegetal y alimentos mínimamente procesados, se asocian con mejores resultados de salud y menor huella ambiental. El debate se centra en los instrumentos de implementación (compra pública, comunicación y reformulación) y en la aceptación social.

Berti, C., Baglioni, M., La Vecchia, A., D'Oria, V., Bettocchi, S. and Agostoni, C. (2025). Climate Change and Consumers' Food Choices towards Sustainability: A Narrative Review. *Nutrition Reviews*. [online] doi:<https://doi.org/10.1093/nutrit/nuaf151>.

European Commission. (2023). Food waste in the European Union: Latest estimates and breakdown by sector. Publications Office of the European Union.

Research and innovation. (2023). Food 2030 - Pathways for action 2.0 : R&I policy as a driver for sustainable, healthy, climate resilient and inclusive food systems. [online] Available at: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/knowledge-publications-tools-and-data/publications/all-publications/food-2030-pathways-action-20-ri-policy-driver-sustainable-healthy-climate-resilient-and-inclusive_en.

European Commission. (2024). European Climate Risk Assessment (EUCRA): Food systems and demand-side measures. Publications Office of the European Union.

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Working Group II contribution (Food systems; Demand-side options). IPCC.

Gliessman, S., Ferguson, B., Wit, M. M. De, & Theresa, W. (2026). Setting the stage for the agroecological transformation of food systems. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 50(1).

Li, Y., He, P., Shan, Y., Li, Y., Hang, Y., Shao, S., Franco Ruzzenenti and Hubacek, K. (2024). Reducing climate change impacts from the global food system through diet shifts. *Nature Climate Change*, 14. doi:<https://doi.org/10.1038/s41558-024-02084-1>.

Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*, 360(6392), 987–992. <https://doi.org/10.1126/science.aag0216>

Rockström, J., Edenhofer, O., Gaertner, J., & DeClerck, F. (2019). Planet-proofing the global food system. *Nature Food*, 1, 3-5. <https://doi.org/10.1038/s43016-019-0010-4>



Saralegui-Díez, P.; Aguilera, E.; Cerrillo García, I.; González de Molina, M.; Guzmán, G. I.; López, L.; Moranta, J.; Morilla, R.; Olea, N.; Ramos, M.; Ramirez, R.; Rasero, S.; Rivera-Ferre, M.; Salazar, S.; Salmerón, N.; Villasante, S.; Vitoria, J. (2025). Hacia la transformación del sistema alimentario en España: situación actual, impactos y escenarios de futuro. *Alimentta*

Springmann, M., Clark, M., Mason-D'Croz, D., Wiebe, K., Bodirsky, B. L., Lassaletta, L., ... Willett, W. (2018). Options for keeping the food system within environmental limits. *Nature*, 562, 519–525. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0594-0>

Willett, W., et al. (2019). Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet*, 393(10170), 447–492. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31788-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4)

Zinsstag, J., Kaiser-Grolimund, A., Heitz-Tokpa, K., Sreedharan, R., Lubroth, J., Caya, F., Stone, M., Brown, H., Bonfoh, B., Dobell, E., Morgan, D., Homaira, N., Kock, R., Hattendorf, J., Crump, L., Mauti, S., del Rio Vilas, V., Saikat, S., Zumla, A., ..., de la Rocque, S. (2025). Advancing One human–animal–environment Health for global health security: What does the evidence say? *The Lancet*, 401(10376), 591–604. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(22\)01595-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(22)01595-1)

10.a.20. Medidas de apoyo transitorio a la adopción de prácticas agroecológicas

Descripción de la propuesta

La transición agroecológica no afecta necesariamente de manera negativa a la productividad al compararse con las prácticas tradicionales, y presenta, más allá del impacto climático inherente a su esencia, un potencial impacto socioeconómico positivo. Entre las diferentes barreras que enfrenta, destacan las económicas, con costes de instalación y oportunidades variables que a largo plazo podrían amortiguarse.

Se propone introducir medidas de apoyo transitorio para compensar los costes iniciales de adopción de las prácticas identificadas en la transición agroecológica, financiadas por el fondo de prevención de riesgos climáticos incluido en el pacto. Estas medidas necesitan de distintas estrategias para su financiación (pública, privada y multilateral), pero se reconoce la importancia de los incentivos. De entre los esquemas posibles, las acciones propuestas son:

- Financiación de medidas de transición con cargo al fondo climático.
- Acompañamiento técnico a las explotaciones en fase de cambio.

Limitaciones y advertencias

La literatura científica advierte de la necesidad de evaluar el impacto de estas medidas a corto, medio y largo plazo, así como de su alta dependencia contextual, sin identificar por el momento un esquema válido universalmente. Los costes y el tiempo de amortización de la inversión son variables. La aproximación para el apoyo de la transición agroecológica ha de involucrar a diferentes actores



y ser económicamente viable para el sector productivo y el sistema alimentario en general.

Evidencia científica y referencias

Ewert, F., Baatz, R., Finger, R., 2023. Agroecology for a Sustainable Agriculture and Food System: From Local Solutions to Large-Scale Adoption. *Annual Review of Resource Economics* 15, 351–381. <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-102422-090105>

Gava, O., Povellato, A., Galieto, F., Pražan, J., Schwarz, G., Quero, A.L., Iragui, U.Y., Massa, C.A., Zilāns, A., Carolus, J., 2022. Policy Instruments to Support Agroecological Transitions in Europe. *EuroChoices* 21, 13–20. <https://doi.org/10.1111/1746-692X.12367>

Gliessman, S. R., 2015. *The Ecology of Sustainable Food Systems*. CRC Press.

Global Alliance for the Future of Food, 2024. *Cultivating Change: A Collaborative Philanthropic Initiative to Accelerate and Scale Agroecology and Regenerative Approaches*.

Guzmán Casado, G. I., López García, D., Román, L., & Alonso, A. M., 2013. Investigación acción participativa en agroecología: construyendo el sistema agroalimentario ecológico en España. *Agroecología*, 8(2), 89–100.

HLPE, 2019. *Agroecological and other innovative approaches for sustainable agriculture and food systems that enhance food security and nutrition (No. 14)*, A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security. Rome.

Moret-Bailly, S., Muro, M., 2024. The costs and benefits of transitioning to sustainable agriculture in the EU – a synthesis of existing knowledge. *Institute for European Environmental Policy*.

Mouratiadou, I., Wezel, A., Kamilia, K., Marchetti, A., Paracchini, M.L., Bàrberi, P., 2024. The socio-economic performance of agroecology. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 44, 19. <https://doi.org/10.1007/s13593-024-00945-9>

Ogutu, S., Mockshell, J., Minh, T., Remans, R., 2025. A scoping review of the incentives for promoting the adoption of agroecological practices and outcomes among rice farmers in Vietnam. *PLoS One* 20, e0321029. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0321029>

Pimbert, M.P., 2025. Financing agroecological transformations for territorial agri-food systems: Beyond the myth of financial scarcity. *Elementa: Science of the Anthropocene* 13, 00026. <https://doi.org/10.1525/elementa.2025.00026>

Prost, L., Martin, G., Ballot, R., Benoit, M., Bergez, J.-E., Bockstaller, C., Cerf, M., Deytieux, V., Hossard, L., Jeuffroy, M.-H., Leclère, M., Le Bail, M., Le Gal, P.-Y., Loyce, C., Merot, A., Meynard, J.-M., Mignolet, C., Munier-Jolain, N., Novak, S., Parnaudeau, V., Poux, X., Sabatier, R., Salembier, C., Scopel, E., Simon, S., Tchamitchian, M., Toffolini, Q., van der Werf, H., 2023. Key research challenges to supporting farm transitions to agroecology in advanced economies. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 43, 11. <https://doi.org/10.1007/s13593-022-00855-8>

Saralegui-Díez, P.; Aguilera, E.; Cerrillo García, I.; González de Molina, M.; Guzmán, G. I.; López, L.; Moranta, J.; Morilla, R.; Olea, N.; Ramos, M.; Ramirez, R.; Rasero, S.; Rivera-Ferre, M.; Salazar, S.; Salmerón, N.; Villasante, S.; Vitoria, J., 2025. *Hacia la transformación del sistema alimentario en España: situación actual, impactos y escenarios de futuro*. *Alimentta*

Vicente-Vicente, J. L., Borderieux, J., Martens, K., González-Rosado, M., Walthall, B., 2023. Scaling agroecology for food system transformation in metropolitan areas: Agroecological characterization and role



of knowledge in community-supported agriculture farms connected to a food hub in Berlin, Germany. *Agroecology and Sustainable Food Systems*. <https://doi.org/10.1080/21683565.2023.2187003>

Wenzel, B., Winkler, J., Kirchner, S.M., Junge, S.M., Mendonça, P., Alves, F., Kehlenbeck, H., 2024. Improving ecosystem services through applied agroecology on German farms: costs and benefits. *Agric Econ* 12, 37. <https://doi.org/10.1186/s40100-024-00326-6>

Woodcock, B.A., Cook, S., Hulmes, L., Hulmes, S., Torrance, M., Redhead, J., Swain, J., Ostler, R., Rainey, J., Weites, M.G., Heard, M.S., Nowakowski, M., Bullock, J.M., Carvell, C., Storkey, J., Pywell, R.F., 2025. Agroecological farming promotes yield and biodiversity but may require subsidy to be profitable. *Journal of Applied Ecology* 62, 1902–1913. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.70079>

10.a.21. Coalición Climática: Tarifación del carbono y apoyo al sur global

Descripción de la propuesta

Se propone que España, en el marco de la Unión Europea, contribuya a una estrategia que aborde el problema del *free riding*, que ocurre cuando algunos países se benefician de los esfuerzos de otros sin asumir costes equivalentes. Para reducir este comportamiento y avanzar hacia una cooperación más sólida, se sugieren tres líneas de actuación:

- Convergencia hacia un precio mínimo común del carbono y creación de un club climático ampliable: se indica la conveniencia de promover la armonización de precios de carbono entre los miembros del “club”, incorporando mecanismos que desincentiven el *free riding*, como ajustes comerciales compatibles con la normativa de la OMC. Coaliciones con incentivos y penalizaciones proporcionales pueden lograr reducciones significativas de emisiones.
- Consolidación de un CBAM interoperable y robusto: se sugiere acelerar la implementación del Mecanismo de Ajuste en Frontera por Carbono, garantizando metodologías comunes de medición, reporte y verificación, ampliado progresivamente la cobertura sectorial y facilitando la interoperabilidad con mercados emergentes.
- Creación de un fondo de apoyo al sur global y fortalecimiento de la cooperación: se propone destinar parte de los ingresos del RCDE UE y del CBAM a un fondo que financie proyectos de descarbonización, transferencia tecnológica y fortalecimiento institucional en países en desarrollo, favoreciendo su adhesión al club climático.

Limitaciones y advertencias

- Riesgo de tensiones comerciales si no se asegura la compatibilidad con la OMC.
- Necesidad de precios suficientemente altos y cobertura real para lograr impacto real.



- Importancia de garantizar la integridad de los créditos y evitar el *greenwashing*.

Evidencia científica y referencias que sustentan la propuesta

Barrett, S. (2018). Choices in the climate commons. *Science* 362(6420): 1217. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aaw2116>

Brasil Ministério das Relações Exteriores (2025). Declaração sobre a Coalizão Aberta de Mercados Regulados de Carbono, 07/11/2025, https://www.gov.br/mre/pt-br/canais_atendimento/imprensa/notas-a-imprensa/declaracao-sobre-a-coalizacao-aberta-de-mercados-regulados-de-carbono

GCPP (2025). Building a Climate Coalition: Aligning Carbon Pricing, Trade, and Development. Harvard–MIT Report. Global Climate Policy Project at Harvard and MIT. <https://unfccc.int/documents/651978>

King, L., and J. van den Bergh (2021). Potential carbon leakage under the Paris Agreement. *Climatic Change* 165, article 52. <https://doi.org/10.1007/s10584-021-03082-4>

Nordhaus, W.D. (2015). Climate clubs: Overcoming free-riding in international climate policy. *American Economic Review* 105 (4): 1339–70. <https://ycsg.yale.edu/sites/default/files/files/nordhaus-climate-clubs.pdf>

Nordhaus, W.D. (2021). Dynamic climate clubs: On the effectiveness of incentives in global climate agreements. *PNAS* 118(45), e2109988118. <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2109988118>

Núñez-Yebra, P., J. van den Bergh, I. Savin and J. Zsiros (2024). Conditions and pathways for a climate club to reach a more ambitious global treaty. *Research Square* <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4124770/v1>

van den Bergh, J.C.J.M., A. Angelsen, A. Baranzini, W.J.W. Botzen, S. Carattini, S. Drews, T. Dunlop, E. Galbraith, E. Gsottbauer, R.B. Howarth, E. Padilla, J. Roca en R.C. Schmidt (2020). A dual-track transition to global carbon pricing. *Climate Policy* 20(9): 1057-1069. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14693062.2020.1797618#d1e426>

Weitzman M.L. (2014). Can negotiating a uniform carbon price help to internalize the global warming externality? *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists* 1(1/2): 29-49. <https://www.nber.org/papers/w19644>

Weitzman, M.L. (2017). On a world climate assembly and the social cost of carbon. *Economica* 84(336): 559-586. https://www.nber.org/system/files/working_papers/w22813/w22813.pdf

10.a.22. Despliegue de la energía geotérmica para descarbonizar el sector térmico en España

Descripción de la propuesta

La descarbonización del calor en climatización e industria —un componente del consumo energético final tan relevante como la electricidad— es prioritaria en el marco europeo. El *European Green Deal* (2019) establece la ruta hacia la neutralidad climática en 2050; el paquete *Fit for 55* (2021) fija la reducción del 55 % de emisiones para 2030; y el plan *REPowerEU* (2022) impulsa la sustitución del gas fósil por renovables térmicas. Este marco se refuerza con la Directiva (UE) 2023/1791 sobre eficiencia energética y con la Directiva (UE) 2023/2413



(RED III), que amplían los objetivos de calor y frío renovable, así como con la Directiva (UE) 2024/1275 (EPBD), que exige edificios de gasto energético nulo o prácticamente nulo (NZEB/ZEB) y la integración obligatoria de energías renovables térmicas.

El calor para climatización y procesos industriales representa una parte sustancial del consumo energético final en España, comparable en magnitud a la demanda eléctrica, pero su descarbonización avanza más lentamente y sigue dependiendo mayoritariamente de combustibles fósiles. En este contexto, la energía geotérmica —renovable, constante y disponible en todo el territorio— constituye una solución estratégica para proporcionar calefacción, refrigeración y calor industrial con bajas emisiones, reducir la dependencia del gas y disminuir la presión territorial asociada a otras renovables. Sus aplicaciones abarcan bombas de calor geotérmicas, redes urbanas de climatización, estructuras termoactivas y usos industriales de baja y media temperatura, con posibilidad de integrarse con almacenamiento térmico estacional para optimizar la gestión de la demanda.

A pesar de su madurez científica y tecnológica, y de que España dispone de recursos geotérmicos abundantes y de capacidades técnicas consolidadas en geociencias, perforación y obra civil, su implantación sigue siendo marginal. Las barreras que frenan el despliegue de la geotermia en España no son científicas ni tecnológicas, sino estructurales: regulación dispersa, falta de procedimientos homogéneos, desconocimiento generalizado de la tecnología, escasa formación especializada y ausencia de instrumentos financieros adaptados.

Superar estas limitaciones requiere integrar la geotermia en la planificación energética, urbana e industrial y crear condiciones regulatorias, técnicas y financieras que permitan convertirla en un pilar estructural de la descarbonización térmica, en línea con la normativa europea vigente.

Acciones potenciales

1. Financiar cartografía y digitalización avanzada del subsuelo, incluyendo modelos 3D, caracterización hidrogeológica y mapas de aptitud para usos someros y profundos, integrados en plataformas abiertas para ayuntamientos, ingenierías y promotores.
2. Definir un marco regulatorio específico para la geotermia que clarifique su encaje en la Ley de Aguas y la Ley de Minas, distinga entre sistemas someros y profundos y establezca procedimientos homogéneos y agilizados para permisos de exploración, implantación y explotación.
3. Desarrollar un marco de Geotermia Térmica que integre esta fuente en la planificación energética, urbana e industrial, incluyendo objetivos de penetración, hojas de ruta sectoriales y criterios para su incorporación en rehabilitación, nueva edificación y proyectos municipales, en coherencia con los requisitos NZEB/ZEB establecidos en la Directiva (UE) 2024/1275.



4. Crear instrumentos financieros específicos (subvenciones a fondo perdido, préstamos blandos, mecanismos de garantía y esquemas “*capex-to-opex*”) que reduzcan el coste inicial de instalaciones geotérmicas en vivienda, edificios públicos, servicios y procesos industriales de entre 30 °C y 150 °C.
5. Impulsar redes urbanas de climatización basadas en geotermia y almacenamiento térmico estacional, priorizando zonas con elevada demanda térmica y combinando geotermia con otras fuentes renovables o calor residual urbano.
6. Integrar la geotermia en infraestructuras urbanas mediante pilotes termoactivos, muros pantalla, túneles e intercambiadores en estaciones subterráneas, promoviendo su uso en nuevos desarrollos urbanos y licitaciones públicas, especialmente en edificios NZEB y ZEB, donde la EPBD exige la integración de renovables térmicas.
7. Incorporar la geotermia en la industria mediante programas de apoyo específicos para procesos térmicos de baja y media temperatura (30–150 °C), con incentivos a sustitución de calderas fósiles, estudios de viabilidad y demostradores replicables.
8. Establecer programas de formación técnica y profesional dirigidos a científicos, diseñadores, instaladores, proyectistas, administraciones locales y técnicos responsables de autorizaciones, con certificaciones profesionales y módulos reglados.
9. Desarrollar campañas de información y divulgación dirigidas a ciudadanía, administraciones y sector privado, mostrando casos de éxito nacionales e internacionales y el potencial de la geotermia para reducir costes energéticos y emisiones.
10. Promover proyectos piloto y demostradores en edificios públicos, campus universitarios, hospitales, polígonos industriales y municipios, para acelerar la curva de aprendizaje, generar evidencia y facilitar la replicación.
11. Impulsar la integración sistemática de geotermia en edificios NZEB y ZEB, incluyendo requisitos de análisis geotérmico previo en licitaciones públicas y proyectos financiados con fondos europeos o estatales.

Mecanismos de implementación

1. Marco normativo coordinado
 - Elaborar una regulación específica para geotermia somera y profunda mediante una acción conjunta entre el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO), Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible (MITMA) y las confederaciones hidrográficas, clarificando competencias y simplificando trámites.
 - Establecer procedimientos homogéneos para permisos, con plazos máximos y criterios técnicos comunes, en coherencia con los



objetivos de renovables térmicas establecidos en la Directiva (UE) 2023/1791 y la Directiva (UE) 2023/2413 (RED III).

2. Planificación energética y urbana

- Incluir la geotermia en el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC), las estrategias de rehabilitación energética, las agendas urbanas y los planes municipales de clima y energía.
- Incorporar requisitos de análisis geotérmico preliminar en nuevos desarrollos urbanos y licitaciones públicas, especialmente en edificios NZEB/ZEB conforme a la Directiva (UE) 2024/1275, garantizando la consideración de renovables térmicas en su diseño.

3. Instrumentos financieros y modelos de negocio

- Crear líneas de ayuda específicas para instalaciones geotérmicas y redes térmicas, combinando subvenciones, préstamos blandos y esquemas de garantía técnica o financiera.
- Facilitar modelos de servicio tipo “energía como servicio” (*Energy as a Service*) que permitan desplegar proyectos sin costes iniciales elevados para usuarios finales, priorizando edificios públicos y proyectos NZEB/ZEB.

4. Infraestructura y conocimiento del subsuelo

- Financiar campañas de cartografía, modelización 3D y digitalización del subsuelo, integradas en plataformas abiertas accesibles a administraciones y agentes privados.
- Actualizar el inventario nacional de recursos geotérmicos e incluir capas de aptitud geotérmica en visores oficiales para facilitar decisiones urbanas e industriales.

5. Despliegue territorial y sectorial

- Identificar zonas prioritarias (alta demanda térmica, disponibilidad hidrogeológica, parques industriales, campus públicos) para impulsar proyectos piloto replicables.
- Establecer programas específicos para industria, vivienda pública, hospitales, campus universitarios y edificios de la AGE, integrando la geotermia como solución preferente en usos térmicos continuos.

6. Capacitación técnica



- Integrar módulos de geotermia en Formación Profesional (FP), ingenierías, arquitectura y formación continua de administraciones públicas.
- Crear un sistema de certificación profesional para diseño, instalación y operación de sistemas geotérmicos, incluyendo capacitación para sistemas integrados en edificios NZEB/ZEB.

7. Coordinación institucional y gobernanza

- Crear un grupo interministerial estable sobre geotermia y energía térmica renovable que garantice coherencia regulatoria y seguimiento de la implementación.

Impulsar acuerdos de colaboración con ayuntamientos y comunidades autónomas para facilitar permisos, identificación de emplazamientos y despliegue de redes térmicas

Limitaciones y advertencias

- Marco normativo insuficiente y heterogéneo, especialmente en la interfaz entre la Ley de Aguas y la Ley de Minas, lo que genera procedimientos complejos y plazos de tramitación prolongados.
- Falta de conocimiento técnico especializado en administraciones, proyectistas e instaladores, lo que puede dar lugar a sobrerregulación, decisiones conservadoras o diseños inadecuados.
- Necesidad de garantizar la protección de acuíferos en sistemas abiertos, mediante criterios homogéneos de calidad, seguimiento hidrogeológico y protocolos de reinyección.
- Costes iniciales elevados en ausencia de instrumentos financieros específicos, especialmente para vivienda y pymes.
- Variabilidad hidrogeológica local, que exige estudios previos y una adecuada caracterización del subsuelo para evitar rendimientos insuficientes o incompatibilidades hidráulicas.
- Posible baja aceptación social si no se acompaña el despliegue de información clara, transparencia, participación temprana y demostradores visibles.

Todas estas limitaciones podrían ser superables mediante una regulación específica, protocolos técnicos homogéneos y programas de formación que garanticen un despliegue ordenado, seguro y eficaz de la geotermia en España.

Evidencia científica y referencias



Anya, B., Mohammadpourfard, M., Akkurt, G.G., Mohammadi-Ivatloo, B., 2025. Exploring geothermal energy based systems: Review from basics to smart systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 210, 115185. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.115185>

Colmenar-Santos, A., Palomo-Torrejón, E., Rosales-Asensio, E., Borge-Diez, D., 2018. Measures to Remove Geothermal Energy Barriers in the European Union. *Energies* 11, 3202. <https://doi.org/10.3390/en11113202>

Conforto, G., 2024. *Financial schemes for GeoDHC networks: 2024 status report (No. Deliverable D4.2)*, SAPHEA: integrating geothermal heating and cooling networks in Europe. SAPHEA Project, Horizon Europe Programme.

European Commission, 2022. *REPowerEU Plan (No. COM(2022) 230 final)*. European Commission, Brussels.

European Commission, 2019. *The European Green Deal (No. COM(2019) 640 final)*. European Commission, Brussels.

European Environment Agency, 2023. *Decarbonising heating and cooling — a climate imperative*. European Environment Agency.

European Parliament, Council of the European Union, 2024. *Directive (EU) 2024/1275 of the European Parliament and of the Council of 24 April 2024 on the energy performance of buildings (recast)*, OJ L 2024/1275.

European Parliament, Council of the European Union, 2023. *Directive (EU) 2023/2413 of the European Parliament and of the Council of 18 October 2023 amending Directive (EU) 2018/2001, Regulation (EU) 2018/1999 and Directive 98/70/EC as regards the promotion of energy from renewable sources*, OJ L 2023/2413.

Eurostat, 2025. *Share of energy from renewable sources*. https://doi.org/10.2908/NRG_IND_REN

IEA, 2024. *The Future of Geothermal Energy*. International Energy Agency.

Instituto Nacional de Estadística (INE), 2023. *Consumo final bruto de energía por tipo de consumo — España, 2023* (Electricidad; Calefacción/Refrigeración).

Ramos-Escudero, A., García-Cascales, M. del S., 2022. Barriers behind the Retarded Shallow Geothermal Deployment in Specific Areas: A Comparative Case Study between Southern Spain and Germany. *Energies* 15, 4596. <https://doi.org/10.3390/en15134596>

Ramos-Escudero, A., Gil-García, I.C., García-Cascales, M.S., Molina-García, A., 2021. Energy, economic and environmental GIS-based analysis of shallow geothermal potential in urban areas—A Spanish case example. *Sustainable Cities and Society* 75, 103267. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103267>

Taylor, N., Diaz Rincon, A., Georgakaki, A., Ince, E., Letout, S., Mountraki, A., Shtjefni, D., Tattini, J., 2023. *Clean Energy Technology Observatory: Deep Geothermal Heat and Power in the European Union - 2023 Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets* (No. JRC135206). Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Vargas, S.A.C., Blázquez, C.S., Herranz, D.H., Maté-González, M.Á., 2026. High-resolution mapping of shallow geothermal resources in Spain through multivariate spatial analysis. *Geothermics* 134, 103524. <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2025.103524>



d. POLIVALENTE

10.d.1. Impulsar la economía circular y eficiencia de materiales

Descripción de la propuesta

El objetivo es reducir el consumo de materias primas vírgenes y minimizar los residuos industriales, urbanos, comerciales, forestales, alimentarios, acuícolas, etc. mediante la promoción de la circularidad en procesos, productos y cadenas de valor.

La evidencia científica indica que la adopción de la economía circular puede reducir las emisiones industriales globales (industrias de cemento, plástico, acero y aluminio) hasta en un 45% para 2050.

Lograr este tipo de aspectos implica: (a) Establecer objetivos vinculantes de eficiencia material para la industria; (b) Fomentar el ecodiseño, asegurando que los productos estén concebidos para su reparación, reutilización y reciclaje y la investigación (I+D+i) en este campo; (c) Mejorar e implantar sistemas de trazabilidad ambiental de productos y residuos (d) Fortalecer la simbiosis industrial y la colaboración intersectorial; (e) Robustecer la infraestructura de reciclaje y valorización; (f) Desarrollar mecanismos de responsabilidad ampliada del productor; (g) Fomentar la digitalización y la servitización en los modelos comerciales para optimizar el uso de recursos, reduciendo el consumo de materias primas vírgenes y la generación de residuos.

Limitaciones y advertencias

1. El ecodiseño puede aumentar costes iniciales y requiere cambios en cadenas de suministro y procesos productivos.
2. La simbiosis industrial depende de proximidad geográfica y coordinación logística, no siempre factible en todos los territorios.

Evidencia científica y referencias

Allwood, J.M., 2024. Chapter 4 - Material efficiency-Squaring the circular economy: Recycling within a hierarchy of material management strategies, in: Meskers, C., Worrell, E., Reuter, M.A. (Eds.), Handbook of Recycling (Second Edition). Elsevier, pp. 45–78. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85514-3.00016-6>

Brändström, J., Eriksson, O., 2022. How circular is a value chain? Proposing a Material Efficiency Metric to evaluate business models. J. Clean. Prod. 342, 130973. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130973>

Capturing the climate change mitigation benefits of circular economy and waste sector policies and measures. European Environment Agency, 2024. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/capturing-the-climate-change-mitigation-benefits-of-circular-economy-and-waste-sector-policies-and-measures>



Ellen MacArthur Foundation (2021): Completing the Picture: How the Circular Economy Tackles Climate Change. <https://content.ellenmacarthurfoundation.org/m/2de7e6f42b72ccdf/original/Executive-summary-Completing-the-picture.pdf>

Megevand, B., Cao, W.-J., Di Maio, F., Rem, P., 2022. Circularity in Practice: Review of Main Current Approaches and Strategic Propositions for an Efficient Circular Economy of Materials. *Sustainability* 14, 962. <https://doi.org/10.3390/su14020962>

Oughton, C., Kurup, B., Anda, M., Ho, G., 2022. Industrial Symbiosis to Circular Economy: What Does the Literature Reveal for a Successful Complex Industrial Area? *Circ. Econ. Sustain.* 2, 1317–1344. <https://doi.org/10.1007/s43615-022-00153-1>

Rieradevall Pons, J. y Gasol, D., Economía circular. El camino hacia la sostenibilidad. Universitat Autònoma de Barcelona

de Sa, P., J. Korinek, 2021. Resource efficiency, the circular economy, sustainable materials management and trade in metals and minerals. OECD Trade Policy Papers, No. 245, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/69abc1bd-en>

Talens Peiró, L., Polverini, D., Ardente, F., Mathieux, F., 2020. Advances towards circular economy policies in the EU: The new Ecodesign regulation of enterprise servers. *Resour. Conserv. Recycl.* 154, 104426. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104426>

Van Doorselaer, K., 2022. Chapter 12 - The role of ecodesign in the circular economy, in: Stefanakis, A., Nikolaou, I. (Eds.), *Circ. Econ. Sustain.* Elsevier, pp. 189–205. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819817-9.00018-1>

Walker, S., Coleman, N., Hodgson, P., Collins, N., Brimacombe, L., 2018. Evaluating the Environmental Dimension of Material Efficiency Strategies Relating to the Circular Economy. *Sustainability* 10, 666. <https://doi.org/10.3390/su10030666>



EJE 11: Propuestas transversales a varios ejes del Pacto de Estado

a. PREVENCIÓN

11.a.1. Promover una planificación territorial y urbanística estratégica que tenga en cuenta los eventos extremos

Descripción de la propuesta

Trabajos recientes en Europa muestran que la planificación espacial desempeña un papel clave en la adaptación climática y la reducción del riesgo de desastres (Farinós, Pinazo-Dallenbach, Peiró Sánchez-Manjavacas & Rodríguez-Bernal, 2024). Se propone reforzar la planificación estratégica urbana y rural en el marco de la metodología de la Agenda Urbana Española, garantizando una visión transversal e integrada en el diseño de las políticas públicas con incidencia en el territorio. Es recomendable que esta planificación considere los 10 Objetivos Estratégicos de la citada Agenda, con especial atención al Objetivo 3: “*Prevenir, mitigar y adaptar las ciudades y el territorio a los efectos del cambio climático*”, así como adaptar la planificación a las características ambientales y socioeconómicas específicas de cada entorno. Se recomienda utilizar la Evaluación de Impacto Social como herramienta para la planificación territorial frente a estos eventos.

Impulsar la elaboración de agendas urbanas y su utilización como herramientas para dotar de coherencia todas las herramientas sectoriales existentes (planes de movilidad sostenible, gestión integrada del agua, planes de adaptación al cambio climático, rehabilitación verde del parque edificado, etc.) contribuye a prevenir los efectos del cambio climático y a mitigar los efectos, dar una respuesta más apropiada y rápida ante los daños ocasionados, y orientar las actuaciones que se deban de poner en marcha. Es clave realizar un seguimiento y monitorización de las medidas implantadas a través de indicadores adecuados para evaluar su grado de implantación y su efectividad.

Su elaboración puede convertirse en una herramienta de recuperación poscrisis, integrando criterios de resiliencia y equidad en la reconstrucción de barrios y ciudades, desde una perspectiva integrada que incluya actuaciones a corto, medio y largo plazo. La metodología de trabajo que aporta la Agenda Urbana, al no tener carácter normativo, es flexible y adaptable a las realidades de cada contexto y facilita la mejora de la gobernanza, la coherencia de políticas y la generación de sinergias entre proyectos.

Limitaciones y advertencias



La implementación efectiva de la Agenda Urbana requiere capacidades técnicas y recursos suficientes en los municipios, especialmente en los de menor tamaño. La falta de carácter normativo puede dificultar su integración en instrumentos vinculantes, y su éxito depende de una gobernanza multinivel sólida y de procesos participativos reales.

Evidencia científica y referencias

Aboagye, P., & Sharifi, A. (2024). Urban climate adaptation and mitigation action plans: A critical review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113886>

Díaz, C., Zambrana-Vásquez, D., & Bartolomé, C. (2024). Building resilient cities: A comprehensive review of climate change adaptation indicators for urban design. *Energies*. <https://doi.org/10.3390/en17081959>

Díez-Herrero, A. (2008). Guía metodológica para la elaboración de mapas de riesgos por inundación. En M. Regueiro (Ed.), *Guía metodológica para la elaboración de cartografías de riesgos naturales en España* (pp. 56-79). Ministerio de Vivienda / Colegio Oficial de Geólogos.

Díez-Herrero, A., & Pedraza, J. de. (1997). Cálculo hidrometeorológico de caudales de avenida en la subcuenca de El Burguillo (río Alberche, cuenca del Tajo). *Geogaceta*, 21, 93-96.

Díez-Herrero, A., & Sanz, M. A. (1997). Análisis del riesgo de inundaciones en Navaluenga (Ávila): Uso combinado de modelos y sistemas de información geográfica. En *I Seminario Iberoamericano sobre Nuevas Tecnologías y Gestión de Catástrofes. Sesión A - Inundaciones*. Dirección General de Protección Civil.

Díez-Herrero, A., Laín Huerta, L., & Llorente Isidro, M. (2006). Mapas de peligrosidad de avenidas e inundaciones: Métodos, experiencias y aplicación. Instituto Geológico y Minero de España.

Díez-Herrero, A., & Olcina, J. (2025). Inundaciones en España: El papel de la planificación territorial. *Ciudad y Territorio: Estudios Territoriales*, 57(223), 7-46.

Farinós Dasí, J. (2016). *Planificación y patrimonio territorial como instrumentos para otro desarrollo*. Universitat de València.

Farinós Dasí, J. (2020). Integración de cartografías de inundabilidad en la Comunitat Valenciana (PATRICOVA y SNCZI). En *Soluciones ante los riesgos climáticos en ríos y costas*. Universitat de València.

Farinós Dasí, J. (Coord.). (2021). *Marco legal y procedimental de la ordenación del territorio en España: Diagnóstico y balance*. Aranzadi.

Farinós Dasí, J. (Coord.). (2024). *La ordenación y gestión del territorio en tiempos de transiciones*. Publicacions de la Universitat de València.

Farinós Dasí, J., & Olcina Cantos, J. (Coords.). (2022). *Ordenación del territorio y medio ambiente*. Tirant Humanidades.

Farinós Dasí, J., Peiró Sánchez-Manjavacas, E., & Rando Burgos, E. (2011). La gestión integrada de zonas costeras: ¿Algo más que una ordenación del litoral revisada? *Publicacions de la Universitat de València*.

Farinós Dasí, J., Pinazo-Dallenbach, P., Peiró Sánchez-Manjavacas, E., & Rodríguez-Bernal, D. C. (2024). Disaster risk management, climate change adaptation and the role of spatial and urban planning: Evidence from European case studies. *Natural Hazards*. <https://doi.org/10.1007/s11069-024-06672-1>



Fra Paleo, U. (ed.). 2009. Building safer communities. Risk governance, spatial planning, and responses to natural hazards. Amsterdam: IOS Press.

Gobernanza territorial en España. (2006). Joan Romero & Joaquín Farinós. Universitat de València.

Hernández-Partal, S. (2023). Los planes de acción local de la Agenda Urbana Española: Su papel en el urbanismo del siglo XXI. *Ciudad y Territorio: Estudios Territoriales*, 217, 829-858.

Ignatenko, I., & Leiba, L. (2025). Legal regulation of spatial planning in the context of climate change. *Analytical and Comparative Jurisprudence*. <https://doi.org/10.24144/2788-6018.2025.02.65>

Kiełkowska, J., Tokarczyk-Dorociak, K., Kazak, J., Szewrański, S., & Hoof, J. (2018). Urban adaptation to climate change plans and policies: The conceptual framework of a methodological approach. *Journal of Ecological Engineering*, 19, 50-62. <https://doi.org/10.12911/22998993/81658>

Maragno, D., Dall'Omo, C., Pozzer, G., & Musco, F. (2021). Multi-risk climate mapping for the adaptation of the Venice Metropolitan Area. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su13031334>

Mariano, C., & Marino, M. (2023). The climate-proof planning towards the ecological transition: Isola Sacra—Fiumicino (Italy) between flood risk and urban development prospectives. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su15108387>

Olcina Cantos, J. (2004). Riesgo de inundaciones y ordenación del territorio en la escala local: El papel del planeamiento urbano municipal. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 37, 49-84.

Olcina Cantos, J. (2007). Riesgo de inundaciones y ordenación del territorio en España. *Fundación Instituto Euromediterráneo del Agua*.

Pancewicz, A., Anczykowska, W., & Żak, N. (2023). Climate change adaptation activities planning and implementation in large cities: Results of research carried out in Poland and selected European cities. *Climatic Change*, 176, 1-20. <https://doi.org/10.1007/s10584-023-03581-6>

Pietrapertosa, F., Salvia, M., De Gregorio Hurtado, S., D'Alonzo, V., Church, J., Geneletti, D., Musco, F., & Reckien, D. (2019). Urban climate change mitigation and adaptation planning: Are Italian cities ready? *Cities*. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2018.11.009>

Reckien, D., Salvia, M., Heidrich, O., Church, J., Pietrapertosa, F., De Gregorio-Hurtado, S., D'Alonzo, V., Foley, A., Simoes, S., Lorencová, E., Orru, H., Orru, K., Wejs, A., Flacke, J., Olazabal, M., Geneletti, D., Feliu, E., Vasilie, S., Nador, C., Krook-Riekkola, A., Matosović, M., Fokaides, P., Ioannou, B., Flamos, A., Spyridaki, N., Balzan, M., Fülöp, O., Paspaldzhiev, I., Grafakos, S., & Dawson, R. (2018). How are cities planning to respond to climate change? Assessment of local climate plans from 885 cities in the EU-28. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.220>

Reinwald, F., Thiel, S., Kainz, A., & Hahn, C. (2024). Components of urban climate analyses for the development of planning recommendation maps. *Urban Climate*. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2024.102090>

Romero González, J., & Farinós Dasí, J. (2011). Redescubriendo la gobernanza más allá del buen gobierno: Democracia como base, desarrollo territorial como resultado. *Boletín de la Asociación Española de Geografía*, 56, 295-319.

Solano-Báez, M. C., García-Pina, C., & Riquelme-Perea, P. J. (2024). Participación y gobernanza de la Agenda Urbana Murcia 2030: Aprendizajes de un diseño consensuado. *Ciudad y Territorio: Estudios Territoriales*, 222.



Vargas, J., Olcina, J., & Paneque, P. (s.f.). Cartografía de riesgo de inundación en la planificación territorial para la gestión del riesgo de desastre: Escalas de trabajo y estudios de casos en España. Revista EURE - Revista de Estudios Urbano Regionales.

Zapperi, P. A., & Olcina, J. (2021). Cartografía de inundaciones en la planificación territorial: Estudio comparado entre Argentina y España. Revista de Geografía Norte Grande, 79, 183-205.

Aznar-Crespo, P., Aledo, A., Melgarejo, J., & Vallejos-Romero, A. (2021). Adapting Social Impact Assessment to Flood Risk Management. Sustainability, 13(6), 3410

Imperiale, A. J., & Vanclay, F. (2024). Re-designing social impact assessment to enhance community resilience for disaster risk reduction, climate action and sustainable development. Sustainable Development, 32(2), 1571-1587.- Ortiz, G., & Aledo, A. (2024). The necessary confluence of sociology and social impact assessment in the era of global change. Current Sociology, 72(4), 601-611.

Ortiz, G., Aznar-Crespo, P., & Olcina-Sala, Á. (2021). How Social are Flood Risk Management Plans in Spain? WIT Transactions on Ecology and the Environment, 251, 65-75.

11.a.2. Acelerar la adaptación de regulaciones y estándares técnicos de construcción, rehabilitación y renovación de edificios

Descripción de la propuesta

Acelerar la adaptación de los códigos de construcción, las normativas técnicas y los sistemas de aprobación en todos los niveles de la Administración resulta fundamental para dar una respuesta eficaz al cambio climático, garantizando que las nuevas construcciones y las rehabilitaciones existentes se alineen con los objetivos de descarbonización y resiliencia.

Los códigos y estándares de edificación pueden actuar como palancas decisivas para la adaptación climática. Integrar requisitos de resiliencia térmica, hídrica y de manejo de precipitaciones —por ejemplo, sistemas de drenaje sostenible, umbrales de sobrecalentamiento o ventilación pasiva— dentro del CTE y las normativas locales mejora el desempeño de edificios y barrios ante eventos extremos.

Investigaciones recientes muestran que cuando los códigos incorporan exigencias explícitas basadas en datos climáticos proyectados —por ejemplo, criterios pasivos mínimos, límites de temperatura interior, gobernanza del agua pluvial— se acelera la adopción de diseños resilientes y se reducen pérdidas estructurales y de confort en condiciones extremas. Además, informes técnicos evaluando códigos energéticos recomiendan que estos también se integren con estrategias de resistencia frente a eventos extremos (viento, inundaciones, calor intenso) para asegurar continuidad operativa y seguridad en los edificios. Por tanto, dotar a la normativa edificatoria de criterios claros, medibles y condicionados por escenarios climáticos proyectados no solo es una buena



práctica, sino un requisito para que las acciones de adaptación sean eficaces y no meramente simbólicas.

El Panel Intergubernamental en Cambio Climático (IPCC) ha señalado que los envolventes eficientes, el sombreado, la ventilación natural y otras soluciones pasivas refuerzan simultáneamente la eficiencia energética y la resiliencia ante el calor. En el mismo sentido, la rehabilitación basada en datos apunta un papel clave del control digital, junto con las bombas de calor, en mejorar la eficiencia energética, el confort y el ahorro incluso en climas más extremos.

Acciones clave:

1. La revisión de la normativa edificatoria no solo implica ajustar requisitos técnicos, sino también generar un marco que incentive la innovación en materiales, sistemas constructivos y soluciones energéticas, al mismo tiempo que asegura la calidad y la seguridad para los usuarios finales.
2. Incorporar criterios basados en el clima futuro
3. Fomentar la innovación en materiales y soluciones energéticas, y promover tecnologías que mejoren el rendimiento de los edificios, como la electrificación de usos finales y los sistemas inteligentes de gestión energética.
4. Diseñar los nuevos requerimientos contemplando transiciones graduales, apoyos económicos y mecanismos de simplificación administrativa.

Limitaciones y advertencias

- La actualización de códigos y normativas requiere coordinación interadministrativa y adaptación progresiva para evitar bloqueos en la actividad constructiva.
- Es clave asegurar que los nuevos requisitos no generen sobrecostes difícilmente asumibles, especialmente en rehabilitación de viviendas vulnerables.
- Sin medidas graduales ni apoyos económicos, existe el riesgo de generar sobrecostes difíciles de asumir, especialmente en viviendas vulnerables o en pequeños municipios sin capacidad técnica o económica suficiente.

Evidencia científica y referencias

Saifudeen, A., et al. (2024). Adaptation of buildings to climate change: an overview. *Frontiers in Built Environment*. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2024.1327747> Frontiers



IPCC. (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844.001> IPCC+4IPCC+4climatelondon.org+4

IPCC WGII Chapter 6: Cities, Settlements and Key Infrastructure. (2022). En Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Cambridge University Press. (véase sección de infraestructuras urbanas) IPCC+2IPCC+2

The Nexus of Building Energy Codes and Resilience. (2024). U.S. Department of Energy. <https://www.energycodes.gov/sites/default/files/2024-12/The%20Nexus%20of%20Building%20Energy%20Codes%20and%20Resilience.pdf> energycodes.gov

Resilience Issues in Building Energy Codes. (2023). PNNL / IEA Building Energy Codes Working Group. https://www.pnnl.gov/sites/default/files/media/file/ResilienceIssuesBuildingEnergyCodes_BECWG_Aug2023.pdf PNNL

Borragán G., Verheyen J., Vandevyvere H., Kondratenko I., 12 - Smart building and district retrofitting for intelligent urban environments, Intelligent Environments (Second Edition), North-Holland, 2023, Pages 395-420, ISBN 9780128202470, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820247-0.00011-4>.

Directiva (UE) 2023/1791 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de septiembre de 2023, relativa a la eficiencia energética (versión refundida). Diario Oficial de la Unión Europea, L 231, 1–172. Artículo 24.

Ruiz-Valero L., Makaremi N., Haines S., Touchie M., Co-benefits of residential retrofits: A review of quantification and monetization approaches, Building and Environment, Volume 270, 2025, 112576, ISSN 0360-1323, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2025.112576>.

11.a.3. Ampliar la Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética, para incluir los “Planes locales de Protección Climática”

Descripción de la propuesta

La propuesta plantea incorporar una visión amplia de la salud ciudadana que incluya la protección de la autonomía y la capacidad de elección de las personas frente a los impactos climáticos. Desde una perspectiva urbanística, ello requiere no solo garantizar viviendas adecuadas, sino también un espacio urbano de calidad que ofrezca alternativas seguras para permanecer o transitar en el exterior durante episodios de alta intensidad climática. En este marco, se propone la creación de una “Red de espacios libres aptos para la protección climática”, que permita recorridos continuos y protegidos, complementada con un sistema de “lugares de protección climática”, exteriores o interiores, distribuidos a lo largo de dicha red. El desarrollo de esta red y su sistema asociado se plantea a través de la elaboración de Planes Locales de Protección Climática, de carácter obligatorio para los ayuntamientos, siguiendo el modelo de las Zonas de Bajas Emisiones (ZBE) reguladas por la Ley 7/2021 de Cambio Climático y Transición Energética. Asimismo, se propone establecer un marco legislativo específico que regule estos planes y articule las medidas complementarias necesarias para su implementación efectiva.



Limitaciones y advertencias

1. Dificultad de hacer planes con objetivos ambiciosos, asequibles y comparables entre municipios debido a la disponibilidad de competencias (para elaborar el plan y para evaluarlo periódicamente), también dificultad para implementar los planes por conflicto de competencias entre administraciones.
2. Muchos municipios en España ya disponen de algún tipo de plan (<https://observatorioclima.seo.org/planes-de-accion-para-el-clima-y-la-energia-sostenible-paces/>), pero menos que en otros países europeos.

Evidencia científica y referencias

Diana Reckien, Monica Salvia, Oliver Heidrich, Jon Marco Church, Filomena Pietrapertosa, Sonia De Gregorio-Hurtado, Valentina D'Alonzo, Aoife Foley, Sofia G. Simoes, Eliška Krkoška Lorencová, Hans Orru, Kati Orru, Anja Wejs, Johannes Flacke, Marta Olazabal, Davide Geneletti, Efrén Feliu, Sergiu Vasiliu, Cristiana Nador, Anna Krook-Riekkola, Marko Matosović, Paris A. Fokaides, Byron I. Ioannou, Alexandros Flamos, Niki-Artemis Spyridaki, Mario V. Balzan, Orsolya Fülöp, Ivan Paspaldzhiev, Stelios Grafakos, Richard Dawson (2018): How are cities planning to respond to climate change? Assessment of local climate plans from 885 cities in the EU-28, *Journal of Cleaner Production*, 191, 207-219, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.220>.

Rogers, Nina J. L., Vanessa M. Adams, Jason A. Byrne (2023): Factors affecting the mainstreaming of climate change adaptation in municipal policy and practice: a systematic review, *TFO Collections*, 23(10), 1327-1344, <https://doi.org/10.1080/14693062.2023.2208098>.

Yuan (Daniel) Cheng, James R. Farmer, Stephanie L. Dickinson, Scott M. Robeson, Burnell C. Fischer, Heather L. Reynolds (2021): Climate change impacts and urban green space adaptation efforts: Evidence from U.S. municipal parks and recreation departments, *Urban Climate*, 39, 100962, <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100962>

https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/movilidad/zonas_de_bajas_emisiones_en_espana.html

11.a.4. Modernizar bases e infraestructuras críticas para adaptarlas a los riesgos climáticos

Descripción de la propuesta

La gestión de infraestructuras críticas durante emergencias constituye un elemento esencial de la resiliencia nacional, pues de su funcionamiento depende la seguridad de la población y la continuidad de los servicios básicos. Se recomienda que instalaciones como centrales nucleares, presas hidroeléctricas, plantas de generación eléctrica, estaciones de tratamiento de agua o nodos de telecomunicaciones dispongan de planes específicos de prevención y contingencia ante los fenómenos extremos asociados al cambio climático. Este enfoque abarca también las instalaciones de apoyo logístico y operativo (bases militares, centros de mando, almacenes estratégicos y albergues para



damnificados) que sostienen las operaciones, dan soporte al personal interviniente y contribuyen a la resiliencia organizativa y social.

Conviene que las capacidades logísticas de las Fuerzas Armadas (FAS) permitan el almacenamiento y despliegue inmediato de material, y sus infraestructuras puedan adaptarse para apoyar al Sistema Nacional de Protección Civil en emergencias de gran magnitud (por ejemplo, ante una “Emergencia de Interés Nacional”). Además, es recomendable prever la colaboración y el uso compartido de instalaciones con organismos civiles (Protección Civil, bomberos, servicios sanitarios) para optimizar recursos, favorecer la proximidad territorial y mejorar la integración de capacidades. Resulta necesario coordinar estas infraestructuras una red de refugios climáticos seguros y accesibles.

Limitaciones y advertencias

Tener refugios climáticos disponibles de forma permanente se considera difícilmente viable. Se considera más accionable que se articulen refugios temporales para el momento de respuesta. También son viables los “refugios de campaña” (carpas y tiendas de campaña).

Evidencia científica y referencias

Gran cantidad de evidencias científicas avalan la propuesta de adaptar las infraestructuras militares para hacernos más resilientes frente a emergencias climáticas extremas:

LENTINI, A., EKLUND, G., CORBANE, C., ASIKAINEN, T., RONCO, M. et al., Analysis of Risks Europe is facing - An analysis of current and emerging risks, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2025, <https://data.europa.eu/doi/10.2760/0176850>, JRC141673.

Amakrane, Y., & Biesbroek, R. (2024). How is the military and defence sector of EU member states adapting to climate risks? *Climate Risk Management*. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2024.100609>

Kaushal, V., & Kashyap, A. (2024). Sustainable Strategies to Current Conditions and Climate Change at U.S. Military Bases and Other Nations in the Arctic Region: A 20-Year Comparative Review. *Climate*. <https://doi.org/10.3390/cli12110177>

Manolis, I., Makropoulos, C., Sfetsos, A., & Skouloudis, A. (2024). Development and application of a methodological framework for assessing the resilience of military infrastructure against climate change impacts. *E3S Web of Conferences*. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202458501018>

Na-Yemeh, D., Shafer, M., & Shivers-Williams, C. (2024). U.S. military installations and extreme weather: an Oklahoma case study on preparation. *Environmental Hazards*, 24, 65–90. <https://doi.org/10.1080/17477891.2024.2343389>

R, T. D. C., E, K., & C, H. (2024). *Navigating Climate Change in Defence – Climate Risk Management Guide for Chiefs of Defence Staff* (Issue KJ-NA-31-833-EN-N (online), KJ-NA-31-833-EN-C (print)). Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/252092> (online), 10.2760/831469



11.a.5. Desarrollar y reforzar infraestructuras y comunidades frente a fenómenos de viento no-sinóptico

Descripción de la propuesta

La propuesta consiste en desarrollar y reforzar infraestructuras y comunidades frente a fenómenos de viento no-sinóptico, mediante su caracterización científica, la elaboración de mapas de riesgo y la actualización de la normativa técnica de diseño estructural en España. La propuesta aborda la necesidad de caracterizar y gestionar los episodios de viento no-sinóptico —como tornados, *downbursts* o ráfagas convectivas—, cuya frecuencia e intensidad pueden incrementarse bajo escenarios de cambio climático. Estos fenómenos, aunque localizados y de corta duración, provocan daños significativos en infraestructuras críticas y entornos urbanos, con riesgos directos para la vida humana.

El primer paso consiste en implantar programas nacionales de investigación y monitorización que permitan:

- Caracterizar estos fenómenos en el contexto español, identificando patrones regionales y temporales.
- Crear un inventario sistemático de eventos e impactos, con base de datos georreferenciada.
- Analizar la vulnerabilidad de infraestructuras existentes y el grado de cumplimiento normativo ante cargas no-sinópticas.
- Elaborar mapas de riesgo dinámicos que incluyan parámetros específicos de carga y exposición, útiles para la planificación territorial y el diseño estructural.

Con la información generada, se podrán definir recomendaciones técnicas y normativas que mejoren el diseño, la seguridad y la durabilidad de las infraestructuras expuestas. Esta línea de trabajo reforzará la cooperación entre meteorología, ingeniería y protección civil, contribuyendo al esfuerzo global por reducir los efectos del cambio climático sobre la seguridad y la economía.

El desarrollo de este programa situaría a España entre los países pioneros en la integración del riesgo no-sinóptico en la planificación urbana y de infraestructuras, con un enfoque científico, preventivo y transversal.

Limitaciones y advertencias

Requiere coordinación entre instituciones científicas, organismos meteorológicos y administraciones públicas. Se precisa financiación estable y capacidades técnicas para la observación atmosférica avanzada y la modelización de alta resolución.



Evidencia científica y referencias

Hangan, H., & Kareem, A. (2021). *The Oxford Handbook of Non-Synoptic Wind Storms*. Oxford University Press.

Lionello, P., Abrantes, F., Gacic, M. et al. (2014). *The climate of the Mediterranean region: research progress and climate change impacts*. *Regional Environmental Change*, 14, 1679–1684.

European Environment Agency (EEA). (2017). *Climate change adaptation and disaster risk reduction in Europe*. Report No.15-2017.

Calotescu, I., Bitca, D., & Repetto, M. P. (2025). *Full-scale monitoring of a telecommunication lattice tower under synoptic and thunderstorm winds*.

11.a.6. Promover el uso de tecnologías digitales para la preservación del patrimonio cultural

La propuesta se dirige a proteger el patrimonio cultural (las estructuras de los monumentos históricos, pinturas, esculturas, yacimientos arqueológicos, etc.), estrechamente ligado a la identidad cultural de un territorio, ante eventos climáticos extremos. Las tecnologías digitales ofrecen soluciones para anticiparse a una restauración más eficaz en caso de catástrofe que evite reemplazar los restos de monumentos históricos, pinturas, esculturas, archivos, etc. El proceso de digitalización no solo es importante para la protección, conservación y restauración, sino que también permite investigar y hacer difusión y promoción de los bienes culturales.

Acciones clave:

- Desarrollo de gemelos digitales (creación de réplicas virtuales de bienes de patrimonio cultural). Este tipo de tecnología se puede usar para realizar intervenciones o reproducir objetos, lugares o monumentos históricos destruidos por cualquier catástrofe natural (un ejemplo lo encontramos en la reconstrucción de Notre Dame en París) y permite realizar simulaciones para prevenir o examinar cómo actuar en caso de necesidad. Un gemelo digital permite estudiar cómo afectan la humedad y los cambios de temperatura a los monumentos históricos, así como replicar el patrimonio dañado en caso de catástrofe. También permite los estudios no intrusivos en periodos de normalidad, lo que ayuda a una menor intervención humana en el bien.
- Digitalización de los archivos históricos. Permite su conservación a lo largo del tiempo y minimiza el riesgo de pérdida ante Desastres Socioambientales, como inundaciones o incendios.
- La fotogrametría (realización de modelos fotográficos por los que mediante una serie de fotografías superpuestas se generan modelos 3D de alta resolución con su correspondiente georreferenciación) constituye



una herramienta valiosa en las cartografías sistematizadas que pueden aportar funcionalidad y memoria, también en situaciones de emergencia.

Limitaciones y advertencias

1. Los gemelos digitales requieren datos precisos y actualizados; su utilidad disminuye si no se mantiene la documentación técnica.
2. La digitalización no sustituye la conservación física, y puede generar una falsa sensación de seguridad ante riesgos materiales.
3. La fotogrametría y el modelado 3D pueden presentar limitaciones en entornos con acceso restringido o condiciones de luz desfavorables.
4. La gestión digital del patrimonio exige interoperabilidad entre sistemas y estándares comunes, aún poco consolidados a nivel internacional.

Evidencia científica y referencias

Espinosa Espinosa, D., & Carrero Pazos, M. (2018). Tecnologías digitales para el estudio, la difusión y preservación del patrimonio histórico y cultural gallego: contribuciones del proyecto Epigraphica 3.0. *Sémata: Ciencias Sociais E Humanidades*, (30). <https://doi.org/10.15304/s.30.5358>

Fraile, M. (2015). Tecnología digital una posible herramienta para la conservación del patrimonio arquitectónico. *PENSUM*, 1(1), 70-82.

Torres, J., Cano, P., Melero, J., España, M., & Moreno, J. (2010). Aplicaciones de la digitalización 3D del patrimonio. *Virtual Archaeology Review*, 1, 51-54. <https://doi.org/10.4995/VAR.2010.4768>

Vidal, F. J., & Bertacchi, G. El uso de modelos 3D como herramientas para acciones de conservación del patrimonio. *Publicación del instituto universitario de restauración del patrimonio de la UPV*, 84.

11.a.7. Incorporar la perspectiva de especial vulnerabilidad frente al cambio climático de personas mayores, con discapacidad, migrantes y con riesgo de aislamiento social

Descripción de la propuesta

Cuando se habla de emergencias climáticas, destaca la pertinencia de tener en cuenta que no todas las personas o grupos poblacionales, así como tampoco todos los territorios, se enfrentan a los mismos riesgos asociados a fenómenos climatológicos extremos, sus derivadas e impactos. La vulnerabilidad social puede entenderse como una medida tanto de la sensibilidad de una población a los peligros naturales como de su capacidad para responder a los efectos de los peligros y recuperarse de ellos (Cutter y Finch, 2008). Muchos de los determinantes de la vulnerabilidad frente a las emergencias climáticas confluyen en los siguientes grupos sociales:

- Edad avanzada: aunque el cambio climático afecta a todas las personas, lo hace desproporcionadamente en el caso de las personas mayores



(Schela, 2022), derivado de una mayor vulnerabilidad por factores fisiológicos, sociales y contextuales que aumentan el riesgo de sufrir efectos adversos (Sarkar et al., 2023). Dentro de las personas mayores, se pueden identificar diferentes vulnerabilidades. Por ejemplo, en función del sexo, las mujeres mayores pueden mostrarse más vulnerables que sus pares masculinos ante determinados fenómenos (van Steen et al., 2019), así como las personas mayores con peores condiciones de salud pre-existentes están en mayor riesgo que la población general (Bose-O'Reilly et al., 2021).

- Discapacidad: La literatura académica desarrollada señala que las personas con discapacidad se ven especialmente afectadas por los fenómenos climatológicos extremos en tres etapas diferentes: antes del desastre (acceso a la información, sistemas de aviso); durante el desastre (limitaciones en evacuación y transporte), y después del desastre (alimentación, agua, vivienda, ayuda médica) (Gaskin et al., 2017).
- Aislamiento social. En el caso de las personas mayores, por ejemplo, que son uno de los colectivos más vulnerables a los fenómenos climatológicos extremos, el aislamiento social puede empeorar las condiciones de salud y elevar el riesgo de muerte en caso de ola de calor (Bouchama et al., 2007; Courtin y Knapp, 2017), motivo por el cuál las intervenciones focalizadas en reducir el aislamiento social podrían limitar el impacto de las olas de calor en la mortalidad de las personas mayores (Orlando et al., 2021).
- Personas migrantes, desplazadas y refugiadas, con especial atención a niñas y mujeres (Castilla y Escribano, 2025; Adger et al., 2018; Rajan et al., 2017).

Limitaciones y advertencias

La identificación y atención a la vulnerabilidad social exige datos desagregados, actualizados y territorializados, así como una coordinación efectiva entre servicios sociales, sanitarios y de protección civil.

Evidencia científica y referencias

Anu, A., Sonia, G. L., & Ismail, K. (2023). Effect of climate change on health in older persons. *Wits Journal of Clinical Medicine*, 5(2), 79-84.

Benmarhnia, T., Deguen, S., Kaufman, J. S., & Smargiassi, A. (2015). Vulnerability to heat-related mortality: A systematic review, meta-analysis, and meta-regression analysis. *Epidemiology*, 26(6), 781-793.

Bose-O'Reilly, S., Daanen, H., Deering, K., Gerrett, N., Huynen, M. M. T. E., Lee, J., ... & Nowak, D. (2021). COVID-19 and heat waves: New challenges for healthcare systems. *Environmental Research*, 198, 111153.

Bouchama, A., Dehbi, M., Mohamed, G., Matthies, F., Shoukri, M., & Menne, B. (2007). Prognostic factors in heat wave-related deaths: a meta-analysis. *Archives of internal medicine*, 167(20), 2170-2176.



Courtin, E., & Knapp, M. (2017). Social isolation, loneliness and health in old age: a scoping review. *Health & social care in the community*, 25(3), 799-812.

Cutter SL, Finch C (2008). Temporal and spatial changes in social vulnerability to natural hazards. *PNAS* 7(105):2301–2306.

Ellena, M., Ballester, J., Mercogliano, P., Ferracin, E., Barbato, G., Costa, G., & Ingole, V. (2020). Social inequalities in heat-attributable mortality in the city of Turin, northwest of Italy: a time series analysis from 1982 to 2018. *Environmental Health*, 19(1), 116.

Gaskin, C. J., Taylor, D., Kinnear, S., Mann, J., Hillman, W., & Moran, M. (2017). Factors associated with the climate change vulnerability and the adaptive capacity of people with disability: a systematic review. *Weather, Climate, and Society*, 9(4), 801-814.

Jodoin, S., Ananthamoorthy, N., & Lofts, K. (2020). A disability rights approach to climate governance. *Ecology LQ*, 47, 73.

Kemen, J., Schäffer-Gemein, S., Grünewald, J., & Kistemann, T. (2021). Heat perception and coping strategies: a structured interview-based study of elderly people in Cologne, Germany. *International journal of environmental research and public health*, 18(14), 7495.

Marí-Dell'Olmo, M., Tobías, A., Gómez-Gutiérrez, A., Rodríguez-Sanz, M., García de Olalla, P., Camprubí, E., ... & Borrell, C. (2019). Social inequalities in the association between temperature and mortality in a South European context. *International journal of public health*, 64(1), 27-37.

Orlando, S., Mosconi, C., De Santo, C., Emberti Gialloreti, L., Inzerilli, M. C., Madaro, O., ... & Liotta, G. (2021). The effectiveness of intervening on social isolation to reduce mortality during heat waves in aged population: a retrospective ecological study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(21), 11587.

Otto, I. M., Reckien, D., Reyer, C. P., Marcus, R., Le Masson, V., Jones, L., ... & Serdeczny, O. (2017). Social vulnerability to climate change: a review of concepts and evidence. *Regional environmental change*, 17, 1651-1662.

Prina, M., Khan, N., Khan, S. A., Caicedo, J. C., Peycheva, A., Seo, V., ... & Sadana, R. (2024). Climate change and healthy ageing: An assessment of the impact of climate hazards on older people. *Journal of Global Health*, 14, 04101.

Sarkar, S. M., Dhar, B. K., Fahlevi, M., Ahmed, S., Hossain, M. J., Rahman, M. M., ... & Rajamani, R. (2023). Climate change and aging health in developing countries. *Global Challenges*, 7(8), 2200246.

Schwela, D. (2022). Climate change, vulnerability, and older people. In *Encyclopedia of Gerontology and Population Aging* (pp. 1022-1028). Cham: Springer International Publishing.

Van Steen, Y., Ntarladima, A. M., Grobbee, R., Karssenbergh, D., & Vaartjes, I. (2019). Sex differences in mortality after heat waves: are elderly women at higher risk?. *International archives of occupational and environmental health*, 92(1), 37-48.

World Health Organization. (2022). *Global report on health equity for persons with disabilities*. Geneva: World Health Organization. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

Adger, W. N., De Campos, R. S., & Mortreux, C. (2018). Mobility, displacement and migration, and their interactions with vulnerability and adaptation to environmental risks. In *Routledge handbook of environmental displacement and migration* (pp. 29-41). Routledge.

Rajan, S. I., & Bhagat, R. B. (Eds.). (2017). *Climate change, vulnerability and migration*. Taylor & Francis.



Castilla, K. & Escribano, P. (2025) Movilidad humana y adaptación al cambio climático: Conceptos clave para la acción. IDHC-OIM. COLEX.

11.a.8. Desarrollar planes de prevención y adaptación ante los riesgos del cambio climático en salud, específicos, integradores y adecuados a cada zona geográfica

Descripción de la propuesta

Crear un sistema de alerta y monitorización de riesgos ambientales/climáticos (similar a Meteosalud) sobre la salud pública. Se propone diseñar un Plan de Vigilancia en Salud que tenga en cuenta, monitorice y permita emitir alertas tempranas sobre los efectos en morbilidad y mortalidad de la temperatura, contaminación atmosférica (tanto la de origen urbano como la relacionada con incendio forestales, advección de polvo del Sahara o "picos" de ozono en olas de calor), sequía, inundaciones, calidad del agua y de los alimentos. Además, se propone la identificación de zonas y personas en situación de vulnerabilidad ante los riesgos climáticos, específicos y adecuados a cada zona geográfica (Ej: zonas en riesgo de sequías, inundaciones, incendios, transmisión de enfermedades de transmisión vectorial, personas en situación de pobreza energética, mayores, personas en situación de dependencia...).

Estos instrumentos incluirían, entre otros aspectos, el diseño de protocolos específicos en centros hospitalarios para responder a los eventos climáticos extremos previamente identificados, así como medidas de atención a personas en situación de vulnerabilidad y de apoyo frente al impacto en la salud mental de la población afectada. Asimismo, se propone que los Comités Nacionales de gestión del riesgo de desastres incorporen al menos a un experto en salud mental, encargado de identificar las actividades preventivas más necesarias y eficaces en cada contexto, evaluarlas y contribuir a la elaboración de una guía de prevención basada en la evidencia, que sirva de referencia para el diseño de programas y políticas. Por otra parte, se plantea que las políticas, planes y programas frente a fenómenos meteorológicos y climáticos extremos especifiquen claramente los mecanismos de coordinación intra e intergubernamental, incluyendo la colaboración con los servicios sociosanitarios y con las empresas de reconstrucción y gestión de seguros, con el fin de lograr una reconstrucción temprana, agilizar los procesos de cobro de seguros y reducir o eliminar rápidamente los estresores secundarios derivados de la emergencia

Limitaciones y advertencias

1. Los Planes de Vigilancia en Salud han de ser evaluados y reevaluados ya que la relación entre los fenómenos y los riesgos para la salud pública están en constante evolución.



2. La efectividad de los planes es altamente variable según el contexto en el que se pretende implementar y el riesgo específico frente al que pretenden proteger, por lo que es fundamental realizar un análisis previo. En algunos riesgos, aún es un área en investigación y el beneficio podría ser limitado o tener otros impactos sobre la salud mental (ansiedad).
3. Es crucial que involucren activamente a las comunidades expuestas a los diversos peligros, faciliten la educación y concienciación sobre los riesgos, sean eficaces en la difusión de alertas y garanticen la preparación y posibilidad de actuar lo más rápido posible ante el riesgo. El reconocimiento de los beneficios por parte de la población objetivo es crítico para la eficacia de un sistema de alertas tempranas.
4. Se han detectado inconsistencias en la comprensión, definición y aplicación de indicadores entre países, por lo que la discusión sobre la utilidad de un consenso para evaluaciones de vulnerabilidad y riesgos continúa abierta.

Evidencia científica y referencias

Alari, A. et al. (2025) «Quantifying the short-term mortality effects of wildfire smoke in Europe: a multicountry epidemiological study in 654 contiguous regions», *The Lancet Planetary Health*, 9(8). Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.lanplh.2025.101296>.

Botezat E, Linares X, Salvador P, Navas MA, Díaz J López-Bueno JA. Short-term effects of air pollution and heat waves on emergency hospital admissions due to specific causes on days with advections of particulate matter due to biomass combustion in Spain. *Science of The Total Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.179560>. 981, 15 June 2025, 179560

Daalen, K.R. van et al. (2024) «The 2024 Europe report of the Lancet Countdown on health and climate change: unprecedented warming demands unprecedented action», *The Lancet Public Health*, 9(7), pp. e495-e522. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(24\)00055-0](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(24)00055-0).

Díaz J, Carmona R, Mirón IJ, Luna MY, Linares C. Time trend in the impact of heat waves on daily mortality in Spain for a period of over thirty years (1983-2013). *Environment International* 2018; 116:10-17. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.04.001>.

European Environment Agency (2024) Responding to climate change impacts on human health in Europe: focus on floods, droughts and water quality. EEA Report 3/2024. Luxembourg: Publications Office of the European Union. Disponible en: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/responding-to-climate-change-impacts> (Accedido: 15 de octubre de 2025).

Feldbusch, H. et al. (2025) «Assessing the effectiveness of the heat health warning system in preventing mortality in 15 German cities: A difference-in-differences approach», *Environment International*, 203, p. 109746. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2025.109746>.

Hookway, A. et al. (2024) «Exploring the effectiveness of flood early warning systems for mitigating the health impacts of flooding: a scoping review», *The Lancet*, 404, p. S18. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(24\)02010-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(24)02010-5).

Linares C, Sanchez-Martinez G, Kendrovski V, Diaz J. A New Integrative Perspective on Early Warning Systems for Health in the Context of Climate Change. *Environmental Research* 187 (2020) 109623. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109623>.



Linares C, Carmona R, Salvador P, Díaz J . Impact on mortality of biomass combustion from wildfires in Spain: a regional analysis. *Science of the Total Environment*.2018; 622-623:547-555. [https://doi:10.1016/j.scitotenv.2017.11.321](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.321).

López-Bueno JA, Alonso P, Navas-Matín MA, Mirón IJ, Belda F, Díaz J, Linares C. Determination of heat wave definition temperatures in Spain at an isoclimatic level: Time trend of heat wave duration and intensity across the decade 2009-2018. *Environmental Science Europe*. <https://doi.org/10.1186/s12302-024-00917-6>. (2024) 36:83.

Padrón-Monedero A, Linares C, Díaz J, Nogueira-Zambrano I. Impact of drought on mental and behavioral disorders review, contributions of research in a climate change context. A narrative review. *International Journal of Biometeorology*. 2024. <https://doi.org/10.1007/s00484-024-02657-x>

Ruiz-Páez R, Díaz J, López-Bueno JA, Navas MA, Mirón IJ, Martínez GS, Luna MY, Linares C. Does the meteorological origin of heat waves influence their impact on health? A 6-year morbidity and mortality study in Madrid (Spain). *Sciences of the Total Environment*. 855 (2023) 158900. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158900>

Ruiz-Páez R, Díaz J, López-Bueno JA, Saez M, Barceló MA, Navas MA, Linares C. Economic estimation and impact of air pollution and temperature extremes on emergency hospital admissions in Spain. *Sciences of the Total Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.178867>. 968 (2025) 178867

Ruiz-Páez R, López-Bueno JA, Padrón-Monedero A, Navas MA, Salvador P, Linares C, Díaz J . Short-term effects of fine particulate matter from biomass combustion and Saharan dust intrusions on emergency hospital admissions due to mental and behavioural disorders, anxiety and depression in Spain. *Science of the Total Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.174316>. 946 (2024) 174316

Salvador C, Nieto R, Linares C, Díaz J, Gimeneo L. Short-term effects of drought on daily mortality in Spain from 2000-2009. 183 (2020) 109200. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109200> *Environment Research*.

World Health Organization (2025) Mapping climate change and health indicators. World Health Organization. Disponible en: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240112346> (Accedido: 15 de octubre de 2025).

11.a.9. Evaluar el riesgo de enfermedades transmitidas por vectores y promover la realización de simulacros y la colaboración internacional

Descripción de la propuesta

Realizar evaluaciones periódicas de riesgo, simulacros y colaboración con otros países en función de las circunstancias de distribución espacial de los vectores y factores de transporte y comercio; reforzar la gestión del riesgo en puntos de entrada.

Limitaciones y advertencias

La efectividad de las evaluaciones y simulacros depende de su periodicidad, realismo y coordinación interinstitucional. La colaboración internacional requiere acuerdos estables e interoperabilidad técnica y sensibilidad geopolítica.



Es necesario integrar y aprovechar las redes de vigilancia de vectores de las CCAA.

Evidencia científica y referencias

Ministerio de Sanidad. Plan Nacional de Prevención, Vigilancia y Control de las enfermedades transmitidas por vectores. Parte I (Aedes) y II (Culex), abril 2023; Parte III (garrapatas), julio 2024. Madrid: Ministerio de Sanidad. Disponible en: https://www.sanidad.gob.es/areas/alertasEmergenciasSanitarias/preparacionRespuesta/docs/PLAN_DE_VECTORES.pdf | Plan de Vectores, 19.5 (pp. 78–79).

WHO. Dengue and severe dengue [Internet]. 2021–2023. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/dengue-and-severe-dengue>

World Health Organization. Global Vector Control Response 2017–2030. Geneva: WHO; 2017. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/259205>

ECDC; EFSA. VectorNet: distribution of arthropod vectors in Europe [Internet]. 2023. <https://vectornet.ecdc.europa.eu>

11.a.10. Crear un sistema nacional de vigilancia y prevención de riesgos biológicos emergentes laborales integrado en Prevención de Riesgos Laborales

Descripción de la propuesta

Crear un subsistema de vigilancia en el SINAC-PRL que integre datos del Plan Nacional de Enfermedades Transmitidas por Vectores (Aedes/Culex) y de salud laboral, con obligación empresarial de evaluar riesgo vectorial (territorio/estación/tarea), medidas preventivas (ropa/EPI, repelentes, horarios, control de criaderos) y formación específica en sectores expuestos (agricultura, jardinería, aguas, residuos). La evidencia señala la correlación entre expansión de nuevos vectores asociados al cambio climático (virus del Nilo, Crimea-Congo, etc.) y carga laboral. Se subraya la necesidad de incorporar estos riesgos “larvados” a la evaluación preventiva.

Dentro de este sistema nacional de vigilancia, se recomienda prestar una atención específica a los sectores vinculados al ciclo del agua (abastecimiento, saneamiento, depuración, reutilización y gestión de residuos líquidos), donde el cambio climático puede incrementar la exposición laboral a aerosoles biológicos, patógenos emergentes y microbios portadores de resistencias antimicrobianas.

Limitaciones y advertencias

El nivel de consenso es muy alto a pesar de que, debido a su situación “larvada” pueden menospreciarse los impactos.



Se requiere prestar atención a las condiciones de los distintos territorios, tanto de forma constante como puntual, en función de los distintos fenómenos meteorológicos. Habrá de estar coordinado siguiendo criterios de One Health.

Evidencia científica y referencias

Hedrich, N., Bekker-Nielsen Dunbar, M., Grobusch, M. P., & Schlagenhauf, P. (2025). Aedes-borne arboviral human infections in Europe from 2000 to 2023: A systematic review and meta-analysis. *Travel Medicine and Infectious Disease*, 64. <https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2025.102799>

Obradovic, Z., Smjecanin, E., Pindzo, E., Omerovic, H., & Cibo, N. (2022). A LITERATURE REVIEW ON VECTOR BORNE DISEASES. *International Journal of Medical Reviews and Case Reports*, 6(Reports in Surgery, Orthopaedi), 1. <https://doi.org/10.5455/IJMRCR.172-1639404085>

Pham, C. T., Nguyen, H. T., Le, H. H. T. C., Tran, N. Q. L., Do, K. Q., Bui, V., Phung, H., Phung, D., & Chu, C. (2025). Challenges and Strategies for the Development and Implementation of Climate-Informed Early Warning Systems for Vector-Borne Diseases: A Systematic Review. *Tropical Medicine and International Health*. <https://doi.org/10.1111/tmi.70045>

Schulte, P. A., Bhattacharya, A., Butler, C. R., Chun, H. K., Jacklitsch, B., Jacobs, T., Kiefer, M., Lincoln, J., Pendergrass, S., Shire, J., Watson, J., & Wagner, G. R. (2016). Advancing the framework for considering the effects of climate change on worker safety and health. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 13(11), 847-865. <https://doi.org/10.1080/15459624.2016.1179388>

Schulte, P. A., & Chun, H. K. (2009). Climate change and occupational safety and health: Establishing a preliminary framework. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 6(9), 542-554. <https://doi.org/10.1080/15459620903066008>

Lauvàs, A. J., Graff, P., Afanou, A. K., Duchaine, C., Veillette, M., Myrmel, M., & Straumfors, A. (2025). Pepper mild mottle virus as a potential indicator of occupational exposure to airborne viruses in wastewater treatment plants. *Annals of Work Exposures and Health*, 69(5), 495–509. <https://doi.org/10.1093/annweh/wxaf020>

Morales-Mora E, Badilla-Aguilar A, Rivera-Navarro P, Alfaro-Arrieta E, Barrantes-Jiménez K, Ruepert C, Crowe J, Cha-cón-Jiménez L. (2023). Evaluación simplificada de riesgo biológico con R aplicado al proceso de tratamiento de aguas residuales. *Med Segur Trab* 69(273):229-42. <https://doi.org/10.4321/s0465-546x2023000400002>

11.a.11. Promover la vigilancia de morbilidad asociada al cambio climático

Descripción de la propuesta

Promover la vigilancia de la morbilidad asociada al cambio climático y a riesgos emergentes (enfoque One Health), integrando datos ambientales y de salud para orientar medidas de prevención, mitigación y respuesta.

Limitaciones y advertencias

- La atribución directa de casos de morbilidad al cambio climático requiere modelos epidemiológicos complejos y datos longitudinales.



- La integración de datos ambientales y de salud humana exige interoperabilidad técnica y protocolos éticos de uso compartido.
- La vigilancia efectiva depende de la capacidad de respuesta sanitaria local, que puede ser limitada en zonas vulnerables.
- Los riesgos emergentes asociados al clima pueden evolucionar rápidamente, lo que exige actualización continua del sistema de vigilancia.

Evidencias científicas y referencias que sustentan la propuesta

WHO. COP26 Special Report on Climate Change and Health. Geneva: WHO; 2021. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240036727>

IPCC. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. WGII AR6. Geneva: IPCC; 2022. Available from: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>

11.a.12. Desarrollar un sistema de satélites para afrontar la emergencia climática

Descripción de la propuesta

La propuesta consiste en desarrollar un sistema de satélites que permita mejorar la prevención y respuesta ante emergencias meteorológicas. Los satélites permiten observar grandes territorios con alta frecuencia y resolución, ofreciendo información clave para todo el ciclo de gestión de emergencias: anticipación, seguimiento y recuperación. Por ejemplo, los satélites actuales (Sentinel) han ayudado a seguir en tiempo real los incendios que han asolado diferentes partes de España en 2025. En inundaciones repentinas (como episodios tipo DANA) y en incendios, las imágenes y productos derivados facilitan la detección temprana, el monitoreo casi en tiempo real del evento y la evaluación de daños para priorizar recursos y coordinar dispositivos. La combinación de sensores ópticos de muy alta resolución y cargas térmicas aporta detalle espacial y sensibilidad al calor, útil para localizar focos activos y valorar la evolución del frente; el refuerzo con capacidades de radar añade robustez operativa en condiciones adversas. Todo ello se traduce en mejores decisiones para protección civil, administraciones y servicios esenciales, reduciendo tiempos de respuesta y costes sociales y económicos.

La necesidad de inversión se explica por tres brechas: (i) frecuencia de revisita, porque en crisis dinámicas se requieren datos en cuestión de horas, no días; (ii) latencia y disponibilidad operativa, con flujos preparados específicamente para emergencias; y (iii) capacidad propia, que asegure continuidad de servicio y adaptación a necesidades nacionales y locales. Invertir en constelaciones y componentes nacionales orientadas a emergencias climáticas —con datos



rápidos, fiables y accionables— refuerza la resiliencia del país y multiplica el impacto en otros ámbitos como agricultura, medio ambiente y seguridad.

Limitaciones y advertencias

El desarrollo de capacidades satelitales requiere una inversión significativa, planificación a largo plazo y coordinación interministerial. Además, conviene abordar retos técnicos como la latencia, la frecuencia de revisita y la cobertura territorial, evitando duplicidades y asegurando que los productos generados sean útiles, accionables y adaptados a las necesidades locales.

Evidencia científica y referencias

Los satélites son piezas críticas en todo el ciclo de gestión de emergencias climáticas: prevención, control y respuesta/recuperación. A escala preventiva, las series temporales multiespectrales permiten caracterizar exposiciones dinámicas (p. ej., humedad del suelo, estado de la vegetación y ocupación del territorio) y detectar cambios anómalos que anticipan riesgos (Joyce et al., 2009). En la fase de control y operación, los sensores ópticos de muy alta resolución aportan detalle cartográfico para planificar despliegues y evaluar accesos; los sensores térmicos identifican focos activos y perímetros calientes en tiempo casi real; y el radar de apertura sintética (SAR) ofrece observación día/noche y todo tiempo, manteniendo la continuidad informativa bajo nubes, humo o precipitaciones intensas, como sucede en DANAs o temporales (Torres et al., 2012; Joyce et al., 2009). Tras el evento, la comparación multitemporal apoya la cuantificación de daños, la estimación de población/infraestructura afectada y la priorización de recursos para una recuperación más eficiente (Joyce et al., 2009; Joubert-Boitat et al. 2020). En incendios en particular, para la detección, los productos de focos térmicos de nueva generación incrementan la sensibilidad frente a frentes pequeños o incipientes y mejoran la continuidad frente a limitaciones históricas (Schroeder et al., 2014). Durante el incendio, mejora la conciencia situacional: permite ubicar líneas activas, estimar velocidades de propagación y orientar maniobras de contención y protección de valores expuestos (Torres et al., 2012; Schroeder et al., 2014). Tras el paso del fuego, los métodos estandarizados de área quemada y severidad ofrecen cuantificaciones consistentes del impacto ecológico y de la superficie afectada, muy relevantes para restauración, evaluación de riesgos secundarios y planificación presupuestaria (Giglio et al., 2018; Miller & Thode, 2007). En síntesis, la literatura es concluyente: invertir en capacidades satelitales que combinen baja latencia, revisita frecuente y sensores complementarios reduce la incertidumbre operativa y acorta los tiempos de decisión en emergencias climáticas, al tiempo que mejora la trazabilidad y la evaluación ex post (Joyce et al., 2009; Torres et al., 2012; Schroeder et al., 2014).



Giglio, L., Boschetti, L., Roy, D. P., Humber, M. L., & Justice, C. O. (2018). The Collection 6 MODIS burned area mapping algorithm and product. *Remote Sensing of Environment*, 217, 72–85.

Joubert-Boitat, I., Wania, A. and Dalmasso, S. (2020). Manual for CEMS-Rapid Mapping Products, EUR 30370 EN, Publications Office of the European Union, Ispra. ISBN 978-92-76-21683-4, doi:10.2760/29876, JRC121741.

Joyce, K. E., Belliss, S. E., Samsonov, S. V., McNeill, S. J., & Glassey, P. J. (2009). A review of the status of satellite remote sensing and image processing techniques for mapping natural hazards and disasters. *Progress in Physical Geography*, 33(2), 183–207.

Miller, J. D., & Thode, A. E. (2007). Quantifying burn severity in a heterogeneous landscape with a relative version of the delta Normalized Burn Ratio (dNBR). *Remote Sensing of Environment*, 109(1), 66–80.

Schroeder, W., Oliva, P., Giglio, L., & Csiszar, I. (2014). The VIIRS 375 m active fire detection algorithm and product. *Remote Sensing of Environment*, 143, 85–96.

Torres, R. et al. (2012). GMES Sentinel-1 mission. *Remote Sensing of Environment*, 120, 9–24.

11.a.13. Desarrollar un plan estratégico de mejora de la conectividad, seguridad y resiliencia de redes de comunicaciones y de infraestructuras digitales

Descripción de la propuesta

La evidencia científica reconoce con carácter generalizado que la conectividad, la seguridad y la resiliencia de las redes de telecomunicaciones y las infraestructuras digitales son fundamentales para enfrentar una emergencia climática.

Conectividad. La conectividad facilita la implementación de tecnologías avanzadas para enfrentar la emergencia climática permitiendo, por ejemplo, el uso de sensores y sistemas de monitoreo remoto que ayudan a tomar decisiones más informadas y sostenibles. Una conectividad robusta depende de arquitecturas de red bien diseñadas, con redundancia y rutas alternativas que permitan mantener la comunicación incluso en situaciones extremas como las emergencias climáticas. La estructura de la red (*hubs*, jerarquías, capas múltiples) influye directamente en la capacidad de absorber y recuperarse de perturbaciones, así como en la propagación de fallos.

Seguridad. Las redes de telecomunicaciones y las infraestructuras digitales son vulnerables, en general y, en particular, en situaciones de emergencia y son esenciales frente a la emergencia climática.

- La evidencia coincide en la necesidad de implementar estrategias de defensa en profundidad, detección de intrusiones, autenticación robusta y marcos normativos para proteger la integridad y disponibilidad de los servicios en situaciones de emergencia climática.



- La seguridad debe abordarse desde una perspectiva de gestión de riesgos, anticipando amenazas tanto físicas como cibernéticas y desarrollando capacidades de respuesta rápida y recuperación en caso de emergencia.

Resiliencia. Se trata de la capacidad de recuperación y adaptación, esto es, la habilidad de las redes de comunicaciones y de infraestructuras digitales para resistir, absorber y recuperarse rápidamente en caso de emergencia, manteniendo o restaurando sus funciones esenciales.

- Esto implica planes de restauración posevento, asignación óptima de recursos y priorización de reparaciones.
- La diversidad en rutas, tecnologías y proveedores, junto con mecanismos de tolerancia a fallos, incrementan la capacidad para soportar y adaptarse a eventos adversos en situaciones de emergencia.
- El uso de métricas específicas (como el Resilience Connectivity Index) y modelos de optimización permite evaluar y mejorar la resiliencia de redes y de infraestructuras de manera sistemática.

La evidencia científica coincide en que la integración de conectividad robusta, seguridad avanzada y resiliencia adaptativa es esencial para garantizar la continuidad y protección de las redes de comunicaciones e infraestructuras críticas frente a amenazas crecientes y complejas y en casos de emergencia.

Limitaciones y advertencias

La implementación de redes digitales resilientes frente a episodios meteorológicos y climáticos extremos requiere inversiones sostenidas, coordinación intersectorial y actualización tecnológica. Sin una planificación estratégica, existe el riesgo de generar infraestructuras fragmentadas, vulnerables o ineficaces ante eventos extremos. Además, la dependencia creciente de sistemas digitales exige reforzar la ciberseguridad y garantizar la equidad en el acceso.

Es recomendable que el desarrollo y crecimiento de los centros de datos se realice a través de soluciones integrales y duraderas, lo que implica establecer criterios de sostenibilidad obligatorios para la implantación y operación de estas infraestructuras.

Evidencia científica y referencias

Kandasamy, P. et al (2025). Redefining Network Resilience: A Comprehensive Metric for Wireless Communications. *Communications on Applied Nonlinear Analysis*, 32 (6) 200.

Neil, R, et al (2025). Enhancing critical network infrastructure resilience through optimal post-disruption maintenance and routing decisions. *Reliability Engineering and System Safety*, Elsevier, 257.



Zubbow, A. et al (2024). ResCTC: Resilience in Wireless Networks through Cross-Technology Communication. 2024 IEEE 35th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC), Valencia, Spain, 2024, pp. 1-6,

Kuikka, V. & Rantanen, H. (2023). Resilience of Multi-Layer Communication Networks. Sensors, 23, 86.

Reggiani, A. (2022). The Architecture of Connectivity: A Key to Network Vulnerability, Complexity and Resilience. Networks and Spatial Economics (2022) 22: 415–437.

Bilbao, R., Ortega, P., Swingedouw, D., Hermanson, L., Athanasiadis, P., Eade, R., Devilliers, M., Doblaz-Reyes, F., et al. (2024). Impact of volcanic eruptions on CMIP6 decadal predictions: a multi-model analysis. Earth System Dynamics, 15(2), 501–525

b. RESPUESTA

11.b.1. Reformar la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y el Reglamento específico sobre riesgos climáticos laborales.

Descripción de la propuesta

Reformar de manera transversal la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL) para:

1. reconocer los “riesgos climáticos laborales” (calor extremo, radiación UV, humo de incendios, inundaciones, polvo y alérgenos, etc.);
2. promover su evaluación específica (WBGT/UTCI, radiación UV, calidad del aire) y planificación preventiva; y
3. habilitar un Reglamento de desarrollo con umbrales, pausas y medidas técnicas/organizativas por sector (por ejemplo, en trabajos en el exterior), no limitado al calor.

La evidencia científica muestra aumento significativo de lesiones y muertes laborales asociadas al calor, pérdidas de productividad relevantes; las guías de la OIT/EU-OSHA y revisiones recientes recomiendan marcos regulatorios con umbrales y protocolos obligatorios.

Limitaciones y advertencias

No existe un consenso absoluto sobre si la unificación holística normativa es, en general, más eficiente que la fragmentación, aunque hay evidencias de cómo en el campo de la salud y seguridad en el trabajo sí lo es.

Evidencia científica y referencias

Bartesaghi Koc, C., Osmond, P., & Peters, A. (2018). Evaluating the cooling effects of green infrastructure: A systematic review of methods, indicators and data sources. Solar Energy, 166, 486-508. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.03.008>



Brown, H. A., Topham, T. H., Clark, B., Smallcombe, J. W., Flouris, A. D., Ioannou, L. G., Telford, R. D., Jay, O., & Périard, J. D. (2022). Seasonal Heat Acclimatisation in Healthy Adults: A Systematic Review. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 52(9), 2111-2128. <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01677-0>

Fatima, S. H., Rothmore, P., Giles, L. C., Varghese, B. M., & Bi, P. (2021). Extreme heat and occupational injuries in different climate zones: A systematic review and meta-analysis of epidemiological evidence. *Environment International*, 148, 106384. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106384>

Flouris, A. D., Dinas, P. C., Ioannou, L. G., Nybo, L., Havenith, G., Kenny, G. P., & Kjellstrom, T. (2018). Workers' health and productivity under occupational heat strain: A systematic review and meta-analysis. *The Lancet Planetary Health*, 2(12), e521-e531. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(18\)30237-7](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(18)30237-7)

International Labor Organization. (2024). Heat at work: Implications for safety and health. ILO. https://www.ilo.org/sites/default/files/2024-07/ILO_OSH_Heatstress-R16.pdf?utm_source=chatgpt.com

Kosny, A., Ståhl, C., O'Hagan, F., Redgrift, L., Sanford, S., Carrasco, C., Tompa, E., Mahood, Q., & MacEachen, E. (2016). Systematic review of qualitative literature on occupational health and safety legislation and regulatory enforcement planning and implementation. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 42(1), 3-16.

Kreuder-Sonnen, C., & Zürn, M. (2020). After fragmentation: Norm collisions, interface conflicts, and conflict management. *Global Constitutionalism*, 9(2), 241-267. <https://doi.org/10.1017/S2045381719000315>

Parsons, K. C. (1995). International heat stress standards: A review. *Ergonomics*, 38(1), 6-22. <https://doi.org/10.1080/00140139508925081>

Xu, Z., FitzGerald, G., Guo, Y., Jalaludin, B., & Tong, S. (2016). Impact of heatwave on mortality under different heatwave definitions: A systematic review and meta-analysis. *Environment International*, 89-90, 193-203. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.02.007>

11.b.2. Desarrollar protocolos de Prevención de Riesgos Laborales climáticos obligatorios en la negociación colectiva (art. 85 ET) y en los planes de empresa

Descripción de la propuesta

Se propone generalizar, vía norma y diálogo social, protocolos de actuación ante fenómenos meteorológicos adversos con: activación por avisos AEMET (naranja/rojo), reajuste de jornada y tareas, pausas y refugios climáticos, hidratación, EPI frente a UV, y criterios de paralización segura. La evidencia recomienda protocolos escritos y formación, y los estudios muestran que reducen los riesgos frente eventos adversos e incrementan el cumplimiento.

La literatura española reciente documenta el avance de la “negociación colectiva verde” y la incorporación de cláusulas climáticas y de formación en convenios. Además, la doctrina nacional ha identificado llamadas legales recientes a negociar estos protocolos y ejemplos sectoriales. Se propone una reforma integral de la LPRL y un Reglamento específico de riesgos climáticos laborales.

Limitaciones y advertencias



- La implementación de protocolos climáticos requiere adaptación sectorial, coordinación interinstitucional y recursos suficientes. Existe el riesgo de desigual aplicación en sectores con menor capacidad negociadora o alta temporalidad.
- Esta regulación implicará reformar otras normas en materia preventiva, muchas de ellas técnicas.
- Será necesario elaborar guías específicas en determinados sectores que sirvan de referencia para las empresas más pequeñas, o bien articular a nivel negocial supraempresarial para marcar el camino a los protocolos de las pequeñas empresas.

Evidencia científica y referencias

Álvarez Cuesta, H. (2025a). La prevención de riesgos laborales ante los efectos del cambio climático. *Revista de derecho de la seguridad social. Laborum*, 43, 31-56.

Álvarez Cuesta, H. (2025b). Los retos de la negociación colectiva «verde». *Revista Catalana de Dret Ambiental*, 16(1). <https://raco.cat/index.php/rcda/article/view/10000006456>

ETUC. (2020). A GUIDE FOR TRADE UNIONS: Adaptation to Climate Change and the world of work. ETUC. https://www.etuc.org/sites/default/files/publication/file/2020-08/ETUC-adaptation-climate-guide_EN.pdf

Frey, D. F., Macnaughton, G., Kaur, A. H., & Taborda, E. K. (2021). Crises as Catalyst. *Health and Human Rights*, 23(2), 153-165.

Herdic, C. (2019). The Proposed 100 by 50' Act: Protecting Collective Bargaining of Workers in a "Just Transition" to a Clean-Energy Future. *Environmental Claims Journal*, 31(2), 133-159. <https://doi.org/10.1080/10406026.2018.1547528>

Kosny, A., Ståhl, C., O'Hagan, F., Redgrift, L., Sanford, S., Carrasco, C., Tompa, E., Mahood, Q., & MacEachen, E. (2016). Systematic review of qualitative literature on occupational health and safety legislation and regulatory enforcement planning and implementation. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 42(1), 3-16.

Trujillo Pons, F., & Megino Fernandez, D. (2024). Mental Health, Psychosocial Risks, and the Right to Digital Disconnection from Work: The Role of Collective Bargaining with a Focus on Spanish Social Dialogue. *International Journal of Comparative Labour Law and Industrial Relations*, 40, 227.

Xu, Z., FitzGerald, G., Guo, Y., Jalaludin, B., & Tong, S. (2016). Impact of heatwave on mortality under different heatwave definitions: A systematic review and meta-analysis. *Environment International*, 89-90, 193-203. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.02.007>

11.b.3. Actualizar la normativa de jornada y organización del trabajo al aire libre con umbrales térmicos y pausas obligatorias

Descripción de la propuesta

Revisar los criterios mínimos y obligatorios para trabajo al aire libre y en interiores calurosos (RD 486/1997) actualmente son buenas prácticas no de obligado cumplimiento por parte de las empresas: escalas WBGT/UTCI por intensidad de



tarea, límites de tiempo-exposición, pausas y rehidratación, reorganización de turnos, y prohibición de determinadas tareas por encima de umbrales adaptados a las proyecciones de temperaturas que vienen. La literatura y guías de OIT/EU-OSHA recomiendan actualizar los umbrales y pausas para reducir agotamiento por calor, lesiones y mortalidad. Revisiones sistemáticas muestran pérdidas de productividad cercanas al 10% (y mayores en escenarios severos) si no se actúa.

Limitaciones y advertencias

Implicaría reformar el RD de jornadas especiales para trabajos penosos, incluir otras actividades. Esta regulación se va a superponer (o se van a repetir) con las medidas de prevención previstas en los protocolos climáticos.

El consenso y el impacto de la medida es alto. La elección del índice (WBGT vs. UTCI) y valores exactos requiere adaptación sectorial y probablemente discusión dentro del diálogo social.

Evidencia científica y referencias

EU-OSHA. (2023). Heat at work—Guidance for workplaces. European Agency for Safety and Health at Work. <https://oshwiki.osha.europa.eu/en/themes/heat-work-guidance-workplaces>

Fatima, S. H., Rothmore, P., Giles, L. C., Varghese, B. M., & Bi, P. (2021). Extreme heat and occupational injuries in different climate zones: A systematic review and meta-analysis of epidemiological evidence. *Environment International*, 148, 106384. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106384>

Flouris, A. D., Dinas, P. C., Ioannou, L. G., Nybo, L., Havenith, G., Kenny, G. P., & Kjellstrom, T. (2018). Workers' health and productivity under occupational heat strain: A systematic review and meta-analysis. *The Lancet Planetary Health*, 2(12), e521-e531. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(18\)30237-7](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(18)30237-7)

International Labor Organization. (2024). Heat at work: Implications for safety and health. ILO. https://www.ilo.org/sites/default/files/2024-07/ILO_OSH_Heatstress-R16.pdf?utm_source=chatgpt.com

Ioannou, L. G., Foster, J., Morris, N. B., Piil, J. F., Havenith, G., Mekjavic, I. B., Kenny, G. P., Nybo, L., & Flouris, A. D. (2022). Occupational heat strain in outdoor workers: A comprehensive review and meta-analysis. *Temperature (Austin, Tex.)*, 9(1), 67-102. <https://doi.org/10.1080/23328940.2022.2030634>

Morris, N. B., Jay, O., Flouris, A. D., Casanueva, A., Gao, C., Foster, J., Havenith, G., & Nybo, L. (2020). Sustainable solutions to mitigate occupational heat strain—An umbrella review of physiological effects and global health perspectives. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 19(1), 95. <https://doi.org/10.1186/s12940-020-00641-7>

Parsons, K. C. (1995). International heat stress standards: A review. *Ergonomics*, 38(1), 6-22. <https://doi.org/10.1080/00140139508925081>

Xu, Z., FitzGerald, G., Guo, Y., Jalaludin, B., & Tong, S. (2016). Impact of heatwave on mortality under different heatwave definitions: A systematic review and meta-analysis. *Environment International*, 89-90, 193-203. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.02.007>



11.b.4. Desarrollar vehículos aéreos no tripulados (UAV) para el control y la extinción de incendios

Descripción de la propuesta

El objetivo es dotar al sector público de un sistema aéreo autónomo multimisión para la lucha contra incendios, que permita abarcar tanto tareas de prevención, vigilancia y control, como tareas de extinción. Los vehículos aéreos no tripulados (UAV) constituyen un medio muy prometedor para el control y extinción de incendios forestales, permitiendo un mayor seguimiento y control de estos y, al mismo tiempo, ventajas inherentes en cuanto al menor riesgo para el personal (pilotos) como al menor coste operativo. Pero se señala como recomendable eliminar las barreras de acceso tanto tecnológicas como regulatorias y comerciales para su implantación en un futuro cercano. Una barrera regulatoria a superar consiste en facilitar los permisos de vuelo necesarios.

Limitaciones y advertencias

La implantación de UAV para incendios forestales requiere superar barreras regulatorias, logísticas y tecnológicas, especialmente en tareas de extinción a gran escala. Además, conviene acompañar su despliegue debe acompañarse de formación especializada, certificación aeronáutica adecuada y evaluación continua de su eficacia en distintos escenarios y condiciones climáticas.

Evidencia científica y referencias

El avance en la tecnología de aeronaves no tripuladas ha permitido que se comiencen a usar en tareas de prevención, vigilancia y control, proporcionando ventajas evidentes sobre el uso de aeronaves tripuladas en coste, operatividad, reducción del riesgo, etc. (Keerthinathan et al., 2023; Filkov et al., 2021; Hossain et al., 2020). En cuanto a la extinción de incendios, hay estudios científicos que avalan distintos métodos para verter agua con plataformas no tripuladas, principalmente en escenarios controlados o urbanos (Viegas et al., 2022), incluyendo el uso de robots-manguera aéreos con control remoto (Yamauchi et al., 2023), diseños multirrotor de gran capacidad (Peña et al., 2022) y sistemas aéreos propulsados por chorro de agua que usan el propio flujo para volar y extinguir (Huynh & Kim, 2023). En conjunto, la literatura indica que verter agua con UAV es factible y prometedor para focos puntuales y entornos complejos, pero su despliegue en grandes incendios forestales sigue limitado por carga útil, logística, autonomía y patrón de descarga, por lo que se requiere demostración a escala y protocolos de integración con los dispositivos existentes. La extinción de incendios forestales mediante descargas de agua requeriría un certificado de aeronavegabilidad más completo a la hora de su operación, lo que limita su uso a corto-medio plazo.



Filkov, A. I., Cirulis, B., & Penman, T. D. (2021). Quantifying merging fire behaviour phenomena using unmanned aerial vehicle technology. *International Journal of Wildland Fire*, 30(3), 197–214.

Hossain, F. M. A., Zhang, Y. M., & Tonima, M. A. (2020). Forest fire flame and smoke detection from UAV-captured images using fire-specific color features and multi-color space local binary pattern. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 8(4), 285–309.

Huynh, T., & Kim, Y.-B. (2023). Motion control system design for a novel water-powered aerial system for firefighting with flow-regulating actuators. *Drones*, 7(3), 162.

Keerthinathan, P., Amarasingam, N., Hamilton, G., & Gonzalez, F. (2023). Exploring unmanned aerial systems operations in wildfire management: data types, processing algorithms and navigation. *International Journal of Remote Sensing*, 44(18), 5628–5685.

Peña, P. F., Ragab, A. R., Luna, M. A., Ale Isaac, M. S., & Campoy, P. (2022). WILD HOPPER: A heavy-duty UAV for day and night firefighting operations. *Heliyon*, 8(6), e09588.

Viegas, C., Chehreh, B., Andrade, J., & Lourenço, J. (2022). Tethered UAV with combined multi-rotor and water jet propulsion for forest fire fighting. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 104, 21.

Yamauchi, Y., Maezawa, Y., Ambe, Y., Konyo, M., Tadakuma, K., & Tadokoro, S. (2023). Development of a remotely controllable 4 m long aerial-hose-type firefighting robot. *Frontiers in Robotics and AI*, 10, 1273676.

c. RECUPERACIÓN

11.c.1. Apoyar la preparación y reconstrucción resiliente de edificios BIC y otros bienes patrimoniales tras catástrofes naturales

Descripción de la propuesta

Apoyar la preparación, reconstrucción y restauración de edificios considerados Bienes de Interés Cultural (BIC) y otros bienes patrimoniales tras catástrofes naturales contribuye de manera directa a la recuperación socioeconómica, la cohesión territorial y la identidad local. Una vía concreta para ello es la asignación de puntos adicionales o criterios de prioridad en convocatorias públicas a municipios que hayan sufrido daños en catástrofes naturales, lo cual incentivaría inversiones coordinadas en patrimonio y resiliencia.

Limitaciones y advertencias

La reconstrucción resiliente de BIC requiere compatibilizar criterios técnicos de adaptación climática con exigencias de conservación patrimonial, lo que puede elevar costes y complejidad. Es clave evitar que los criterios de prioridad excluyan municipios con menor capacidad administrativa.

Evidencia científica y referencias



La literatura especializada respalda la importancia de reconstruir el patrimonio cultural desde una óptica de resiliencia, no solo para conservar los bienes materiales, sino para fortalecer el tejido social y acelerar la recuperación comunitaria. Los procesos adaptativos y de reconstrucción con criterios de riesgo son esenciales para proteger los bienes culturales frente a amenazas emergentes.

Otras investigaciones enfatizan que la vulnerabilidad del patrimonio cultural puede aumentar la exposición de comunidades completas a riesgos climáticos si no se integra en políticas de adaptación. Además, estudios que evalúan metodologías de riesgo climáticos aplicadas a sitios patrimoniales muestran que combinar indicadores climáticos (olas de calor, inundaciones, sequías) con análisis de exposición y vulnerabilidad permite priorizar intervenciones de adaptación específicas.

El informe del IPCC también reconoce que el patrimonio cultural es un componente crítico que atraviesa múltiples dimensiones de vulnerabilidad y adaptación, y que su pérdida puede agravar el impacto social del cambio climático. En el capítulo sobre ciudades e infraestructura del AR6, se alertan riesgos para los bienes patrimoniales por erosión costera, inundaciones y otros fenómenos extremos, y se indica la necesidad de incorporar políticas de protección patrimonial dentro de la planificación urbana climática. Por otro lado, la literatura sobre patrimonio y clima también demanda enfoques holísticos que integren medidas estructurales, institucionales y sociales.

En suma, el respaldo científico muestra que preparar y reconstruir el patrimonio cultural con criterios de resiliencia, riesgo y adaptación no es meramente simbólico: es una estrategia técnica y socialmente robusta. Su prioridad dentro de las ayudas públicas puede actuar como catalizador para que la reconstrucción patrimonial contribuya activamente a la adaptación y la cohesión territorial.

Sesana, E., Gagnon, A. S., Ciantelli, C., Cassar, J., & Hughes, J. J. (2021). Climate change impacts on cultural heritage: A literature review. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 12(4), e710. <https://doi.org/10.1002/wcc.710>

Santangelo, A., Melandri, E., Marzani, G., Tondelli, S., & Ugolini, A. (2022). Enhancing resilience of cultural heritage in historical areas: A collection of good practices. *Sustainability*, 14(9), 5171. <https://doi.org/10.3390/su14095171>

Dodman, D., Hayward, B., Pelling, M., Castán Broto, V., Chow, W., Chu, E., Dawson, R., Khirfan, L., McPhearson, T., Prakash, A., Zheng, Y., & Ziervogel, G. (2022). Chapter 6: Cities, Settlements and Key Infrastructure. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 907–1040). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844.008>

11.c.2. Crear un subsidio por interrupción climática

Descripción de la propuesta



Se propone la creación de un nuevo instrumento de protección social: el “subsido por interrupción climática”. Esta prestación económica de carácter temporal estaría dirigida tanto a trabajadores por cuenta ajena como a autónomos que se vean obligados a suspender su actividad laboral debido a condiciones climáticas extremas, con el objetivo de mitigar el impacto económico derivado de dichas interrupciones y reforzar la resiliencia del sistema de protección social frente al cambio climático.

Este subsidio se asemejaría a un “permiso retribuido por riesgo climático”, pero gestionado como una ayuda pública, no a cargo del empleador. De este modo, se garantizaría su extensión a los trabajadores autónomos y a las pequeñas empresas que carecen de capacidad económica para asumir el coste de dichas interrupciones. En el caso de los autónomos, la medida tendría un funcionamiento análogo al cese de actividad por fuerza mayor regulado en la Ley General de la Seguridad Social (art. 327 y siguientes), aunque sin exigir períodos de cotización previos ni los requisitos de carencia actualmente previstos.

La DANA que afectó a la Comunitat Valenciana en 2024 evidenció la necesidad de contar con mecanismos ágiles y eficaces capaces de ofrecer una respuesta inmediata ante este tipo de situaciones. En este sentido, la evidencia subraya la necesidad de disponer de sistemas de protección social que sean flexibles, escalables y debidamente coordinados, capaces de activar respuestas rápidas y eficaces frente a situaciones de emergencia climática.

Por ello, se propone que el subsidio pueda activarse automáticamente tras la declaración oficial de emergencia climática. Su gestión podría articularse de forma análoga al Mecanismo RED de flexibilidad y estabilización del empleo, establecido por el Real Decreto-ley 32/2021, que permite al Consejo de Ministros activar medidas temporales de protección frente a cambios.

Esta propuesta se alinea con los enfoques emergentes en el ámbito internacional de la protección social adaptativa y sensible a choques. El concepto de *Shock Responsive Social Protection* (SRSP), desarrollado por Costella et al. (2017), plantea la necesidad de integrar la ayuda humanitaria y los sistemas de protección social para responder eficazmente a crisis de gran escala, como los Desastres Socioambientales. Por su parte, el enfoque de *Adaptive Social Protection* (ASP), introducido por Davies et al. (2008), propone incorporar la adaptación climática y la reducción del riesgo de desastres en el diseño de los programas sociales, reconociendo que estos pueden fortalecer la resiliencia de los hogares ante choques climáticos y abordar las causas estructurales de la vulnerabilidad. Ambos modelos coinciden en la importancia de contar con sistemas flexibles, escalables y coordinados que permitan activar respuestas rápidas y eficaces ante emergencias climáticas.

Limitaciones y advertencias



Su aplicación plantea retos jurídicos y operativos que exigen una definición normativa precisa. Es importante clarificar la autoridad competente y el tipo de declaración de emergencia climática que habilitaría la activación del subsidio, en coherencia con la normativa vigente en protección civil y cambio climático. Asimismo, resulta relevante establecer las condiciones de extinción y compatibilidad del subsidio con otras actividades o ingresos, definiendo su duración, límites y obligaciones para garantizar la seguridad jurídica y la correcta integración de esta prestación en el sistema existente.

Las principales limitaciones radican en la definición jurídica y operativa del “hecho causante”: umbrales objetivos de activación (alertas oficiales, afectación territorial y sectorial), acreditación de la interrupción y verificación *ex post* para evitar fraudes y riesgos de selección adversa. La coordinación multinivel (protección civil, empleo, seguridad social) y la compatibilidad con otras prestaciones exige reglas claras de concurrencia, duración y extinción, así como mecanismos de control en tiempo real. La sostenibilidad financiera requiere techos presupuestarios, activación escalonada y evaluación de impacto para evitar dependencia o efectos desincentivadores sobre la prevención y la adaptación en origen. Persisten riesgos de inequidad territorial (mayor exposición climática) y de exclusión de economía informal si no se prevén vías de acreditación alternativas y procedimientos simplificados.

Evidencia científica y referencias

Bowen, T. et al. 2020. Adaptive social protection: Building resilience to shocks (International Development in Focus). Washington, DC, World Bank, <https://documents1.worldbank.org/curated/en/579641590038388922/pdf/Adaptive-Social-Protection-Building-Resilience-to-Shocks.pdf>

Costella, C., Jaime, C., Arrighi, J., Coughlan de Perez, E., Suarez, P., & van Aalst, M. (2017). Scalable and sustainable: How to build anticipatory capacity into social protection systems, *IDS Bulletin*, 48(4), <https://doi.org/10.19088/1968-2017.151>

O'Brien, C., Scott, Z., Smith, G., Barca, V., Kardan, A., Holmes, R., ... & Congrave, J. (2018). Shock-responsive social protection systems research - Synthesis report, Oxford Policy Management, <https://www.opml.co.uk/files/Publications/a0408-shock-responsive-social-protection-systems/srsp-synthesis-report.pdf>.

Davies, M., Guenther, B., Leavy, J., Mitchell, T., & Tanner, T. (2008). 'Adaptive social protection': Synergies for poverty reduction, *IDS Bulletin*, 39(4), DOI: 10.1111/j.1759-5436.2008.tb00483.x

Devereux, S., & Solórzano, A. (2025). Resilient people, resilient systems: The essential role of social protection in a polycrisis world. *International Social Security Review*, 78(2-3), 11-35, <https://doi.org/10.1111/issr.70001>.

Duran, S., Gutierrez, M., & Keskinocak, P. (2011). Pre-Positioning of Emergency Items for CARE International. *Interfaces*, 41(3), 223-237, DOI: 10.1287/inte.1100.0526.



Kuriakose, A. T., Heltberg, R., Wiseman, W., Costella, C., Cipryk, R., & Cornelius, S. (2013). Climate-responsive social protection. *Development Policy Review*, 31(s2), 019-034, <https://doi.org/10.1111/dpr.12037>.

Walker, J., & Cooper, M. (2011). Genealogies of resilience: From systems ecology to the political economy of crisis adaptation. *Security dialogue*, 42(2), 143-160, <https://doi.org/10.1177/0967010611399616>.

d. POLIVALENTE

11.d.1. Desarrollar programas temporales de migración para procesos de recuperación material y productiva de los territorios afectados por eventos climáticos extremos

Descripción de la propuesta

En un contexto de creciente frecuencia e intensidad de los eventos climáticos extremos, las dinámicas migratorias y laborales se ven profundamente transformadas, especialmente durante las fases de emergencia y reconstrucción. Tras los desastres provocados por estos fenómenos, suele registrarse un aumento significativo en la demanda de mano de obra poco cualificada, particularmente en el sector de la construcción. Un ejemplo ilustrativo lo constituyen el huracán Katrina (2005) en Nueva Orleans y, pocos años después, los terremotos de Canterbury (2010–2011) en Christchurch, donde los trabajadores inmigrantes desempeñaron un papel central en las labores de reconstrucción.

Los análisis comparativos que analizan estos fenómenos coinciden en que la llegada de población migrante a las zonas damnificadas generó nuevas oportunidades económicas y contribuyeron de manera decisiva a la recuperación material y productiva de los territorios. Lejos de desplazar a la fuerza laboral local, la participación de trabajadores migrantes complementó la oferta existente y configuró un auténtico “nicho laboral” en la construcción posdesastre. La evidencia empírica muestra que la probabilidad de empleo en este sector aumentó tanto para la población migrante como para los trabajadores locales, indicando un efecto expansivo del mercado laboral más que una competencia directa.

En el caso de España, episodios recientes como la DANA de Valencia (2024) han puesto de manifiesto la necesidad de disponer de fuerza laboral adicional para acometer la reparación de infraestructuras y viviendas afectadas. No obstante, los estudios empíricos sobre este fenómeno son todavía incipientes, y habrá que esperar un tiempo para contar con evidencia más consolidada al respecto, aunque los nuevos datos de cotizaciones laborales apuntan en la misma dirección.



Pese a este efecto de expansión del empleo y dinamización económica, numerosos trabajos muestran también que los trabajadores migrantes implicados en estos procesos suelen enfrentarse a condiciones de vulnerabilidad y precariedad laboral, lo que contribuye a reforzar desigualdades estructurales ya existentes. A ello se suma la volatilidad de las percepciones sociales: durante la fase de reconstrucción son, en general, valorados positivamente como “trabajadores necesarios y esforzados”, pero este reconocimiento tiende a diluirse una vez concluidas las obras, dando paso nuevamente a discursos de estigmatización y exclusión.

A la luz de esta evidencia, diversos autores recomiendan la creación de programas temporales de movilidad laboral orientados a facilitar la llegada ordenada y segura de trabajadores migrantes a las zonas afectadas por eventos climáticos extremos. Estos esquemas no solo permitirían atender con eficacia las necesidades inmediatas de reconstrucción, sino que también garantizarían la protección de los derechos laborales y humanos de todas las personas involucradas. Para maximizar su impacto, podrían diseñarse en función de las demandas específicas de empleo identificadas durante el proceso de recuperación (como la construcción, la gestión de escombros, la restauración ambiental o los servicios comunitarios), asegurando así una respuesta coherente con las necesidades locales.

Para su implementación, pueden tomarse como referencia diversos mecanismos ya existentes en el derecho internacional, tales como los regímenes de protección temporal, los acuerdos bilaterales de movilidad laboral o propuestas emergentes como los “pasaportes climáticos”. Estos instrumentos, diferenciados de la “visa humanitaria climática” dirigida a las víctimas directas del cambio climático, proporcionarían un marco normativo flexible y adaptable para facilitar la movilidad en contextos de crisis ambiental en destino.

Limitaciones y advertencias

Con todo, la puesta en marcha de este tipo de programas plantea desafíos considerables, ya que implica procesos complejos que abarcan la identificación de necesidades laborales, la selección y capacitación de trabajadores en origen y la coordinación logística en los territorios de destino. Por ello, resulta fundamental diseñarlos desde un enfoque de temporalidad planificada, capaz de anticipar escenarios, fortalecer capacidades institucionales y mejorar la articulación entre países emisores y receptores antes de que se produzca la emergencia.

Evidencia científica y referencias

Brown, H. E., Wei, Z., Lazaran, M., Cates, C., & Jones, J. A. (2023). Rebuilding without papers: Disaster Migration and the local reception of immigrants after Hurricane Katrina. *Social Currents*, 10(2), 121-141.



Clemens, M. A., Lewis, E. G., & Postel, H. M. (2018). Immigration restrictions as active labor market policy: Evidence from the Mexican bracero exclusion. *American Economic Review*, 108(6), 1468-1487.

Collazo Jr, J. L. (2022). Social Ties and Stricter Immigration Enforcement Influencing Mexican Migrants' Remitting Behavior. *Migration Letters*, 19(6), 943-956.

Collins, F. L., & Friesen, W. (2022). Excess aspirations: Migration and urban futures in post-earthquake Christchurch. *Urban Studies*, 59(16), 3253-3270.

Fletcher, L. E., Pham, P., Stover, E., & Vinck, P. (2007). Latino workers and human rights in the aftermath of Hurricane Katrina. *Berkeley Journal of Employment and Labor Law*, 107-162.

Fouts, S. (2025). *Rebuilding New Orleans: Immigrant Laborers and Street Food Vendors in the Post-Katrina Era*. UNC Press Books.

Fussell, E., Curtis, K. J., & DeWaard, J. (2014). Recovery migration to the City of New Orleans after Hurricane Katrina: A migration systems approach. *Population and Environment*, 35(3), 305-322.

How, S. M., & Kerr, G. N. (2019). Earthquake impacts on immigrant participation in the greater Christchurch construction labor market. *Population Research and Policy Review*, 38(2), 241-269.

Matias, D. M. S. (2020). Climate humanitarian visa: International migration opportunities as post-disaster humanitarian intervention. *Climatic Change*, 160(1), 143-156.

Sisk, B., & Bankston III, C. L. (2014). Hurricane Katrina, a construction boom, and a new labor force: Latino immigrants and the New Orleans construction industry, 2000 and 2006–2010. *Population Research and Policy Review*, 33(3), 309-334.

11.d.2. Promover la resiliencia climática a través de las universidades y centros de investigación

Descripción de la propuesta

En el marco de las competencias y funciones que les son propias, las universidades y los centros de investigación pueden actuar como anclas cívicas frente a la emergencia climática, más allá de su función formadora e investigadora, promoviendo una cultura de la prevención y organizando la reacción inmediata en coordinación con la protección civil. Sus campus son nodos educativos idóneos para integrar contenidos de gestión del riesgo en asignaturas transversales y en microcredenciales, reforzando la preparación individual y colectiva de estudiantes, profesorado y territorio. Además, por su capilaridad territorial y el tamaño de sus inmuebles e infraestructuras, los campus pueden ofrecer instalaciones como refugios temporales y centros logísticos — gimnasios, pabellones, residencias, aparcamientos y espacios abiertos— que den soporte a evacuaciones, acogida y abastecimiento en episodios climáticos extremos. Las universidades, además, disponen de una potente capacidad de alerta masiva mediante sistemas multicanal (SMS, app, correo, megafonía, paneles) capaces de avisar en minutos a decenas de miles de personas.



A través de las universidades y centros de investigación, se recomienda la creación de un consejo científico permanente de biodiversidad y emergencia climática que cuente con especialistas en grupos taxonómicos diversos y con experiencia en biología de la conservación. Se recomienda que este consejo participe en el diseño, evaluación y seguimiento de todas las medidas del pacto, a partir de la definición de indicadores de estado y tendencia de biodiversidad aplicables a todos los ejes.

A partir de estas fortalezas, se propone un programa nacional para movilizar al sistema universitario español, centrado en lo anterior: incorporar sistemáticamente la prevención y la reacción ante emergencias climáticas en los planes de estudio y microcredenciales; lanzar convocatorias específicas y concursos de ideas para profesorado y estudiantado que activen soluciones operativas; desplegar sistemas de alerta que alcancen a toda la comunidad universitaria; y articular redes de voluntariado con protocolos claros de activación. La iniciativa podría estar coordinada por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades y requeriría la colaboración de las comunidades autónomas, que ejercen la mayor parte de las competencias sobre las universidades, asegurando así una gobernanza compartida que acerque el conocimiento operativo a la acción colectiva y convierta a las universidades en infraestructuras cívicas clave frente a las emergencias climáticas.

La evidencia muestra que los programas en colaboración entre universidades y gobiernos regionales/locales para hacer frente a emergencias climáticas (convenios, simulacros conjuntos, redes de voluntariado, etc.) incrementan la preparación comunitaria y aceleran la respuesta, especialmente cuando existen protocolos previos y gobernanza compartida. Respecto a las iniciativas de formación, estudios con alumnado universitario confirman mejoras significativas en conciencia del riesgo y conductas preventivas cuando la formación sobre emergencias climáticas es sistemática y participativa. Respecto a la oferta de instalaciones universitarias en caso de emergencia climática, la literatura propone criterios técnicos y sociales para seleccionar y adaptar centros educativos como refugios —accesibilidad, habitabilidad, servicios, seguridad, señalización y atención a colectivos vulnerables—, y documenta su eficacia a escala urbana para equilibrar la oferta de cobijo, apoyar evacuaciones y mantener servicios esenciales. Por último, la literatura respalda la capacidad de alerta masiva de las universidades y señala mejores prácticas como proporcionar instrucciones concretas, redundancia de canales y ensayos periódicos.

Limitaciones y advertencias

La implementación del programa requiere una coordinación eficaz entre universidades, administraciones autonómicas y locales, y protección civil. Es clave evitar desigualdades entre campus según sus recursos y capacidades. Además, la adaptación de infraestructuras como refugios debe cumplir criterios



técnicos y los sistemas de alerta deben garantizar su accesibilidad para toda la comunidad.

Evidencia científica y referencias

Bonaretti, D., & Fischer-Preßler, D. (2021). The problem with SMS campus warning systems: An evaluation based on recipients' spatial awareness. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 54, 102031.

Chen, W., Zhang, H., Chen, X., & Xiang, H. (2018). Urban resources selection and allocation for emergency shelters: A GIS-based multi-criteria approach. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(11), 2475–2495.

Dunlop, A. L., Logue, K. M., Beltran, G., & Isakov, A. P. (2011). Role of academic institutions in community disaster response since September 11, 2001. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, 5(3), 218–226.

Dunlop, A. L., Logue, K. M., & Isakov, A. P. (2014). The engagement of academic institutions in community disaster response: A comparative analysis. *Public Health Reports*, 129(Suppl. 4), 87–95.

Gao, H., Han, Y., Zhang, J., Song, Y., Zhang, T., Tang, F., & Sun, S. (2025). A supply–demand-driven framework for evaluating service effectiveness of university campus emergency shelter. *Land*, 14(7), 1411.

Gibbs, L., Jehangir, H. B., Leung Kwong, E. J., & Little, A. (2022). Universities and multiple disaster scenarios: A transformative framework for disaster resilient universities. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 78, 103132.

Patel, R. K., Pamidimukkala, A., Kermanshachi, S., & Etmnani-Ghasrodashti, R. (2023). Disaster preparedness and awareness among university students: A structural equation analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(5), 4447.

Ryan, B., Johnston, K. A., Taylor, M., & McAndrew, R. (2020). Community engagement for disaster preparedness: A systematic literature review. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 49, 101655.

Sorensen, J. H. (2000). Hazard warning systems: Review of 20 years of progress. *Natural Hazards Review*, 1(2), 119–125.

Calvin, K. et al. (2023) IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland. First. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>

Cardona Santos, E.M. et al. (2023) «Mainstreaming revisited: Experiences from eight countries on the role of National Biodiversity Strategies in practice», *Earth System Governance*, 16, p. 100177. <https://doi.org/10.1016/j.esg.2023.100177>

Cavender-Bares, J. et al. (2022) «Integrating remote sensing with ecology and evolution to advance biodiversity conservation», *Nature Ecology & Evolution*, 6(5), pp. 506-519. <https://doi.org/10.1038/s41559-022-01702-5>

Consortium of European Taxonomic Facilities (2023) CETAF statement for the sustainability of taxonomic knowledge and expertise. CETAF. <https://cetaf.org/wp-content/uploads/CETAF-statement-for-the-sustainability-of-taxonomic-knowledge-and-expertise-.pdf> (Accedido: 15 de diciembre de 2025).



Convention on Biological Diversity (2022) Indicators for the Kunming–Montreal Global Biodiversity Framework, Indicator Repository. Disponible en: <https://www.gbif-indicators.org/> (Accedido: 15 de diciembre de 2025).

Di Musciano, M. et al. (2025) «Representativeness of the Natura 2000 network for preserving plant biodiversity in the European Union», *Conservation Biology*, p. e70158. <https://doi.org/10.1111/cobi.70158>

Engel, M.S. et al. (2021) «The taxonomic impediment: a shortage of taxonomists, not the lack of technical approaches», *Zoological Journal of the Linnean Society*, 193(2), pp. 381-387. <https://doi.org/10.1093/zoolinnean/zlab072>

IPBES (2019) Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3553579>

Jetz, W. et al. (2019) «Essential biodiversity variables for mapping and monitoring species populations», *Nature Ecology & Evolution*, 3(4), pp. 539-551. <https://doi.org/10.1038/s41559-019-0826-1>

Larigauderie, A. et al. (2025) «Transformative change to address biodiversity loss is urgent and possible», *PLOS Biology*, 23(9), p. e3003387. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3003387>

Löbl, I. et al. (2023) «The Silent Extinction of Species and Taxonomists—An Appeal to Science Policymakers and Legislators», *Diversity*, 15(10). <https://doi.org/10.3390/d15101053>

Rosso, A. et al. (2018) «Effectiveness of the Natura 2000 network in protecting Iberian endemic fauna», *Animal Conservation*, 21(3), pp. 262-271. <https://doi.org/10.1111/acv.12387>

Valdez, J. et al. (2024) «Strategies for advancing inclusive biodiversity research through equitable practices and collective responsibility», *Conservation Biology*, 38(6), p. e14325. <https://doi.org/10.1111/cobi.14325>

11.d.3. Reconstruir para adaptar: preparar planes de reconstrucción adaptativos que definan de forma clara los procedimientos y responsabilidades entre diferentes actores una vez ocurra el evento extremo y sea una oportunidad para la adaptación a largo plazo y evitar la mala adaptación y los costes futuros

Descripción de la propuesta

Los planes de reconstrucción tras un evento extremo abarcan varias etapas: respuesta a la emergencia, recuperación y reconstrucción a largo plazo, a menudo bajo el enfoque “Reconstruir Mejor (BBB)” para aumentar la resiliencia. Sus componentes clave son la evaluación de daños y necesidades, la movilización de recursos y el diseño de estrategias para reparar infraestructuras, restaurar servicios y reactivar la actividad social y económica. Este proceso brinda la oportunidad de reducir la vulnerabilidad futura —por ejemplo, mejorando la planificación del uso del suelo y los códigos de construcción— e incorpora de forma esencial la resiliencia social y el refuerzo institucional.



Fase de reconstrucción. Es la más larga y costosa: se centra en reparar o sustituir infraestructuras, edificios y equipos dañados, y en restablecer la actividad económica. En términos de resiliencia hídrica, es el momento idóneo para introducir la adaptación a largo plazo, incluso valorando de antemano no reconstruir en determinadas zonas para evitar la maladaptación, apoyándose en la propuesta XX de integración de la adaptación en la planificación hidrológica. Ello proporciona información valiosa —dentro de rangos de incertidumbre— para aplicar el principio de precaución y asegurar la coherencia entre políticas.

Componentes de un plan integral.

- Evaluación de daños y necesidades: análisis del impacto sobre infraestructura física, bienes, servicios y medio ambiente; estimación de costes de reparación/sustitución y efectos sociales y macroeconómicos.
- Planificación estratégica: definición de una estrategia sectorial que priorice áreas y sectores más afectados e integración en un plan de acción nacional vinculado, en este caso, a la planificación hidrológica adaptada. Se recomienda incorporar metodologías estandarizadas para documentar daños económicos y no económicos.
- Reconstruir Mejor (BBB): no se trata solo de reponer lo perdido, sino de reducir riesgos y hacer los territorios menos vulnerables ante sequías o inundaciones, mediante mejor ordenación del suelo y normas constructivas más resilientes. Además, se promoverá la recuperación de funciones ecosistémicas (p. ej., regulación) y la sostenibilidad ambiental de los nuevos desarrollos.
- Inclusión social: orientar los resultados a la comunidad y considerar la reconstrucción de infraestructuras sectoriales (hídricas, energéticas, agrarias, etc.) desde un enfoque resiliente e inclusivo.

Acciones clave:

1. Preparar planes adaptativos claros: Definir procedimientos y responsabilidades entre actores antes de que ocurra el evento extremo. Aprovechar la reconstrucción como oportunidad para adaptación a largo plazo y evitar la mal adaptación.
2. Evaluación de daños y necesidades: Analizar el impacto en infraestructura, bienes, servicios y medio ambiente. Estimar costos de reparación y reemplazo. Evaluar efectos sociales y macroeconómicos, daños económicos y no económicos.
3. Planificación estratégica; Priorizar áreas y sectores más afectados. Integrar la recuperación sectorial en un plan nacional, especialmente en la planificación hidrológica adaptada.
4. Reconstruir Mejor (BBB); No solo reemplazar lo perdido, sino mejorar la resiliencia y reducir riesgos. Mejorar la planificación del uso del suelo y



- normas de construcción. Recuperar funciones ecosistémicas y garantizar sostenibilidad ambiental.
5. Inclusión social: Enfocar resultados en la comunidad: seguridad alimentaria, medios de vida y equidad de género.
 6. Coordinación y gobernanza; Mejorar la gestión de responsabilidades y acelerar la toma de decisiones.
 7. Gestión de recursos y de información; Buscar financiación adecuada y asignar recursos de forma eficiente. Mejorar la recopilación y análisis de datos para evitar demoras en evaluaciones iniciales. Instrumentos económicos y campañas. Implementar políticas de precios, subsidios y campañas de concienciación para gestionar la demanda de agua.
 8. Infraestructura y reservas estratégicas; Garantizar la creación y mantenimiento de reservas estratégicas de agua, incluyendo las aguas subterráneas, usos no convencionales y humedad del suelo. Desarrollar infraestructuras preparadas para sequías e inundaciones y asegurar su mantenimiento.

Mecanismos de implementación:

1. Coordinación entre MITECO, Protección Civil, confederaciones hidrográficas, CCAA y ayuntamientos
2. Protocolos homogéneos de documentación de información, de roles y de procedimientos
3. Reservas de recursos necesarios *ex ante* para poder actuar desde el primer momento considerando la reconstrucción adaptativa.

Ámbito: Nacional, con priorización en áreas afectadas por desastres recientes (sequías o inundaciones) y recurrentes.

Sectores implicados: Agua, Medio ambiente, Protección civil, Asuntos Sociales, Cultura, Ordenación del territorio

Limitaciones y advertencias

- Coordinación y gobernanza: Dificultad para gestionar la superposición de responsabilidades y la lentitud de los procesos de toma de decisiones.
- Recursos: Financiación inadecuada y dificultades para asignar recursos limitados.
- Información: Gestión inadecuada de la información y largas demoras en las evaluaciones iniciales. Los instrumentos económicos, como políticas de precios, mercados del agua y subsidios, así como las campañas de información/concienciación deberían jugar un papel fundamental en la gestión/reducción del agua demandada.



- Impactos esperados: Garantizar normativamente la creación y mantenimiento de una reserva estratégica de agua, crear infraestructuras preparadas para dar abastecimiento en caso de sequía y garantizar su mantenimiento, y equilibrar los desequilibrios entre oferta y demanda del recurso

Evidencia científica y referencias

Hallegatte, S., Rentschler, J., & Walsh, B. (2018). Building back better: achieving resilience through stronger, faster, and more inclusive post-disaster reconstruction.

Imperiale, A. J., & Vanclay, F. (2021). Conceptualizing community resilience and the social dimensions of risk to overcome barriers to disaster risk reduction and sustainable development. *Sustainable Development*, 29(5), 891-905.