



VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



Recopilación y Análisis de Casos Prácticos de Estudios Coste- Beneficio en Diferentes Tipos de Iniciativas de Adaptación

Mayo 2025





Este informe ha sido realizado por el siguiente equipo investigador:

Sonia Quiroga Gómez (UCM)
Emilio Cerdá Tena (UCM)
Cristina Suárez Gálvez (UAH)
Mario Soliño Millán (CSIC)
Francisco Javier André García (UCM)
José Alejandro Fernández Fernández (UCM)
Miguel Ángel Casquet Cano (UCM)
Marta Herranz Infantes (UCM)
Soraya Cuesta (Global Factor)
Aida Fernández (Global Factor)
Joselyn Manosalvas (Global Factor)
Claudia Ramos (Global Factor)

Para más información, puede contactar con Sonia Quiroga: soniaq01@ucm.es

Las opiniones y documentación aportadas en esta publicación son de exclusiva responsabilidad del autor o autores de estos, y no reflejan necesariamente los puntos de vista de las entidades que apoyan económicamente al proyecto.

El proyecto para la “Recopilación y análisis de casos prácticos de estudios coste-beneficio en diferentes tipos de iniciativas de adaptación (CBAdapt)” cuenta con el apoyo de la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, a través de la Convocatoria de subvenciones para la realización de proyectos que contribuyan a implementar el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (2021-2030). Ref: DOC2019670



Índice

Lista de siglas y acrónimos	3
Lista de figuras.....	4
Lista de tablas	5
1. Resumen Ejecutivo.....	6
2. Introducción	11
3. Contexto de la Adaptación al Cambio Climático	12
4. Contexto de la investigación y análisis empírico	34
5. Limitaciones de los análisis coste-beneficio y recomendaciones prácticas	52
6. Estudio de la subjetividad ante las metodologías a través de encuestas de valoración	58
7. Conclusiones.....	64
8. Bibliografía.....	66

Lista de siglas y acrónimos

ACB	<i>Análisis coste-beneficio</i>
ACE	<i>Análisis de coste-efectividad</i>
AIC	<i>Criterio de información de Akaike, por sus siglas en inglés</i>
AMC	<i>Análisis multicriterio</i>
BCR	<i>Ratio coste-beneficio</i>
BIC	<i>Criterio de información bayesiana, por sus siglas en inglés</i>
CBC	<i>Cociente coste beneficio</i>
CH ₄	<i>Metano</i>
CMIP	<i>Proyecto de intercomparación de modelos acoplados, por sus siglas en inglés</i>
COP	<i>Conferencia Anual de las Partes [del Acuerdo de París]</i>
CO ₂	<i>Dióxido de carbono</i>
CMNUCC	<i>Convención marco de naciones unidas para cambio climático, o UNFCCC en inglés</i>
EMDAT	<i>Emergency disasters database</i>
EWS	<i>Sistemas de alerta temprana, por sus siglas en inglés</i>
FFI	<i>Combustibles fósiles e industria</i>
FR	<i>Forzamiento radiativo</i>
GEI	<i>Gases de Efecto Invernadero</i>
GIS	<i>Sistemas de información geográfica, por sus siglas en inglés</i>
GW	<i>Giga vatio</i>
HFC	<i>Hidrofluorocarburos</i>
IPCC	<i>Panel Intergobernamental de Cambio Climático, por sus siglas en inglés</i>
KPI	<i>Indicador clave de rendimiento, por sus siglas en inglés</i>
LDC	<i>Países menos adelantados o PMA</i>
LULUCF	<i>Uso de la tierra, cambios de usos de la tierra y silvicultura, por sus siglas en inglés</i>
MII	<i>Modelo de Evaluación Integrada</i>
NAP	<i>Planes nacionales de adaptación, por sus siglas en inglés</i>
NbS	<i>Soluciones basadas en la naturaleza, por sus siglas en inglés</i>
NDC	<i>Contribuciones determinadas a nivel nacional, por sus siglas en inglés</i>
NF ₃	<i>Trifluoruro de nitrógeno</i>
N ₂ O	<i>Óxido nitroso</i>
ODS	<i>Objetivos de Desarrollo Sostenible</i>
OECC	<i>Oficina Española de Cambio Climático</i>
ONU	<i>Organización de las Naciones Unidas</i>
PEID	<i>Pequeños estados insulares en desarrollo</i>
PFC	<i>Perfluorocarburos</i>
PIB	<i>Producto interior bruto</i>
PIMA Adapta	<i>Plan de Impulso al Medio Ambiente para la Adaptación al Cambio Climático</i>
PNACC	<i>Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático</i>
PNIEC	<i>Plan Nacional Integrado de Energía y Clima</i>
RCDE	<i>Régimen de Comercio de Derechos de Emisión</i>
RCP	<i>Sendas Representativas de Concentración, por sus siglas en inglés</i>
SF ₆	<i>Hexafluoruro de azufre</i>
SSP	<i>Shared Socioeconomic Pathways, o sendas socioeconómicas compartidas</i>
VPN	<i>Valor presente neto</i>
UE	<i>Unión Europea</i>



Lista de figuras

Figura 1. Esquemas ilustrativos de la situación climática deseada, figura izquierda, en el que el sistema se encuentra en equilibrio, y, figura derecha, situación climática actual	12
Figura 2. Izquierda: emisiones anuales históricas por GEI para la serie temporal de 1850 a 2019. Derecha: emisiones antropogénicas netas mundiales de GEI. Se incluye el CO ₂ procedente de la combustión de combustibles fósiles y procesos industriales (CO ₂ -FFI) (verde oscuro); CO ₂ neto procedente del uso de la tierra, cambios de usos de la tierra y silvicultura (CO ₂ -LULUCF) (verde); CH ₄ ; N ₂ O; y gases fluorados (HFC, PFC, SF ₆ , NF ₃) (azul claro)	13
Figura 3. Emisiones globales de GEIs por sector (eje izquierdo, barras) y emisiones globales de GEIs per cápita (eje derecho, línea negra)	14
Figura 4. Evolución de la variación de las temperaturas globales	15
Figura 5. Principales impactos del cambio climático	15
Figura 6. Emisiones de dióxido de carbono (CO ₂) únicamente en las trayectorias de concentración representativas RCP (líneas) y las categorías de escenarios asociados. Donde las áreas coloreadas muestran el rango del 5% al 95%	17
Figura 7. Aumento de la temperatura global en superficie en función de las emisiones acumuladas de CO ₂ (GtCO ₂) y las emisiones acumuladas para el registro histórico y para las proyecciones climáticas SSP	18
Figura 8. Cambios proyectados de la temperatura máxima diaria anual, la humedad total media anual del suelo en columna de suelo CMIP y la precipitación máxima diaria anual a niveles de calentamiento global de 1,5°C, 2°C, 3°C y 4°C en relación con 1850-1900. Cambios simulados (a) de la temperatura máxima anual (°C), (b) de la humedad media anual total del suelo en columna (desviación estándar), (c) de la precipitación máxima diaria anual (%)	19
Figura 9. Vulnerabilidad de las poblaciones y emisiones per cápita por país (datos de 2019)	21
Figura 10. Gastos generales totales en protección ambiental llevados a cabo por los gobiernos de los países de la Unión Europea en el año 2023 respecto al % PIB	23
Figura 11. (a) Trayectorias modelo de las emisiones globales de GEIs y los resultados de las proyecciones de las emisiones esperadas según las evaluaciones de las políticas a corto plazo para el año 2030; (b) Emisiones mundiales de GEI durante el periodo temporal de 2015-2050 para cuatro tipos de trayectorias mundiales modelizadas	24
Figura 12. Reducción de las emisiones de GEI respecto a 1990 y 2005 y cambios en los objetivos del PNIEC entre las versiones del 2021 y 2023	28
Figura 13. Emisiones GEI nacionales por sector. Registro histórico y proyecciones al año 2030 en Kt	29
Figura 13. Metodología PRISMA para revisiones bibliográficas	37
Figura 15. Distribución del Impacto Geográfico de los Estudios	41
Figura 16. Proporción de Estudios Ex-ante y Ex-post	41
Figura 17. Boxplots del Ratio BCR según tipo de medida de adaptación implementada. Límite de visualización para valores de BCR mayores a 25	42
Figura 18. Boxplots del Ratio BCR según tipo de riesgo estudiado. Límite de visualización para valores de BCR mayores a 25 ..	43
Figura 19. Distribución de la variable tasa de descuento	43
Figura 20. Histograma de frecuencias en el horizonte temporal para los estudios analizados	44
Figura 21. Efectos Marginales entre el Índice de Riesgo climático y el BCR	50
Figura 22. Distribución Q-sort	60
Figura 23. Relación entre los discursos y las características de los participantes	63



Lista de tablas

Tabla 1. Estudios incluidos en la meta-regresión. Los estudios que incluyen un guion no aplican una tasa de descuento para calcular el valor presente de los beneficios	40
Tabla 2. Países incluidos en la meta-regresión clasificados según regiones del IPCC.	40
Tabla 3. Descripción de las variables para el estudio. La media de los BCR en los diagramas de caja (box plots) y la reportada en la gráfica puede variar, ya que en los box-plots se excluyen las observaciones con valores superiores a 25 para mejorar la visualización.....	45
Tabla 4. Variables externas consideradas	46
Tabla 5. Resultados de la meta-regresión y de las pruebas de robustez con estimación de efectos fijos ponderados.....	48
Tabla 6. El conjunto Q	59
Tabla 7. Valores propios, porcentaje de varianza explicada y número de Q-sorts que cargan en cada factor	61
Tabla 8. Puntuaciones z y orden de las afirmaciones por factor	62



1. Resumen Ejecutivo

INTRODUCCIÓN

El cambio climático representa un reto urgente con impactos profundos y complejos, lo que ha llevado a reforzar la necesidad de adaptación además de la mitigación. En España, el **Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) 2021-2030** establece un marco estratégico alineado con compromisos internacionales, promoviendo la colaboración entre instituciones públicas y privadas para tomar decisiones informadas basadas en evidencia. En este contexto, este proyecto “Recopilación y Análisis de Casos Prácticos de Estudios Coste-Beneficio en Iniciativas de Adaptación” busca fortalecer la base técnica y científica mediante la sistematización de experiencias locales, regionales y nacionales e internacionales sobre análisis coste-beneficio (ACB). Su objetivo es evaluar la eficacia y viabilidad de las diferentes medidas de adaptación frente a distintos tipos de riesgo, identificar buenas prácticas y aportar herramientas útiles para integrar criterios económicos en la planificación de políticas climáticas, optimizando recursos y apoyando una transición resiliente y sostenible.

CONTEXTO DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático, provocado principalmente por la actividad humana desde la Revolución Industrial, ha generado un desequilibrio en el sistema climático global debido al aumento de gases de efecto invernadero (GEI), como CO₂, CH₄ y N₂O. Este fenómeno ha intensificado eventos extremos como olas de calor, sequías, inundaciones, pérdida de biodiversidad y elevación del nivel del mar, afectando especialmente a las comunidades más vulnerables. Las proyecciones climáticas actuales advierten que el aumento global de temperaturas podría superar los 1,5 °C en los próximos 20 años, con impactos profundos sobre la salud humana, los ecosistemas, la seguridad alimentaria, las infraestructuras y la economía mundial.

Frente a esta crisis, las estrategias globales se articulan en torno a la mitigación y la adaptación. Mientras la mitigación busca reducir emisiones, la adaptación se enfoca en fortalecer la resiliencia frente a los impactos ya inevitables. Esta última se implementa mediante medidas estructurales (infraestructuras o soluciones basadas en la naturaleza) y habilitadoras (capacitación, legislación y gobernanza), considerando la equidad social y la justicia climática.

El marco internacional para la acción climática se consolidó con el Acuerdo de París de 2015, que obliga a los países a presentar y actualizar sus Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC). A este se suman los Planes Nacionales de Adaptación (NAP), especialmente relevantes para países en desarrollo, y la Agenda 2030. Sin embargo, la financiación sigue siendo un gran reto: los países más vulnerables son también los que más dependen del financiamiento externo para implementar medidas adaptativas.

En Europa, la UE ha asumido un liderazgo proactivo a través de marcos legislativos como el Pacto Verde Europeo y la Ley del Clima, fijando metas de neutralidad climática para 2050. La Estrategia de Adaptación de la UE (2021) promueve soluciones basadas en la naturaleza, la integración transversal de la adaptación y la mejora del conocimiento y los datos climáticos. A nivel nacional, España ha desarrollado el **Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2023–2030** y el **PNACC 2021–2030**, herramientas clave para alinear las políticas energéticas y climáticas con los objetivos de descarbonización y resiliencia. El PNACC identifica riesgos, promueve la integración de la adaptación en políticas públicas y fortalece la gobernanza multiescalar.

Para apoyar en el complejo proceso de planificación que llevan a cabo las entidades públicas, hay una serie de herramientas de evaluación económica como el Análisis Coste-Beneficio (ACB), Coste-Efectividad (ACE)

y de Criterios Múltiples (MCA), que permiten priorizar intervenciones adaptativas considerando tanto los beneficios como los recursos disponibles. Estos enfoques ayudan a superar las barreras financieras, optimizar la asignación de recursos y garantizar medidas robustas y socialmente aceptables frente a la incertidumbre climática. El presente análisis, se centra especialmente en la herramienta de Análisis Coste-Beneficio dado su potencial, ahondando en algunas de sus limitaciones y opciones de mejora, tanto en su aplicación como en la comparación de resultados.

CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS EMPÍRICO

Este estudio aborda las limitaciones existentes en la aplicación del análisis ACB a las medidas de adaptación al cambio climático, una herramienta clave para la asignación eficiente de recursos en contextos de vulnerabilidad climática. Aunque el ACB es ampliamente utilizado por organismos internacionales, su utilidad se ve limitada por la heterogeneidad metodológica, la dificultad para valorar beneficios no monetarios, y la falta de comparaciones transversales entre tipos de medidas, sectores y regiones.

Con el objetivo de superar estas limitaciones, se ha construido una base de datos sistematizada y homogénea de estudios económicos sobre adaptación. Esta recopilación incluye un total de 64 estudios que aportaron un total de 303 observaciones cuantitativas de medidas adaptativas, evaluadas mediante indicadores como el BCR (Ratio Coste-Beneficio). La información fue extraída siguiendo el protocolo PRISMA 2020, y codificada en función de variables clave como el tipo de medida, riesgo climático, tasa de descuento aplicada, horizonte temporal y contexto geográfico. Los valores fueron integrados con datos externos como el índice de riesgo INFORM y estadísticas de EM-DAT.

El análisis econométrico, basado en un modelo de datos de panel no balanceado con efectos fijos y ponderaciones por tamaño muestral, arrojó conclusiones significativas. Donde las más importantes fueron los hallazgos revelan que las Soluciones basadas en la Naturaleza (*NbS*) y los Sistemas de Alerta Temprana (*EWS*, por sus siglas en inglés) están asociados a mejores resultados económicos que los obtenidos a través de medidas de infraestructura gris, evidenciando su mayor eficiencia y rentabilidad en el contexto de la adaptación. En contraste, la adaptación a ciertos riesgos específicos como tormentas, escasez de agua y amenazas multirriesgo mostró un impacto menor en las evaluaciones económicas en relación con los riesgos geofísicos, lo que subraya la complejidad y los desafíos inherentes a estas áreas. Por otra parte, no se identificaron diferencias significativas en la rentabilidad de las medidas según la escala geográfica, el horizonte temporal o la tasa de descuento utilizada, lo que sugiere que la eficacia de la adaptación podría depender más de la naturaleza de la intervención y el contexto del riesgo que de estas variables tradicionales. El estudio demostró que un mayor Índice de Riesgo Climático (INFORM), que mide la exposición y vulnerabilidad, se correlaciona consistentemente con menores BCR. Esto resalta que la adaptación es intrínsecamente más rentable cuando se implementa de forma temprana y proactiva, antes de que el riesgo se vuelva sistémico y los daños acumulados hagan que las intervenciones sean exponencialmente más costosas o incluso irreversibles. Esto subraya la urgencia de invertir en resiliencia de manera anticipada para maximizar el valor de las acciones adaptativas.

LIMITACIONES DE LOS ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO Y RECOMENDACIONES PRÁCTICAS

Retos y Barreras Comunes

La aplicación del ACB en medidas de adaptación enfrenta múltiples obstáculos. Uno de los principales desafíos es el establecimiento del escenario de referencia o contrafactual, lo que ocurriría sin la intervención, lo cual resulta incierto por la complejidad del comportamiento climático y los procesos

naturales. Esta incertidumbre se ve agravada por la falta de datos históricos fiables, especialmente en países en desarrollo, dificultando la proyección de impactos y beneficios futuros.

Otro reto relevante es la cuantificación de beneficios no comerciales, como los servicios ecosistémicos, la salud pública o la equidad social, cuya valoración monetaria dado su carácter intangible es limitada. Además, la selección de la tasa de descuento, clave para valorar costes actuales frente a beneficios futuros, carece de consenso internacional, lo que puede generar sesgos y limitar la comparabilidad entre estudios.

La consideración de aspectos de equidad social también representa un punto crítico para un análisis ACB completo. Muchas evaluaciones no consideran cómo se distribuyen los beneficios y costes entre distintos grupos poblacionales, omitiendo así el impacto desproporcionado sobre comunidades vulnerables. A esto se suman barreras prácticas como la ausencia de unidades objetivo-claras, dificultades en la estimación de costes unitarios y la heterogeneidad de contextos, como las diferencias geográficas, socioeconómicas y culturales, lo que dificulta la comparación entre distintas intervenciones y la generalización de los resultados.

Asimismo, existe el riesgo de sobreestimar la eficacia de medidas blandas (como formación o políticas) frente a las estructurales, debido a su menor coste, aunque estas últimas pueden tener mayor impacto en resiliencia. La falta de literatura específica y datos locales agrava este problema, forzando la extrapolación desde contextos distintos con menor precisión.

Enfoques Exitosos y Recomendaciones

Para superar estas barreras, se proponen las siguientes recomendaciones prácticas y metodológicas:

- Usar múltiples escenarios climáticos y análisis de sensibilidad para mejorar la robustez de los resultados.
- Fortalecer los sistemas de información nacionales, integrar tecnologías como teledetección o GIS, y mejorar la interoperabilidad de datos entre actores clave.
- Valorar los beneficios no monetarios con métodos como la valoración contingente o los costes evitados, e integrar análisis MCA que incluyan aspectos sociales, culturales y ambientales.
- Adoptar tasas de descuento decrecientes en el tiempo, justificadas y contrastadas con buenas prácticas internacionales, para reflejar el valor creciente de la resiliencia futura.
- Incluir criterios de equidad mediante desagregación de resultados por grupo y participación activa de comunidades locales.
- Definir unidades objetivo-claras y comparables desde el inicio, alineadas con planes nacionales como los NDC o NAP, para facilitar el análisis entre distintos tipos de medidas.
- Complementar el ACB con otros enfoques cualitativos o multicriterio, especialmente para balancear la evaluación entre medidas blandas y estructurales.
- Desarrollar bases de datos regionales y validar los supuestos con expertos y actores locales para contextualizar los análisis.
- Utilizar métodos triangulados (ACB + herramientas cualitativas) para capturar beneficios intangibles cuando la monetización no es viable.
- Establecer metodologías y pautas normalizadas internacionalmente que guíen la aplicación del ACB para adaptación, con criterios comunes en tasas de descuento, inclusión de daños personales, y uso de literatura especializada, siguiendo marcos como los de GIZ o Climate-ADAPT.

Estudio de la subjetividad ante las metodologías a través de encuestas de valoración

Con el fin de superar las limitaciones del ACB aplicado a la adaptación al cambio climático, particularmente en lo relativo a la carga subjetiva de sus resultados, se aplicó la metodología Q. Esta herramienta permite identificar patrones de pensamiento, acuerdos y desacuerdos entre expertos sobre aspectos clave del análisis económico en contextos de incertidumbre y complejidad, como el climático.

Se definió un conjunto de 27 afirmaciones (conjunto Q) derivadas de la literatura especializada. Estas abarcan aspectos metodológicos como el uso de tasas de descuento, la inclusión de beneficios intangibles, la selección del horizonte temporal y la incorporación de impactos no monetarios. A partir de este conjunto, se diseñó una encuesta en la que los participantes clasificaron las afirmaciones según su nivel de acuerdo y relevancia. Mediante un análisis factorial de los datos recogidos, se identificaron cuatro discursos diferenciados. Cada discurso representa una agrupación coherente de percepciones en torno al uso y aplicación del ACB.

El Discurso 1 destaca la relevancia del alcance del proyecto, apoya realizar análisis de sensibilidad con diversas tasas de descuento y resalta que la viabilidad económica depende de la metodología utilizada. Rechaza el uso de tasas de descuento estandarizadas y la preferencia por estudios antiguos. El Discurso 2 favorece métodos cuantitativos, el uso de la BCR y la incorporación de escenarios futuros, pero rechaza considerar beneficios intangibles y la necesidad de más investigación sobre biodiversidad. El Discurso 3 impulsa más investigación sobre pérdida de biodiversidad y considera como beneficio la reducción de CO₂, aunque se opone a incluir beneficios intangibles y sectoriales, incluso si son estimaciones imprecisas. Por último, el Discurso 4 valora los beneficios intangibles y comparte con el 3 la preferencia por métodos cuantitativos y la dificultad para medir proyectos de corta duración, pero rechaza la BCR y el uso de tasas de descuento múltiples.

Conclusiones

A partir del análisis de experiencias concretas y de los aportes recogidos en la encuesta de valoración, se identificaron diez principios fundamentales que orientan las futuras decisiones en adaptación al cambio climático:

1. **Invertir antes del riesgo.** La rentabilidad de las medidas adaptativas disminuye cuando se implementan tarde. La anticipación, especialmente en territorios con alto riesgo climático, es clave para maximizar los beneficios económicos y sociales.
2. **Las soluciones basadas en la naturaleza son altamente rentables.** Las NbS no solo ofrecen beneficios ecológicos y sociales, sino que muestran mejores ratios beneficio-coste que muchas infraestructuras grises tradicionales, lo que las posiciona como una inversión estratégica.
3. **Los sistemas de alerta temprana presentan un alto rendimiento económico.** La capacidad de prevenir daños y reducir pérdidas mediante vigilancia y respuesta rápida se traduce en una eficiencia notable en el uso de recursos.
4. **El tipo de riesgo condiciona la eficacia de las medidas.** Las medidas son más efectivas frente a ciertos riesgos (como geofísicos) que frente a amenazas complejas como sequías o tormentas. La naturaleza del riesgo debe guiar el diseño de las intervenciones.



5. **No hay diferencias significativas según escala, horizonte temporal o tasa de descuento.** Estos factores tradicionales no determinan la rentabilidad de las medidas. Es el tipo de intervención y el contexto del riesgo lo que realmente marca la diferencia.
6. **Necesidad de enfoques comparativos estandarizados.** La falta de uniformidad metodológica limita el aprendizaje entre contextos. Establecer variables comunes y marcos comparables para reducir la incertidumbre permitiría mejorar la calidad de las decisiones.
7. **El contexto local determina los resultados.** La rentabilidad de una medida varía notablemente entre regiones y sectores. Las políticas deben adaptarse a las particularidades geográficas, sociales y económicas de cada territorio.
8. **La adaptación debe considerarse una inversión estratégica, no un coste.** Más allá del análisis económico, invertir en adaptación genera beneficios a largo plazo en salud, cohesión social, seguridad alimentaria y sostenibilidad.
9. **Equidad y participación son esenciales para la legitimidad y eficacia de las medidas.** Incluir a comunidades locales a través de enfoques participativos, especialmente grupos vulnerables, mejora tanto la aceptación como los resultados de las intervenciones adaptativas.
10. **La adaptación debe estar integrada en la planificación y desarrollo sectorial.** No puede abordarse como una acción aislada. Debe permear políticas públicas, planificación urbana, gestión de recursos y estrategias de desarrollo.

2. Introducción

El cambio climático constituye uno de los desafíos más relevantes y urgentes de la actualidad, al impactar de manera transversal sobre los sistemas naturales, económicos y sociales. En las últimas décadas, los esfuerzos globales se han centrado principalmente en la mitigación de las emisiones de GEI; sin embargo, la creciente evidencia científica y las experiencias recientes han puesto de manifiesto la necesidad de fortalecer la adaptación al cambio climático como un pilar esencial para garantizar la resiliencia de los territorios y las comunidades.

En este contexto, el **PNACC 2021-2030**, junto con su primer Programa de Trabajo 2021-2025, establece las bases para una acción coordinada y coherente frente a los impactos climáticos en España, alineada con los compromisos internacionales asumidos por el país en el marco del Acuerdo de París y las estrategias de adaptación de la Unión Europea. Este marco estratégico reconoce que la adaptación es una responsabilidad compartida entre las distintas administraciones públicas, el sector privado, la comunidad científica y la sociedad civil, y plantea la necesidad de generar e integrar información robusta y basada en la evidencia como los análisis coste-beneficio sistematizados, que permiten comparar medidas adaptativas según tipo de riesgo, rentabilidad y contexto, optimizando así la toma de decisiones frente a un clima cada vez más incierto. En esta línea, la Fundación Biodiversidad F.S.P. y la Oficina Española de Cambio Climático (OECC), mediante la convocatoria de fondos PIMA-Adapta, han promovido iniciativas orientadas a consolidar el conocimiento técnico y científico necesario para diseñar, evaluar y priorizar medidas de adaptación que sean eficaces, eficientes y socialmente aceptables, contribuyendo así a una transición justa y resiliente hacia una economía y una sociedad más preparadas frente al cambio climático. La Ley 7/2021, de 20 de mayo, *de cambio climático y transición energética*, refuerza este compromiso mediante un marco normativo que establece obligaciones y orientaciones para alcanzar la neutralidad climática y promover una resiliencia climática sostenida en el tiempo.

En este marco se desarrolla el presente proyecto *“Recopilación y Análisis de Casos Prácticos de Estudios Coste-Beneficio en Diferentes Tipos de Iniciativas de Adaptación”*, concebido como una iniciativa estratégica para fortalecer la base de conocimiento técnico y científico que respalde la toma de decisiones en materia de adaptación al cambio climático. Su objetivo principal es identificar, analizar y sistematizar experiencias relevantes en la aplicación de ACB sobre diversas medidas de adaptación, tanto en el contexto nacional como internacional, con el propósito de generar una visión integrada que permita evaluar la eficacia, eficiencia y viabilidad económica de las intervenciones adaptativas frente a diferentes amenazas climáticas. El proyecto busca no solo recopilar información sobre casos prácticos existentes, sino también examinar las metodologías empleadas, los resultados obtenidos y las buenas prácticas derivadas de su aplicación, identificando patrones, desafíos y lecciones aprendidas que puedan ser replicables o adaptables en otros contextos.

Mediante este ejercicio de sistematización, se pretende aportar una base de conocimiento sólida y basada en la evidencia que facilite la incorporación de criterios económicos en los procesos de planificación, evaluación y priorización de políticas, programas y proyectos de adaptación al cambio climático, contribuyendo así a la optimización de los recursos públicos y privados destinados a la resiliencia climática, además de garantizar una adecuada adaptación en el contexto de incertidumbre climática. El proyecto reconoce la necesidad de abordar la heterogeneidad de los estudios existentes, por lo que incluye un análisis comparativo que permite identificar las variables clave, los indicadores más utilizados y las limitaciones metodológicas de los análisis coste-beneficio aplicados en diferentes sectores y escalas territoriales, aspirando a ofrecer una visión útil no solo para la evaluación económica de medidas concretas,

sino también para apoyar la integración transversal de la economía de la adaptación en los instrumentos de planificación estratégica y en la formulación de políticas públicas alineadas con los objetivos nacionales e internacionales de sostenibilidad y acción climática.

El contenido del presente informe se organiza en las siguientes secciones: la sección 3 presenta el contexto de la adaptación al cambio climático, donde se expone el marco normativo, estratégico y político en el que se insertan las iniciativas de adaptación, tanto a nivel nacional como internacional. La sección 4 desarrolla el contexto de la investigación y el análisis empírico, que describe los antecedentes, los objetivos específicos y el enfoque metodológico adoptado para la recopilación y análisis de los casos prácticos de ACB y se aborda la evaluación de los análisis coste-beneficio, sintetizando los resultados de la revisión de las experiencias identificadas, así como las metodologías utilizadas, beneficios y limitaciones. La sección 5 aborda los retos y barreras comunes en la aplicación de los ACB a la adaptación al cambio climático, incluyendo aspectos metodológicos, institucionales y de disponibilidad de datos. Además, se presentan los enfoques exitosos y las recomendaciones prácticas que permiten superar estas limitaciones. La sección 6 recoge la validación de las relaciones encontradas mediante encuestas de valoración, exponiendo el proceso y resultados de la consulta a expertos para corroborar los hallazgos del análisis. Finalmente, la sección 7 presenta las conclusiones del informe.

3. Contexto de la Adaptación al Cambio Climático

3.1 EL CAMBIO CLIMÁTICO

El término “cambio climático” se refiere a los cambios observados en las temperaturas y los patrones meteorológicos durante largos periodos de tiempo. Estos cambios pueden ser de origen natural, provocados por la actividad solar o por importantes erupciones volcánicas. Sin embargo, desde el Siglo XIX la actividad antrópica es el principal motor causante del cambio climático a escala mundial, principalmente por la quema de combustibles fósiles. En dicha quema se emiten gases de efecto invernadero (GEI), que migran a la atmósfera, envolviendo el planeta, produciendo un fenómeno en el que se queda atrapado el calor del Sol y se elevan las temperaturas, conocido como “efecto invernadero”. Debido a los cambios producidos en la composición atmosférica de los GEI (Figura 1), el sistema climático se encuentra actualmente en desequilibrio, es decir, recibe más energía de la que emite (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, AEMET y OECC, 2021).

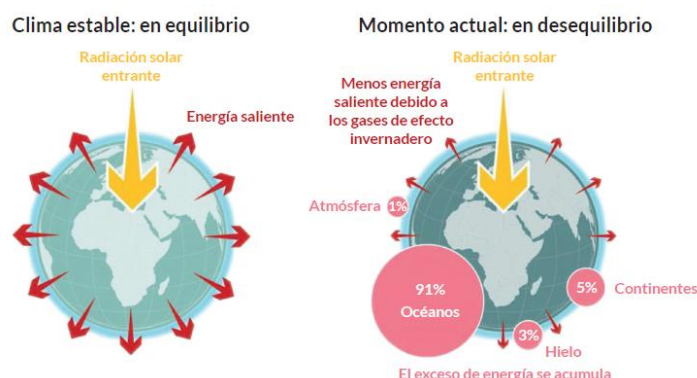


Figura 1. Esquemas ilustrativos de la situación climática deseada, figura izquierda, en el que el sistema se encuentra en equilibrio, y, figura derecha, situación climática actual

Fuente: Guía resumida del Sexto Informe de Evaluación del IPCC

Grupo de Trabajo I (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, AEMET y OECC, 2021)

Los principales GEI causantes del cambio climático son el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4) y el óxido nitroso (N_2O). Como se ha mencionado anteriormente, se originan principalmente por la quema de combustibles fósiles, por ejemplo, de la gasolina de un automóvil, pero, otras actividades, como la tala de bosques y la quema de vegetación también liberan GEIs a la atmósfera, especialmente CO_2 . A su vez, las actividades ganaderas y las relacionadas con el petróleo y el gas también emiten cantidades importantes de CH_4 . En la Figura 2 se ilustra como la concentración de GEIs aumento drásticamente a partir de 1850, izquierda, y como las emisiones de GEIs derivadas de las actividades humanas continúan en aumento, derecha (IPCC, 2021).

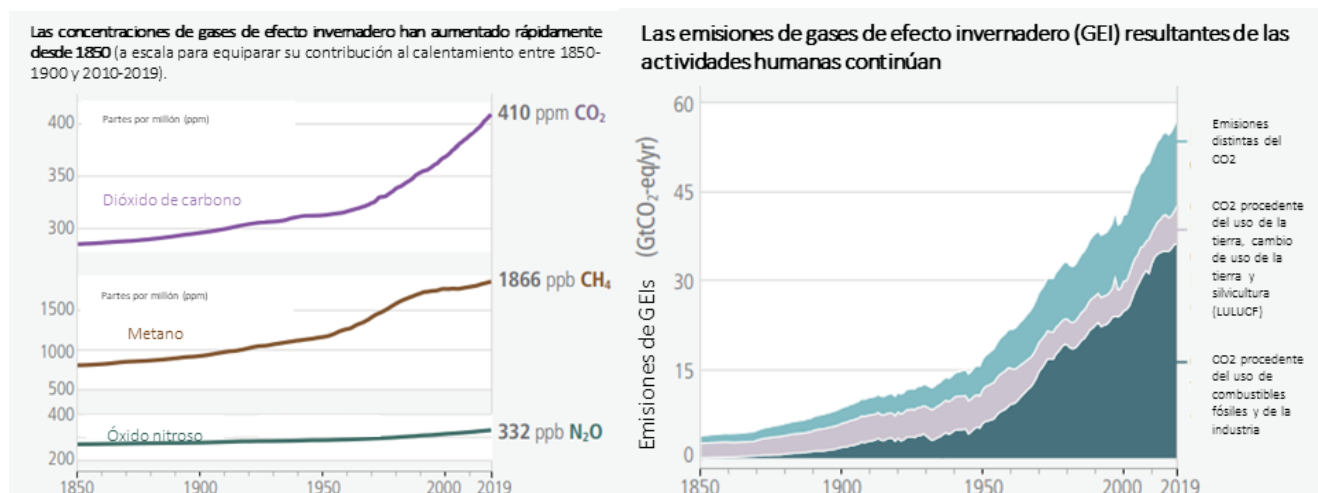


Figura 2. Izquierda: emisiones anuales históricas por GEI para la serie temporal de 1850 a 2019. Derecha: emisiones antropogénicas netas mundiales de GEI. Se incluye el CO_2 procedente de la combustión de combustibles fósiles y procesos industriales ($\text{CO}_2\text{-FFI}$) (verde oscuro); CO_2 neto procedente del uso de la tierra, cambios de usos de la tierra y silvicultura ($\text{CO}_2\text{-LULUCF}$) (verde); CH_4 ; N_2O ; y gases fluorados (HFC, PFC, SF_6 , NF_3) (azul claro)
Fuente: modificado del sexto Informe de Evaluación del IPCC (2021)

Respecto a la evolución de las emisiones mundiales de GEIs por sectores (Figura 3), se muestran tendencias al alza (JRC, 2024). Donde los sectores que más emiten son los de la Industria energética y los de la industria de Combustión y procesos industriales. En el año 2023, las emisiones alcanzaron los $53,0 \text{ Gt CO}_2\text{eq}^1$, un 1,9% más que en el año anterior. En este año, todos los sectores incrementaron sus emisiones, siendo el transporte el que registró el mayor incremento, tanto en términos relativos (+3,7%) como absolutos ($301 \text{ Mt CO}_2\text{eq}$).

¹ Dióxido de carbono equivalente. Es una unidad estándar que se utiliza para comparar el impacto climático de diferentes GEI sobre la base de su potencial de calentamiento global (GWP, por sus siglas en inglés)

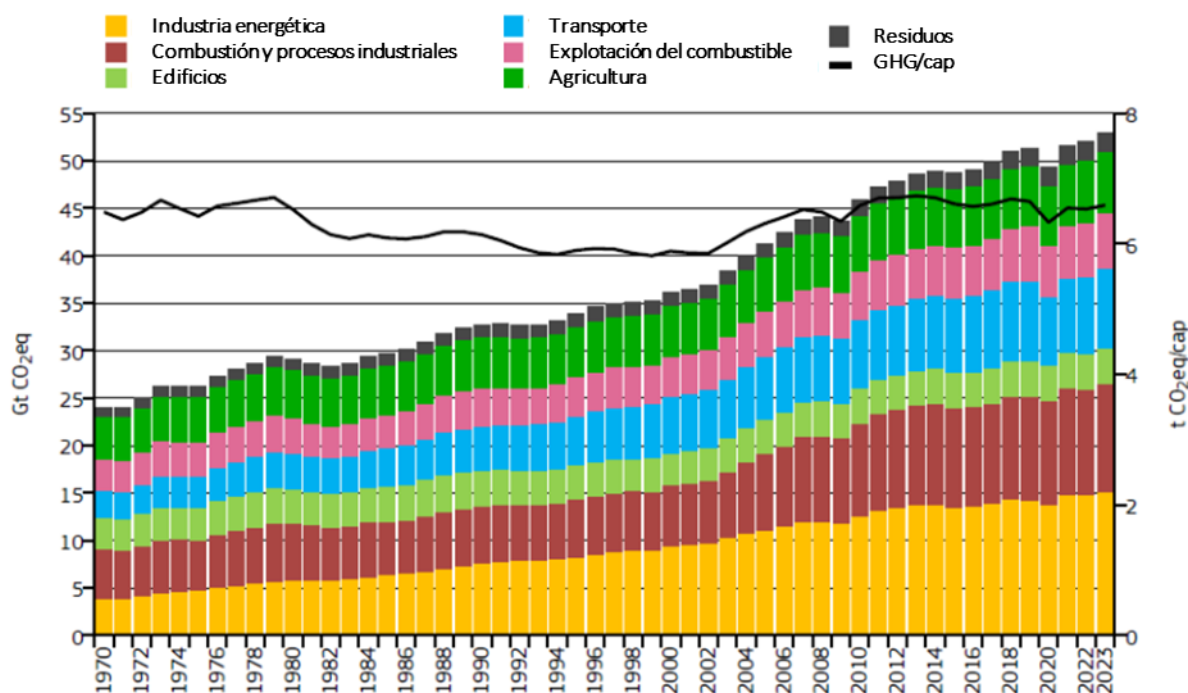


Figura 3. Emisiones globales de GEIs por sector (eje izquierdo, barras) y emisiones globales de GEIs per cápita (eje derecho, línea negra)

Fuente: modificado de GHG Emissions for all World Countries (JRC, 2024)

El gran aumento de las emisiones de GEI a partir del Siglo XIX está ligado a la Revolución Industrial la cuál impulsó el avance de las sociedades humanas, dando como resultado un rápido crecimiento económico. Debido a la transición hacia una economía basada en las manufacturas, la Revolución Industrial generó enormes avances en el aumento de la producción y de la eficiencia; por ejemplo, la mecanización de la industria textil permitió multiplicar la producción con menor esfuerzo humano. Además, la invención y aplicación de la máquina de vapor mejorada por James Watt incrementó notablemente la eficiencia energética en fábricas y minas. También permitió perfeccionar los sistemas de transporte que revolucionó el movimiento de mercancías y personas a gran escala. Por lo que se vieron mejoradas sustancialmente la calidad de vida humana y la seguridad y condiciones laborales. Sin embargo, dicha revolución también conllevó notables consecuencias, aún patentes hoy en día. El inicio del uso intensivo de combustibles fósiles -en concreto el carbón- (uno de los principales agentes del cambio climático) marcó un punto de inflexión en la emisión de GEIs a gran escala, impulsando el calentamiento global (Anderson, 2024).

Consecuentemente, la Revolución Industrial conllevó un rápido crecimiento económico, transformando profundamente los modelos de producción de los países que basaban sus economías en la agricultura y en la artesanía, pasando a modelos industriales a gran escala. Además, las poblaciones donde se desarrollaron estos eventos experimentaron un crecimiento muy notable, doblando sus tamaños en los 100 años posteriores a la Revolución Industrial, hasta los 1240 millones de habitantes en 1850. Esto contrasta con la baja tasa del crecimiento poblacional predominante hasta la fecha.

Así pues, desde finales del siglo XIX, la temperatura media del planeta no ha dejado de aumentar, alcanzando hoy un incremento de 1,1 °C, el más alto registrado en los últimos 100.000 años (Figura 4). La década de 2010 a 2020 no solo fue la más cálida jamás documentada, sino que marcó un punto de inflexión climático sin precedentes (ONU, 2024). Este calentamiento sostenido está directamente vinculado a la expansión global del modelo industrial intensivo en carbono, basado en la quema masiva de combustibles fósiles como el carbón, lo que ha generado una acumulación progresiva de gases de efecto invernadero en

la atmósfera y ha desencadenado alteraciones profundas en los sistemas climáticos, ecológicos y socioeconómicos.

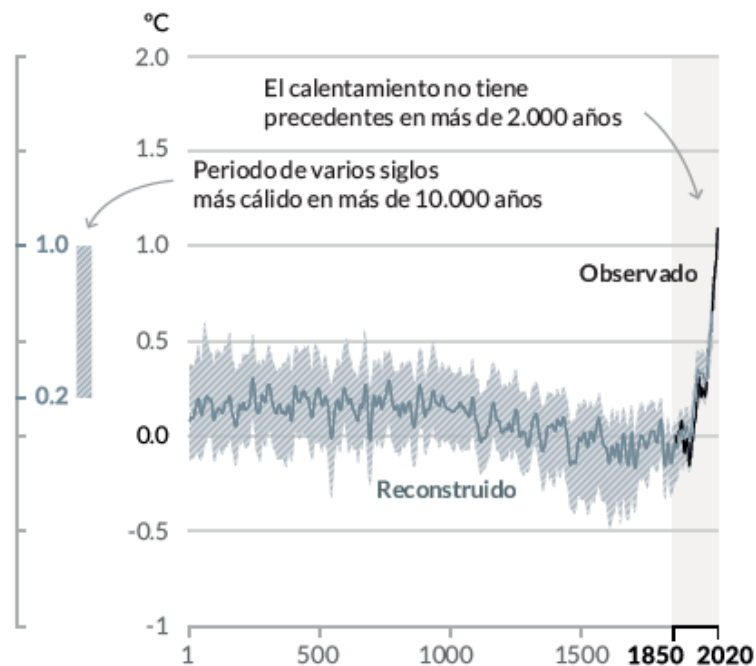


Figura 4. Evolución de la variación de las temperaturas globales
Fuente: modificado de la guía resumida del Sexto Informe de Evaluación del IPCC
Grupo de Trabajo I (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, AEMET y OECC, 2021)

El cambio climático está provocando alteraciones rápidas y de alcance global en todos los sistemas terrestres, desde la atmósfera y los océanos hasta la criosfera y la biosfera, sin precedentes en siglos anteriores. Tal como se muestra en la Figura 5, sus consecuencias más notables incluyen el incremento de la concentración de CO₂, la subida del nivel del mar y la reducción de los glaciares y del hielo marino ártico. Estos impactos, identificados por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, AEMET y OECC (2021), afectan no solo a los ecosistemas, sino también a sectores clave como la agricultura, la salud, la seguridad hídrica y la economía, generando riesgos sistémicos cada vez más difíciles de gestionar.



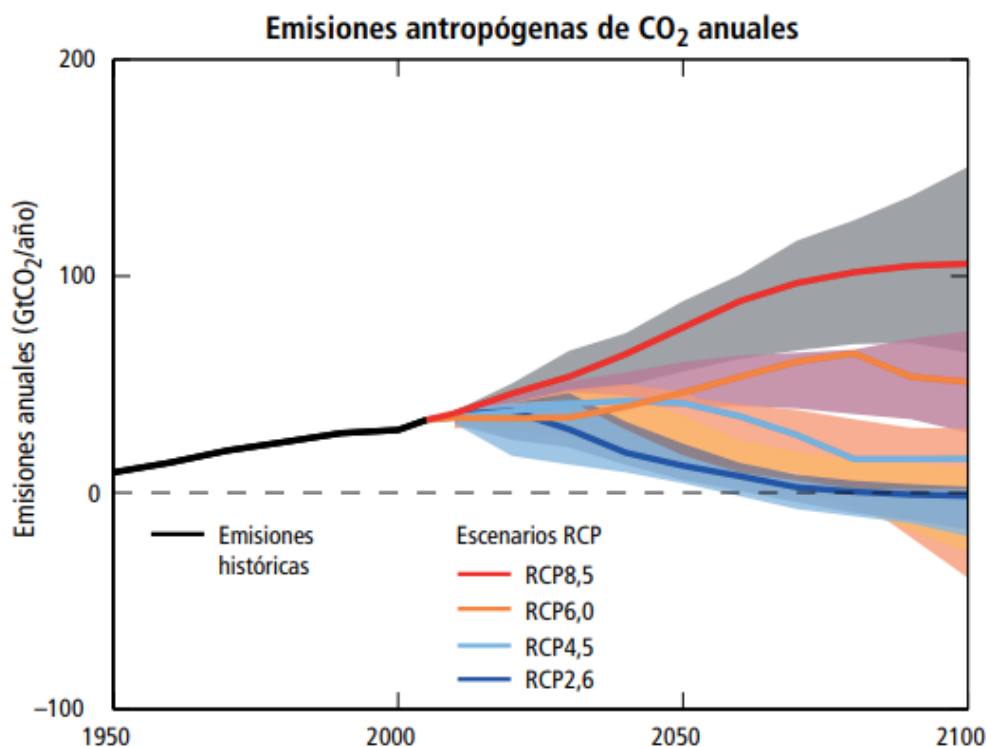
Figura 5. Principales impactos del cambio climático
Fuente: Guía resumida del Sexto Informe de Evaluación del IPCC
Grupo de Trabajo I (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, AEMET y OECC, 2021)

De acuerdo al Sexto Informe de evaluación del IPCC (2021), los impactos más patentes del cambio climático son los siguientes:

- **Aumento del nivel del mar en 0,20 m de media entre 1901 y 2018.** Debido a los cambios observados en el aumento de la intensidad de las olas de calor, las precipitaciones, las sequías y los ciclones tropicales, y, en especial, por el aumento de las mismas debido a la acción antrópica.
- **Impactos sobre comunidades vulnerables.** Las regiones y las comunidades humanas con limitaciones en su desarrollo son las más vulnerables a los peligros climáticos. El aumento de los fenómenos meteorológicos y climáticos extremos ha expuesto a millones de personas a la inseguridad alimentaria aguda, a la par que se ha visto reducida la seguridad hídrica. A la par, entre 2010 y 2020, la mortalidad humana por inundaciones, sequías y tormentas fue 15 veces mayor en las regiones altamente vulnerables, en comparación con las regiones con muy baja vulnerabilidad.
- **Daños sustanciales sobre los ecosistemas terrestres, de agua dulce, criosféricos, costeros y marinos.** El aumento de la magnitud de los eventos extremos de calor provoca cientos de pérdidas a nivel local de especies, registrándose eventos de mortalidad masiva en todos los ecosistemas mencionados. Algunos de estos impactos podrían llegar a ser irreversibles en el corto plazo, como los impactos hidrológicos productos del retroceso de los glaciares o los cambios en algunos ecosistemas de montaña y árticos por el deshielo del permafrost.
- **Impactos sobre la producción alimentaria.** Aunque, en general, la productividad agrícola haya aumentado, se han localizado impactos negativos en latitudes medias y bajas. Respecto a los sectores de la pesca y la acuicultura, el aumento de la temperatura de la superficie marina y la acidificación de los océanos los ha afectado negativamente. Aproximadamente la mitad de la población mundial experimenta actualmente una grave escasez de agua durante al menos parte del año, debido a una combinación de factores climáticos y no climáticos.
- **Impactos sobre la salud humana.** En todas las regiones, el aumento de los episodios de calor extremo ha dado lugar a la mortalidad y a la morbilidad humanas. A la par, se ha registrado un incremento en la incidencia de enfermedades transmitidas por alimento y aguas relacionadas con el clima.
- **Impactos económicos.** Se han detectado daños económicos por el cambio climático en sectores expuestos al clima, como la agricultura, la silvicultura, la pesca, la energía y el turismo. Los medios de subsistencia de las personas se han visto afectados, por ejemplo, por la destrucción de viviendas e infraestructuras y por la pérdida de bienes e ingresos, del nivel de salud humana y de seguridad alimentaria, con efectos adversos en la equidad social.
- **Impactos sobre el medio urbano y la infraestructura humana.** Los eventos de temperaturas extremas se han intensificado en las ciudades, donde la infraestructura urbana (sistemas de drenaje, agua, saneamiento y energía) se ha visto comprometida, produciendo, además, importantes pérdidas económicas, la interrupción del abastecimiento e impactos negativos en el bienestar humano.

En relación a las emisiones futuras, en 2014, en el Quinto informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (AR5) se definieron cuatro escenarios de emisiones de GEI y concentraciones de aerosoles, la denominadas Sendas Representativas de Concentración (o RCPs, por sus

siglas en inglés). Estos escenarios son representaciones plausibles sobre las futuras tendencias de las emisiones de GEI, capaces de provocar una modificación del balance energético del planeta, lo que se conoce como forzamiento radiativo (FR). Según este informe, Figura 6, el FR total que se produciría para el año 2100 oscilaría entre 2.6 y 8.5 W/m². Así, el RCP 2.6 (el más moderado en emisiones) provocaría un forzamiento de 2,6 W/m² en 2100 mientras que en el RCP 8.5 (el más intenso) se alcanzaría un valor de 8.5 W/m². El primero sería compatible con un calentamiento de 2°C, mientras que el segundo produciría un calentamiento mucho mayor. Entre ellos quedarían dos escenarios intermedios (RCP 4.5 y RCP 6.0).



S

Figura 6. Emisiones de dióxido de carbono (CO₂) únicamente en las trayectorias de concentración representativas RCP (líneas) y las categorías de escenarios asociados. Donde las áreas coloreadas muestran el rango del 5% al 95%
Fuente: Quinto informe de Evaluación del IPCC (2014)

Más adelante, en el año 2021, en su Sexto Informe de evaluación (AR6), el IPCC elevó su discurso de acción climática reforzando el tono de alarma, debido al aumento esperado de la temperatura global en 1,5°C en los próximos 20 años. Este incremento produciría la multiplicación de la magnitud de los riesgos asociados al calentamiento global y la aceleración de los impactos asociados, por lo que se necesita que las acciones de mitigación y adaptación contra el cambio climático sean cada vez más ambiciosas. En la siguiente figura se muestra la evolución de las proyecciones climáticas SSP (*Shared Socioeconomic Pathways*), las cuales consideran en el pronóstico de los escenarios climáticos futuros términos sociales, económicos y políticos, como el crecimiento de la población y el desarrollo de políticas ambientales. Actualmente, para estudiar la evolución de las variables climáticas, tales como la variación de las temperaturas o de las precipitaciones, se utilizan conjuntamente las proyecciones climáticas RCP y las SSP.

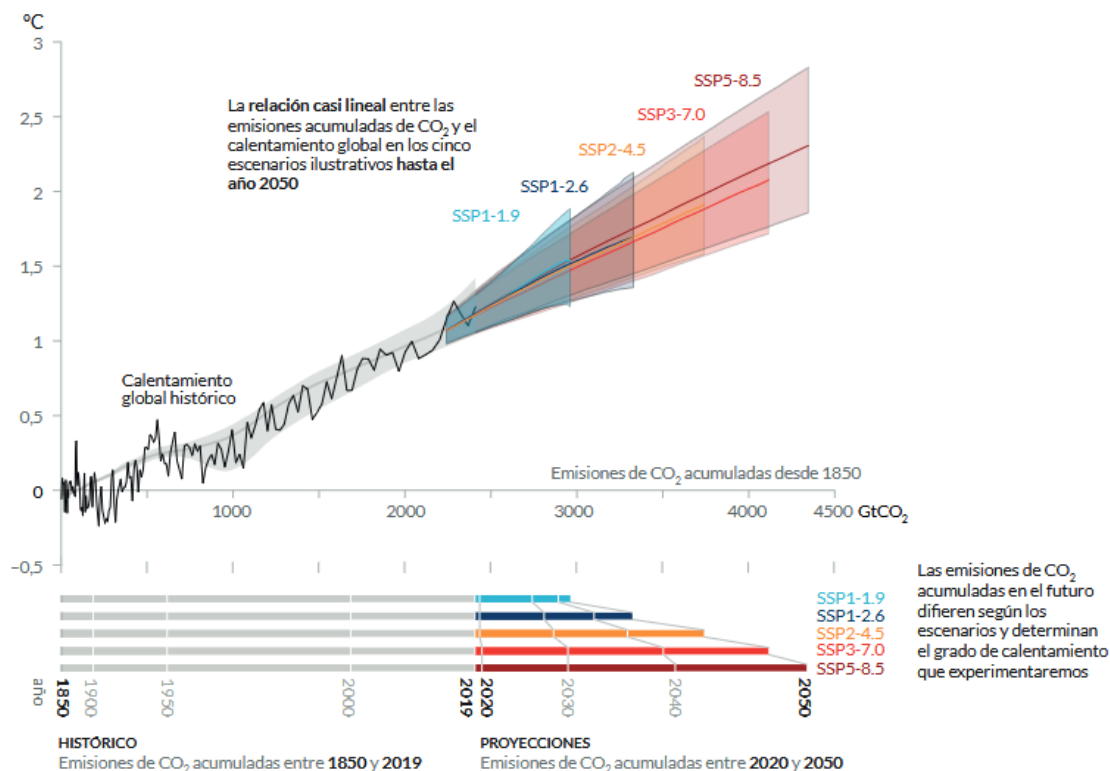


Figura 7. Aumento de la temperatura global en superficie en función de las emisiones acumuladas de CO₂ (GtCO₂) y las emisiones acumuladas para el registro histórico y para las proyecciones climáticas SSP
Fuente: Sexto informe de Evaluación del IPCC (2021)

De acuerdo con las proyecciones climáticas, la variación anual de la temperatura en los días más calurosos aumentará progresivamente a medida que se incrementarán los efectos del calentamiento global. Bajo un escenario de +2°C respecto al periodo preindustrial, se estima que la temperatura máxima anual podría incrementarse hasta 5°C por encima de los valores de referencia, alcanzando incrementos aún mayores en el hemisferio norte y en regiones específicas como las latitudes medias y zonas semiáridas, así como en el área del monzón sudamericano. En la Figura 8(a) se ilustra cómo este aumento térmico se intensifica con cada nivel adicional de calentamiento global, lo que implica un incremento sustancial del riesgo de olas de calor extremas, con consecuencias críticas para la salud pública, los ecosistemas y la productividad agrícola (IPCC, 2021).

Además de los cambios térmicos, el cambio climático está modificando los patrones hidrológicos. La variación anual de la humedad total media del suelo en columna refleja una reducción generalizada en muchas regiones, Figura 8(b), en parte como consecuencia de la mayor evapotranspiración asociada al aumento de las temperaturas. Si bien estas proyecciones siguen en gran medida las tendencias de la precipitación media anual, también presentan diferencias locales atribuibles a procesos de evaporación y transpiración. Este descenso en la humedad del suelo incrementa la vulnerabilidad a las sequías, afectando negativamente a la disponibilidad de agua para los cultivos, ecosistemas y recursos hídricos superficiales y subterráneos (IPCC, 2021).

Por otro lado, respecto a la variación anual de las precipitaciones en los días más húmedos, Figura 8(c), se espera un aumento de los valores en casi todas las regiones continentales, incluso en aquellas donde se prevé una disminución de la humedad media del suelo. Este incremento en las precipitaciones extremas está estrechamente vinculado al aumento de la capacidad de la atmósfera para retener vapor de agua, estimándose un aumento aproximado del 7% en la precipitación máxima de un día por cada grado adicional

de calentamiento global. La combinación de mayor intensidad de lluvias y menor retención de humedad en el suelo eleva los riesgos de inundaciones y erosión, especialmente en regiones tropicales y de latitudes altas (IPCC, 2021).

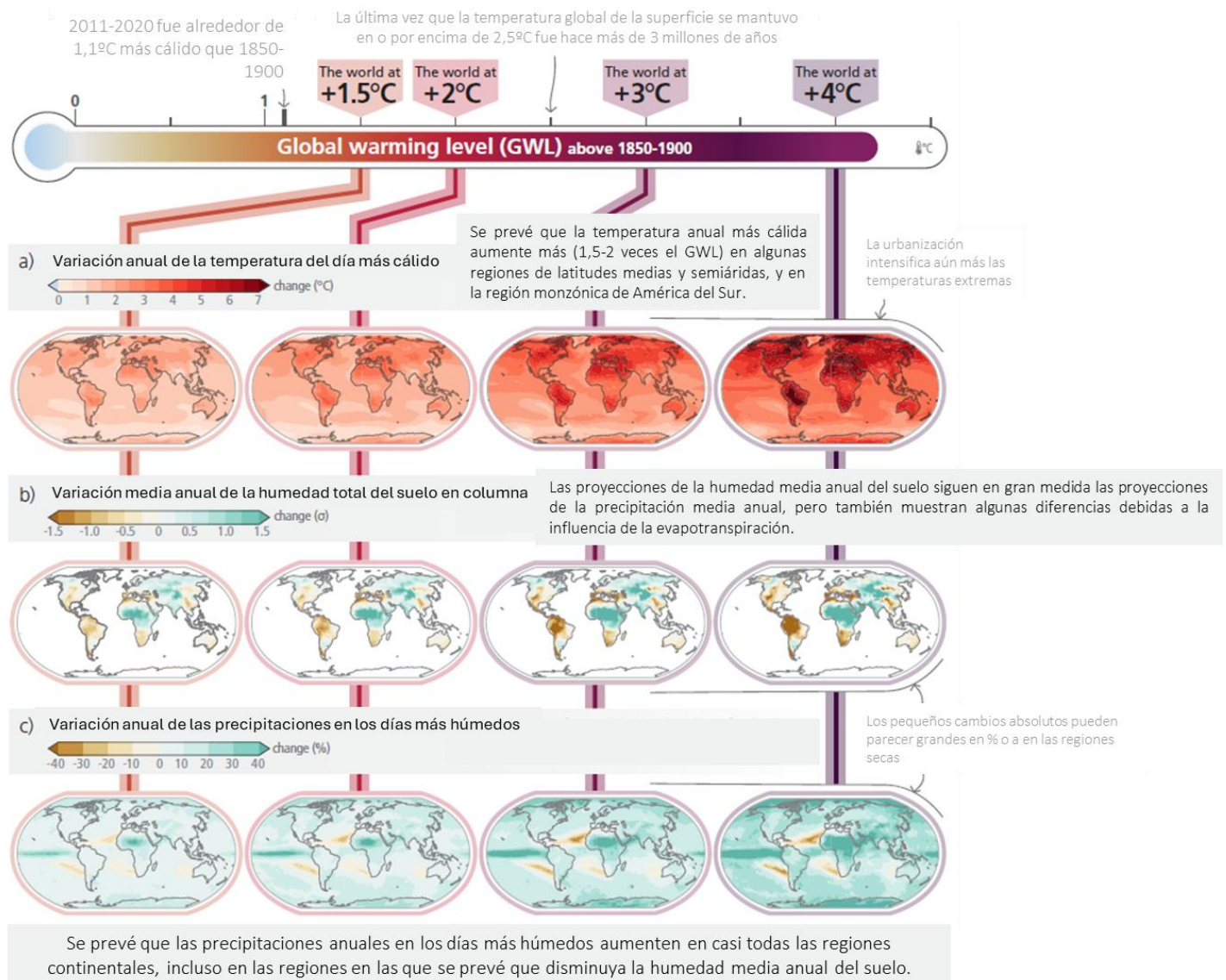


Figura 8. Cambios proyectados de la temperatura máxima diaria anual, la humedad total media anual del suelo en columna de suelo CMIP y la precipitación máxima diaria anual a niveles de calentamiento global de 1,5°C, 2°C, 3°C y 4°C en relación con 1850-1900. Cambios simulados (a) de la temperatura máxima anual (°C), (b) de la humedad media anual total del suelo en columna (desviación estándar), (c) de la precipitación máxima diaria anual (%)

Fuente: modificado del Sexto informe de Evaluación del IPCC (2021)

3.2 RESPUESTA GLOBAL AL CAMBIO CLIMÁTICO

Ante el escenario actual global, las estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático se erigen como piezas claves en la acción climática. Por una parte, la mitigación al cambio climático busca reducir las emisiones de GEI que se hacen a la atmósfera, es decir, las medidas se centran en evitar o reducir las emisiones de GEI y en potenciar el uso y desarrollo de los sumideros de carbono². Mientras que la adaptación al cambio climático trabaja en la limitación de los riesgos derivados por el cambio del clima,

2 Lugares o procesos de la naturaleza en los que se absorbe más carbono del que se libera. Estos ayudan a reducir la cantidad de CO₂ en la atmósfera, lo que contribuye a mitigar el cambio climático. Algunos ejemplos de sumideros de carbono que se pueden encontrar en la naturaleza son los océanos, los bosques y los suelos.

mediante el aumento de la resiliencia de las comunidades humanas y de los ecosistemas frente a los impactos adversos, tanto actuales como futuros. La adaptación supone la reducción del riesgo y de la vulnerabilidad³, buscando oportunidades que permitan a las naciones, regiones, ciudades, al sector privado, a las comunidades, individuos y a los sistemas naturales combatir los impactos del cambio climático, así como también persigue movilizar los recursos y el conocimiento para implementar las decisiones y las acciones necesarias. Así pues, para definir las estrategias y medidas de adaptación se evalúan los riesgos y vulnerabilidades para identificar adecuadamente las opciones para la reducción del riesgo y para el aumento de la resiliencia.

Las estrategias de adaptación se basan en las diferentes necesidades identificadas cuando se abordan estudios de este tipo. Pudiéndose distinguir entre dos grupos de medidas:

- **Medidas duras o de intervención en el territorio.** Aquellas que tienen definidos objetivos tangibles para la reducción de la vulnerabilidad. Estas pueden adoptar enfoques técnicos o estructurales (*medidas grises*) que suponen la construcción de infraestructuras y el uso de tecnologías para afrontar los efectos del cambio climático, como pueden ser elementos de contención y protección (diques y presas). Otro tipo de enfoque son las *NbS*, las cuales se centran en proteger, restaurar, usar y aumentar la sostenibilidad de los ecosistemas terrestres, de agua dulce, costeros y marinos, tanto de los naturales como de los que han sufrido algún tipo de alteración, abordando los desafíos sociales, económicos y ambientales derivados de forma eficaz y adaptativa, a la vez que se busca el bienestar humano y se procura el mantenimiento e incremento de los servicios ecosistémicos, la resiliencia y los beneficios para la biodiversidad. Este último tipo de enfoque comprende prácticas como la agricultura sostenible inteligente, la reforestación, la restauración de espacios degradados y el uso de técnicas de bioingeniería (Zorrilla y Kuhlmann, 2015).
- **Medidas blandas o habilitadoras.** Aquellas que buscan el aumento del conocimiento y el fortalecimiento de las capacidades, sensibilización y/o de los acuerdos entre los diferentes actores y que sientan las bases para el avance social e institucional en el campo de la adaptación al cambio climático. Estas incluyen la creación de leyes y regulaciones, la adopción de sistemas de alerta temprana y el establecimiento de marcos gubernamentales claves para el desarrollo sostenible y la promoción de la participación comunitaria en la toma de decisiones (Zorrilla y Kuhlmann, 2015).

En la adopción de medidas y estrategias de adaptación al cambio climático se reconocen diversas barreras, siendo una de las más significativas la elevada vulnerabilidad que presentan determinados grupos, comunidades y países. Estas poblaciones son las que sufren en mayor medida los impactos del cambio climático y, según las proyecciones climáticas, continuarán siendo las más afectadas en el futuro debido a la carencia de herramientas y recursos, tanto a nivel económico como político y social, que limitan su capacidad de respuesta y resiliencia. En la Figura 9 se muestra la relación entre la vulnerabilidad media nacional de la población y las emisiones per cápita de CO₂ derivadas de combustibles fósiles e industria (CO₂-FFI) en 2019 para 180 países analizados en el AR6. La gráfica ilustra cómo los países más vulnerables

³ Incapacidad de un sistema, sector, comunidad o lugar de presentar una respuesta efectiva a los impactos derivados del cambio climático. La cual se mide a través de la sensibilidad (grado en el que se puede ver afectado positiva o negativamente por los estímulos relacionados con el clima, teniendo en cuenta sus características intrínsecas) y la capacidad de adaptación para ajustarse al cambio climático, con el fin de moderar los daños potenciales, de beneficiarse de las oportunidades o de afrontar las consecuencias.

suelen tener las emisiones per cápita más bajas, mientras que los países con menores niveles de vulnerabilidad promedio presentan mayores emisiones. Esta disparidad evidencia una paradoja de justicia climática, donde quienes menos contribuyen al problema global son quienes enfrentan los riesgos más graves y persistentes, exacerbados por desigualdades estructurales. Asimismo, incluso en países con vulnerabilidad media baja, persisten grupos poblacionales expuestos a altas vulnerabilidades, lo que subraya la importancia de diseñar políticas de adaptación que sean equitativas e inclusivas (IPCC, 2021).

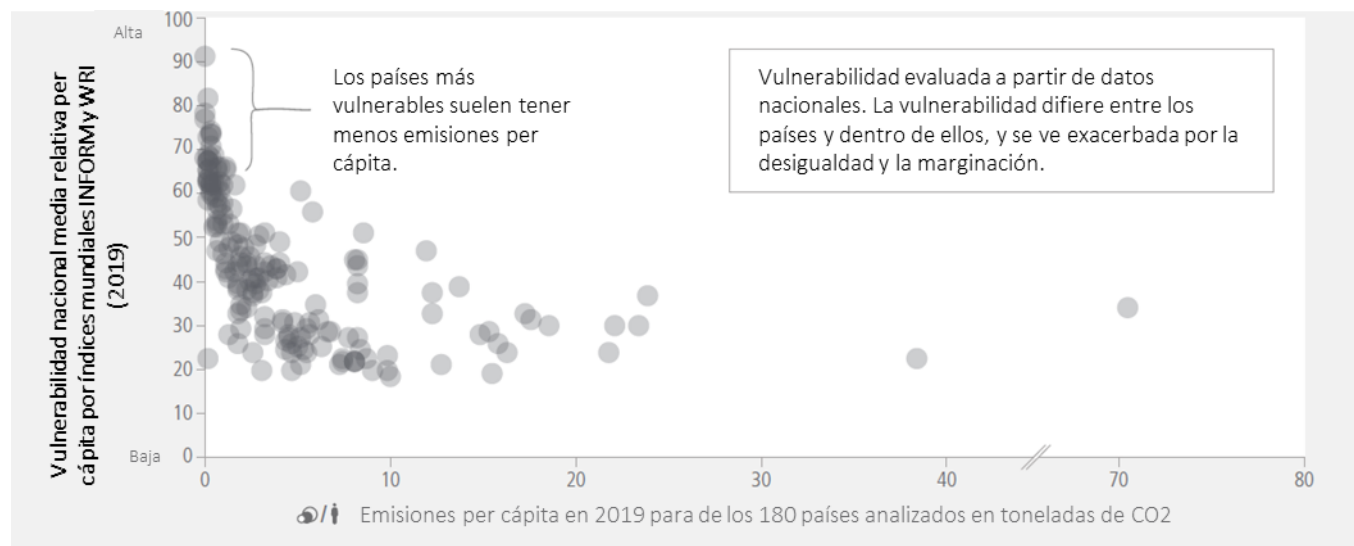


Figura 9. Vulnerabilidad de las poblaciones y emisiones per cápita por país (datos de 2019)
Fuente: modificado del Sexto informe de Evaluación del IPCC (2021)

En este contexto, la financiación para la adaptación al cambio climático representa uno de los principales desafíos para la implementación efectiva de las estrategias nacionales e internacionales. Hasta julio de 2023, 85 de los 155 países en desarrollo, definidos por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) en su *Adaptation Finance Gap Update* de 2023, habían especificado sus necesidades de financiación para la adaptación dentro de sus NDC o NAP. La proporción de países que han cuantificado estas necesidades varía según el nivel de ingresos: el 89 % de los países de ingresos bajos y el 68 % de los de ingresos medio-bajos lo han hecho, frente al 42 % de los países de ingresos medio-altos y solo el 16 % de los países de ingresos altos (UNFCCC, 2023).

El coste total estimado para implementar las prioridades de adaptación recogidas en las contribuciones de estos 85 países asciende a 105.000 millones de dólares anuales en el periodo 2021-2030, lo que equivale aproximadamente al 1,5 % del Producto Interior Bruto (PIB) de estos países. En el caso de los Países Menos Adelantados (LDC) y los Pequeños Estados Insulares en Desarrollo (PEID), el 87 % de las necesidades de financiación dependen de la financiación climática internacional, mientras que solo el 13 % se consideran realizables con sus propios recursos. Para el resto de los países en desarrollo, estas proporciones son del 83 % y el 17 %, respectivamente, lo que evidencia una alta dependencia de los flujos financieros internacionales para ejecutar las acciones de adaptación (UNFCCC, 2023).

Los sectores prioritarios identificados para la financiación de la adaptación son, de manera transversal, el agua, la agricultura y las infraestructuras, aunque las prioridades específicas varían según el contexto nacional. Sin embargo, las limitaciones técnicas y financieras en los países de ingresos bajos dificultan la evaluación exhaustiva de los costes de adaptación en todos los riesgos y sectores, lo que podría generar una subestimación significativa de las necesidades reales de financiación. Además, aunque las necesidades



de financiación per cápita son más altas en los países de ingresos medios-altos y altos en términos absolutos, como proporción del PIB son sustancialmente mayores en los países de menores ingresos, lo que refleja su vulnerabilidad financiera relativa (UNFCCC, 2023).

El análisis de las NDC y NAP cuantificadas permite estimar que las necesidades medias de financiación para la adaptación en todos los países en desarrollo ascienden a 387.000 millones de dólares anuales para el periodo 2021-2030, con un rango estimado de entre 101.000 y 975.000 millones de dólares anuales. Esta cifra representa, en promedio, el 1 % del PIB de estos países (con un rango de entre 0,25 % y 2,5 %). Para los LDC y PEID, las necesidades medias se sitúan en 41.000 millones de dólares anuales, equivalentes al 2 % de su PIB, con un rango de entre 16.000 y 83.000 millones de dólares anuales (0,8 % a 4 % del PIB). A pesar de los crecientes esfuerzos por cuantificar los costes de adaptación, las variaciones metodológicas, los enfoques y las suposiciones utilizadas siguen introduciendo incertidumbres en las estimaciones globales. La falta de recursos financieros suficientes para cubrir estas necesidades continúa siendo una barrera crítica que ralentiza el progreso en la implementación de las estrategias de adaptación, poniendo en riesgo la resiliencia frente a los impactos climáticos (UNFCCC, 2023).

En el contexto europeo, en el año 2023, Grecia y Países Bajos lideraron en gasto en protección medioambiental en relación con su PIB, dedicando 1,6% y el 1,5 % del PIB a esta función (Figura 10). Les siguieron Malta y Bélgica (1,2 % del PIB) y Luxemburgo (1,1 %). En Grecia, la mayor parte del gasto se destinó a la gestión de residuos (0,9 % del PIB) y a la reducción de la contaminación (0,6 %), mientras que en Países Bajos se distribuyó entre gestión de residuos (0,6 %) y gestión de aguas residuales (0,4 %). Malta y Bélgica dedicaron cada una el 0,6 % y 0,4 % de su PIB, respectivamente, a la gestión de residuos, destacando Malta también por su gasto en la protección de la biodiversidad (0,2 %). Por su parte, Luxemburgo priorizó la gestión de aguas residuales (0,4 %). En el caso de España, destaca la gestión de residuos (0,6%), seguido de la gestión de aguas residuales y reducción de la contaminación, ambos con un 0,1% respecto del PIB. En general, la investigación y desarrollo en protección ambiental se mantuvo baja en todos los países de la UE, representando el 0,1 % del PIB o menos (Eurostat, 2025).

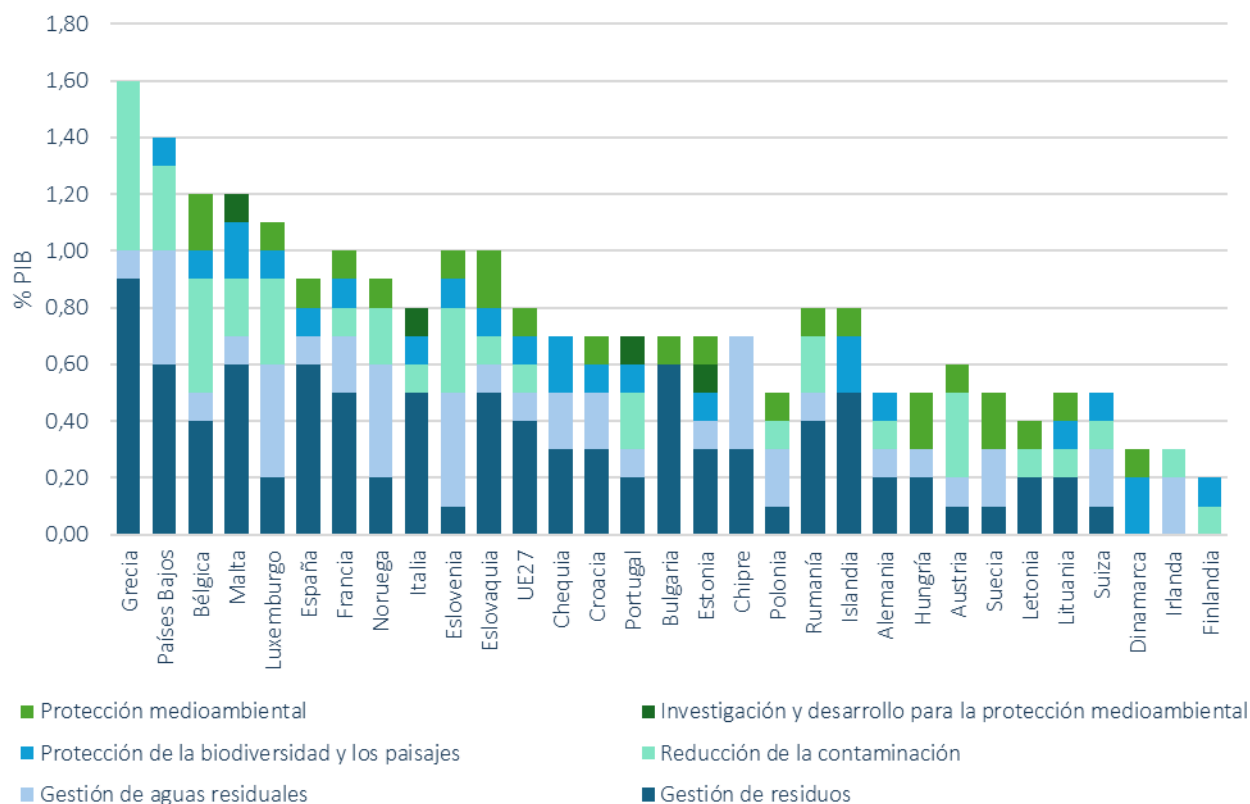


Figura 10. Gastos generales totales en protección ambiental llevados a cabo por los gobiernos de los países de la Unión Europea en el año 2023 respecto al % PIB
Fuente: modificado de Eurostat (2025)

3.3 CONTEXTO GENERAL DE LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Contexto internacional

El cambio climático se erigió como una preocupación internacional prioritaria en 1988, con la creación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) de la ONU, el cual tiene el objetivo de analizar la información científica, técnica y socioeconómica de forma exhaustiva, objetiva, abierta y transparente, para entender el cambio climático, sus repercusiones y riesgos futuros, así como las opciones existentes para su limitación y adaptación a sus efectos. Desde entonces, el IPCC ha publicado seis informes de evaluación del cambio climático.

A partir de 1992, la cooperación internacional en materia de cambio climático se consolidó con la Conferencia de Río de Janeiro, que sentó las bases para la CMNUCC, cuyo objetivo es estabilizar las concentraciones de GEI para evitar interferencias peligrosas en el sistema climático. Este marco dio lugar a sucesivos instrumentos internacionales, destacando el Protocolo de Kioto de 1997, que estableció compromisos cuantitativos vinculantes de reducción de emisiones para los países desarrollados y en transición, y que estuvo en vigor entre 2005 y 2012. Ante la necesidad de acciones más ambiciosas, en 2015 se adoptó el Acuerdo de París, un tratado jurídicamente vinculante que busca limitar el aumento de la temperatura media global a muy por debajo de los 2 °C, y preferiblemente a 1,5 °C respecto a los niveles preindustriales, comprometiendo a los países a actualizar y aumentar periódicamente sus NDC.

Desde la adopción del Acuerdo de París, las conferencias anuales de las Partes (COP) han seguido afinando los mecanismos de implementación. La COP de 2024, celebrada en Bakú, destacó por avanzar en ámbitos

clave como la financiación climática, con la creación de un nuevo objetivo financiero colectivo y un fondo para pérdidas y daños, la transición energética mediante la reducción de combustibles fósiles y promoción de renovables, la definición de un mercado de carbono regulado, y el fortalecimiento de la adaptación y resiliencia a través de los NAP, especialmente para los países en desarrollo. Asimismo, se acordó reforzar la transparencia mediante la presentación de informes bienales y se subrayó la importancia de integrar la biodiversidad en las políticas climáticas.

Este marco internacional de políticas climáticas se complementa con la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, que agrupa los compromisos internacionales en torno a un desarrollo inclusivo, equitativo y sostenible. Entre sus 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) se incluyen metas directamente vinculadas al cambio climático y la energía, tales como garantizar el acceso universal a una energía asequible, sostenible y moderna; promover modalidades de consumo y producción sostenibles; y adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos, reflejando la interdependencia entre las acciones climáticas y los demás desafíos globales.

En el Sexto Informe de Evaluación del IPCC se advierte de la posible ineffectividad de las medidas adoptadas a finales de 2020, puesto que, según los escenarios analizados, la temperatura media global aumentaría en 3,2°C antes de 2100. Con la puesta en marcha de las medidas asociadas a las contribuciones voluntarias del acuerdo de París, la temperatura del planeta se incrementaría en 2,8°C antes del 2100 (Figura 11). En este contexto, el IPCC destaca la necesidad de alcanzar un desarrollo sostenible a través de la priorización equitativa, la justicia social, la inclusión y los procesos de transición justa. Donde la acción temprana frente al cambio climático proporciona beneficios tanto en el corto como en el largo plazo.

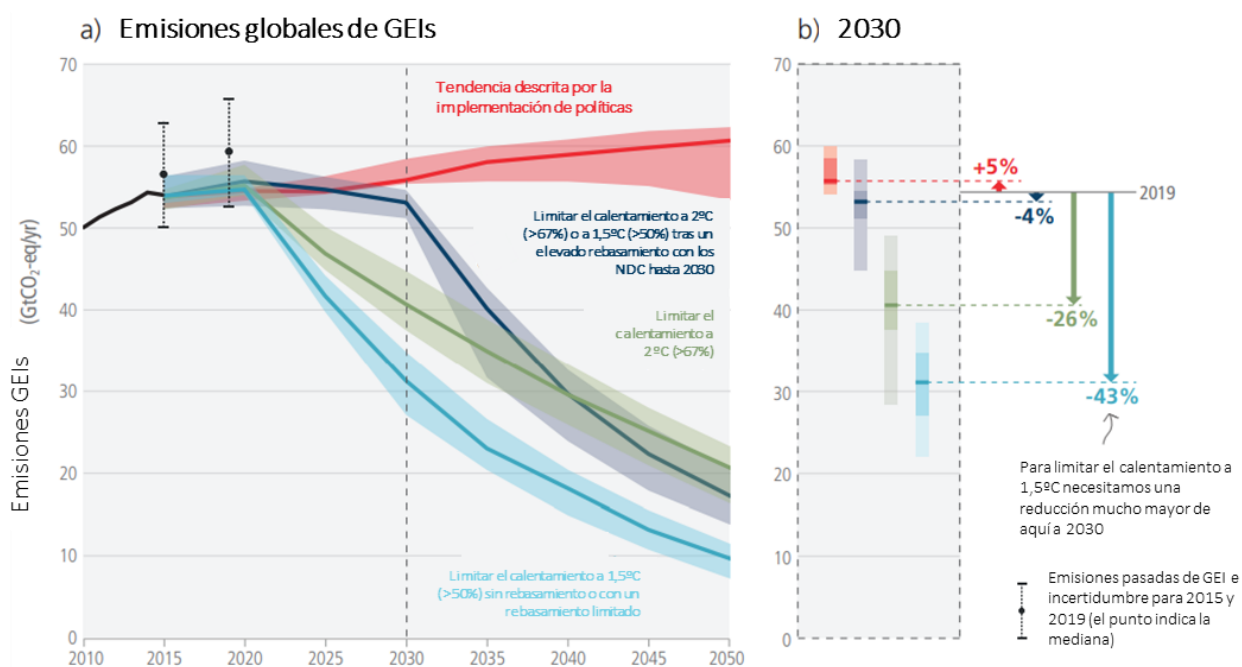


Figura 11. (a) Trayectorias modelo de las emisiones globales de GEIs y los resultados de las proyecciones de las emisiones esperadas según las evaluaciones de las políticas a corto plazo para el año 2030; (b) Emisiones mundiales de GEI durante el periodo temporal de 2015-2050 para cuatro tipos de trayectorias mundiales modelizadas
Fuente: modificado del IPCC (2021)

Estos acuerdos, protocolos y fuentes de conocimiento y desarrollo constituyen conjuntamente la base que guía el desarrollo de las estrategias sostenibles de adaptación llevadas a cabo por las diferentes naciones,

promoviendo a la par la acción coordinada de las políticas climáticas de forma coherente a nivel global. En este marco de trabajo, las NDC, introducidas anteriormente y estipuladas por el Acuerdo de París, reflejan los esfuerzos concretos de cada país tanto en los esfuerzos de reducción de las emisiones como en los de adaptación a los impactos derivados del cambio climático. Cada Parte firmante está obligada a preparar, comunicar y mantener sus sucesivas NDC, así como a adoptar medidas nacionales de mitigación que respalden el cumplimiento de los objetivos fijados, consolidando así un mecanismo dinámico de ambición creciente y acción progresiva (UNFCCC, 2015).

Junto a las NDC, los NAP complementa este marco, orientando a los Países Menos Adelantados (PMA) y a otras naciones en desarrollo en la identificación de sus necesidades de adaptación a mediano y largo plazo, y en el diseño e implementación de estrategias y programas para abordarlas. Este tipo de planes persiguen reducir la vulnerabilidad y fortalecer la resiliencia, al tiempo que se integra la adaptación de manera transversal en las políticas y estrategias de desarrollo a nivel nacional. Guiados por los principios de participación, transparencia, equidad de género y respeto a los conocimientos tradicionales, los NAPs aseguran una adaptación contextualizada y liderada por los propios países. La financiación se apoya en instrumentos internacionales como el Fondo Verde para el Clima, mientras que el progreso es monitoreado y respaldado técnicamente por el Grupo de Expertos, consolidando un vínculo operativo entre las políticas internacionales y las acciones nacionales de adaptación (UNFCCC, 2024).

Contexto europeo

La Unión Europea ha desempeñado un papel destacado como líder global en la acción climática y en la definición de políticas energéticas, estableciendo un marco ambicioso y progresivo que ha evolucionado a lo largo de las últimas dos décadas. El punto de partida de este camino fue en 2005 con la puesta en marcha del Régimen de Comercio de Derechos de Emisión (RCDE), seguido en 2008 por la aprobación del Paquete Europeo de Energía y Cambio Climático 2013-2020, que fijó objetivos vinculantes para reducir las emisiones de GEIs, aumentar la eficiencia energética y fomentar las energías renovables de cara a 2020. En 2013, la Comisión Europea reforzó su compromiso mediante la “Hoja de Ruta hacia una economía baja en carbono competitiva en 2050”, que proponía una vía rentable para alcanzar una reducción del 80% de las emisiones en 2050 respecto a los niveles de 1990, estableciendo hitos intermedios de reducción del 40% para 2030 y del 60% para 2040, anticipándose a las políticas internacionales y subrayando la necesidad de una acción continua y ambiciosa.

En 2014, esta senda se consolidó con la presentación del Paquete Energía y Clima 2030, que fijó un objetivo de reducción de al menos un 40% de las emisiones de GEI para 2030 respecto a 1990, acompañado de una cuota mínima del 32% de energías renovables y una mejora del 32,5% en la eficiencia energética. Este marco integró la creación de un mercado interior de la energía, promoviendo la interconexión eléctrica con metas del 10% para 2020 y del 15% para 2030. No obstante, la apuesta climática europea se intensificó en 2020 con la presentación del Pacto Verde Europeo (*European Green Deal*), que elevó la ambición de reducción de emisiones al 55% para 2030, incrementó los objetivos de renovables al 40% y fijó metas de eficiencia energética entre el 36% y 39%, reafirmando el compromiso de alcanzar la neutralidad climática para 2050. Este compromiso quedó jurídicamente vinculado con la aprobación de la Ley Europea del Clima en 2021, que consagró el objetivo de la neutralidad climática y la reducción mínima del 55% de las emisiones netas de GEI para 2030, estableciendo también un límite a las absorciones de carbono para

garantizar una reducción efectiva de las emisiones y sentando las bases para definir el objetivo climático de 2040.

Dentro de este marco, la adaptación al cambio climático ha ido adquiriendo un papel central en la política climática de la UE, reconociéndose la necesidad urgente de la preparación frente a los impactos ya inevitables. Este compromiso se consolidó con la nueva Estrategia de Adaptación al Cambio Climático aprobada en 2021, que actualiza y amplía la estrategia de 2013. La estrategia de 2021 refuerza la integración de la adaptación en todas las políticas y presupuestos europeos, con un enfoque holístico y transversal que busca garantizar que la adaptación no sea un proceso aislado, sino plenamente incorporado en todas las áreas de la política pública y la planificación estratégica. En esta, se priorizan las *NbS*, fomentando la restauración de ecosistemas, la gestión sostenible del territorio y las infraestructuras verdes como herramientas clave para aumentar la resiliencia de las comunidades y para reducir la vulnerabilidad ante fenómenos climáticos extremos. Además, la estrategia impulsa el conocimiento y la recopilación de datos, promoviendo el acceso a información de calidad que permita una toma de decisiones informada y eficaz en todos los niveles de gobernanza.

Este enfoque de adaptación responde a las crecientes evidencias sobre la vulnerabilidad de Europa ante el cambio climático, especialmente en regiones como el Mediterráneo y las zonas costeras. Los países mediterráneos enfrentan mayores riesgos de olas de calor, escasez hídrica, pérdida de hábitats, aumento de la demanda energética para refrigeración y más incendios forestales, mientras que las zonas costeras podrían experimentar pérdidas económicas de hasta 39.000 millones de euros anuales para 2050, aumentando hasta 960.000 millones hacia finales de siglo en un escenario de altas emisiones. También se prevé que los daños anuales en infraestructuras críticas de Europa, solo por impactos climáticos, puedan multiplicarse por diez a final de siglo. Por ello, la nueva estrategia prioriza medidas locales de adaptación y refuerza la dimensión territorial, reconociendo que la adaptación debe estar ajustada a las realidades y vulnerabilidades específicas de cada región.

La adaptación se complementa, además, con los instrumentos financieros y regulatorios del Pacto Verde Europeo, como el Fondo Social para el Clima, el *Just Transition Fund* y el plan *NextGenerationEU*, que destinan recursos para garantizar que las comunidades más vulnerables reciban apoyo específico para incrementar su resiliencia. Estos fondos buscan garantizar que la transición climática sea justa y equitativa, evitando dejar atrás a los grupos más expuestos socioeconómicamente. Paralelamente, el paquete *Fit for 55*, presentado en 2021, estipula la reducción de al menos el 55% de las emisiones de GEI para el 2030, aunque a priori es un paquete de medidas de mitigación, también incluye medidas legislativas que refuerzan la adaptación, promoviendo el uso sostenible del suelo, la silvicultura y la integración de criterios climáticos en la fiscalidad de la energía. Asimismo, el plan *REPowerEU*, aprobado en 2022 en respuesta a la guerra de Ucrania, acelera la independencia energética y refuerza la transición a energías limpias.

Finalmente, las recomendaciones de 2024 de la Comisión Europea, proponiendo una reducción del 90% de las emisiones para 2040, refuerzan la senda hacia la neutralidad climática y anticipan un marco más ambicioso que seguirá integrando la adaptación al cambio climático como un pilar clave. La adaptación no solo busca reducir daños y pérdidas, sino también generar oportunidades para transformar las economías y sociedades europeas hacia un modelo más sostenible, inclusivo y resiliente.

Contexto nacional

En el marco estratégico de acción climática desarrollado por la Unión Europea se erige a nivel nacional en España el **Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC)**, según el Reglamento (UE) 2018/1999, *sobre la gobernanza de la Unión de la Energía y de la Acción por el Clima*, publicado el 21 de diciembre de 2018, que fija las bases que han de conformar dichos planes nacionales y las estrategias a largo plazo para la reducción de emisiones de GEI que los gobiernos deben presentar a la Comisión Europea para apoyar el cumplimiento de los objetivos fijados. Este plan es la herramienta de orientación estratégica nacional que integra las políticas de energía y clima en un horizonte temporal de 2030, de acuerdo a las normativas vigentes de cumplimiento. Los objetivos principales son la creación de empleo, el impulso a la competitividad del tejido productivo, el posicionamiento de liderazgo del país en las energías y tecnologías renovables que dominarán la próxima década, el desarrollo del medio rural, la mejora de la salud de las personas y el medio ambiental, y la justicia social. Asimismo, el aprovechamiento de estas oportunidades permite a España contribuir a los objetivos de la UE en el Acuerdo de París y facilitar la descarbonización y la modernización de la economía a nivel nacional.

El Plan busca la transformación del sistema energético hacia una mayor autosuficiencia energética, con el fin de aprovechar eficientemente el potencial renovable del país, en especial, el solar y el eólico. Por lo que el despliegue de medidas comprende el desarrollo de la flexibilidad del sistema energético, mediante el almacenamiento energético y la gestión de la demanda. Esta transformación, a su vez, supondrá un impacto positivo en la seguridad energética nacional al disminuir de manera significativa la dependencia de las importaciones de combustibles fósiles.

Paralelamente, el Plan persigue la mejora de los mecanismos orientados al acompañamiento de las personas, los territorios y los sectores económicos para aprovechar las oportunidades de este contexto de transición ecológica, fruto de un contexto donde la transición se acelera para dar respuesta a la lucha contra el cambio climático, el refuerzo de la autonomía estratégica y el impulso a la actividad económica. Además de los beneficios esperados en términos de crecimiento económico y de empleo.

Las principales políticas y medidas incluidas en el **PNIEC 2023-2030** son las siguientes (Figura 12):

- 55% de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero respecto a 2005, lo que supone una reducción del 32% de emisiones respecto a 1990.
- 48% de renovables sobre el uso final de la energía.
- 43% de mejora de la eficiencia energética sobre el uso final de la energía, con respecto las proyecciones de un escenario de referencia sin medidas.
- 81% de energía renovable en la generación eléctrica.
- Disponer de 19 GW de autoconsumo y 22,5 GW de almacenamiento.
- Reducción de la dependencia energética exterior desde el 73% en 2019 al 50% en 2030.
- 42% de reducción de las emisiones de los sectores difusos y un 70% de los sectores bajo el comercio de derechos de emisión con respecto a 2005.
- Disponer de una tasa de electrificación de nuestra economía del 35%.

Reducción de emisiones GEI

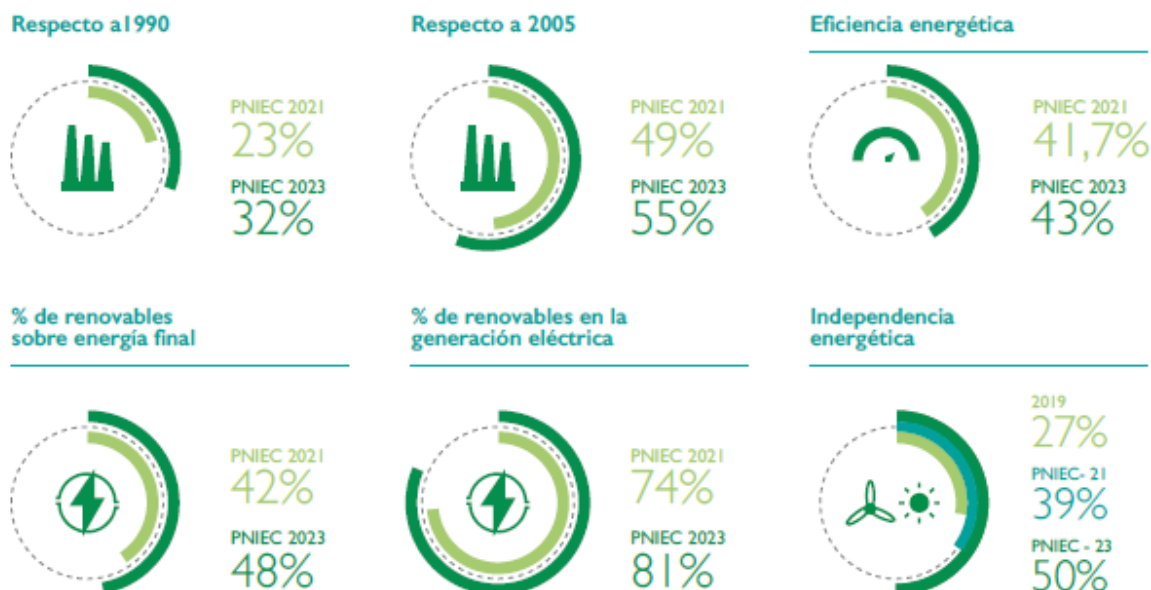


Figura 12. Reducción de las emisiones de GEI respecto a 1990 y 2005 y cambios en los objetivos del PNIEC entre las versiones del 2021 y 2023
Fuente: PNIEC 2023-2030 (2023)

El Plan incide en la mejora del ahorro energético y la eficiencia y en el aumento del uso de energías renovables, con el incremento de la eficiencia energética del país con el fin de reducir la demanda total de energía, la sustitución de combustibles fósiles por otros con menores emisiones (principalmente de energías renovables) y la electrificación de la economía. Para estos fines se han definido las siguientes líneas de actuación:

- La descarbonización del sistema energético, con un despliegue de las energías renovables.
- El fomento del autoconsumo y la generación distribuida, la gestión de la demanda y el fomento de las comunidades energéticas locales.
- La reforma y aumento del uso de calefacción renovable en el sector residencial y comercial, fomentando la eficiencia energética.
- La movilidad sostenible, a partir del impulso al vehículo eléctrico (5 millones de vehículos eléctricos a 2030, 5,5 millones en el borrador revisado de 2023) y el uso de biocarburantes avanzados.
- El aprovechamiento del potencial de absorción de GEI por parte de los sumideros naturales.
- El cambio de combustible en el sector industrial.
- Mejoras en la eficiencia energética en el sector primario.

Con la implementación de las medidas derivadas de estas líneas estratégicas, en cifras absolutas, los sectores de la economía que ejercerían un mayor peso en la reducción de emisiones de GEIs serían los de la generación eléctrica (32 MtCO₂e), el transporte (32 MtCO₂e) e industria (emisiones de combustión, 19 MtCO₂e) y el sector residencial, comercial e institucional (11 MtCO₂e). Así pues, las medidas del PNIEC 2023-2030 conseguirían que las emisiones brutas de GEI pasen de 309,8 MtCO₂eq en el 2019 a 195,2 MtCO₂eq en 2030 (Figura 13).

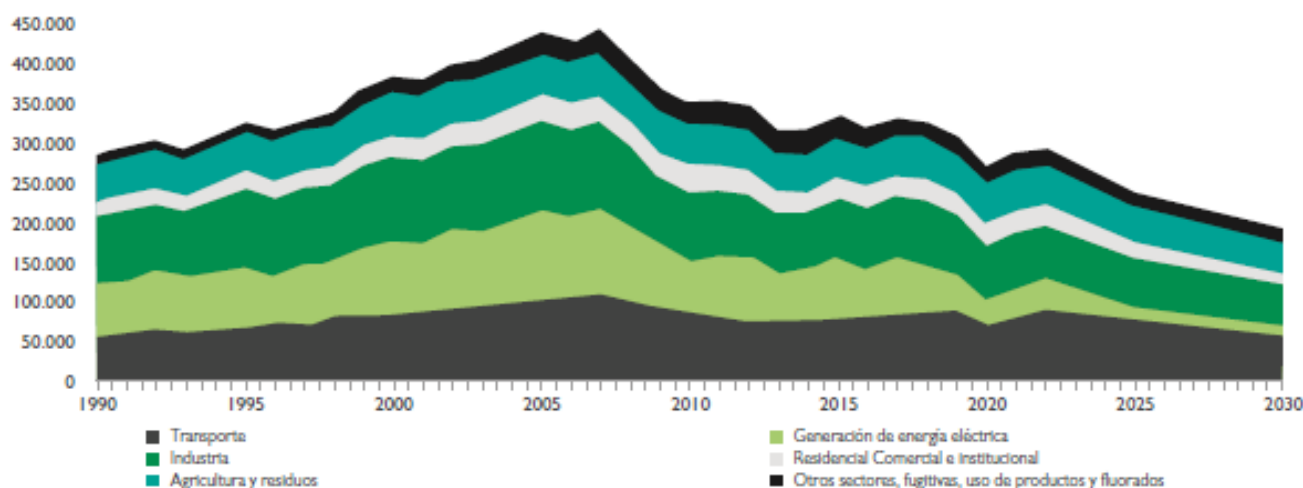


Figura 13. Emisiones GEI nacionales por sector. Registro histórico y proyecciones al año 2030 en Kt
Fuente: PNIEC 2023-2030 (2023)

Respecto a la adaptación al cambio climático, el PNIEC 2023-2030 incluye el papel de la adaptación de manera transversal mediante la incorporación de una nueva medida que concreta y explicita las relaciones sinérgicas entre el PNIEC y el PNACC para identificar los riesgos y vulnerabilidades e integrar los objetivos de adaptación en la planificación en materia de energía y clima.

La Ley 7/2021, de 20 de mayo, *de cambio climático y transición energética*, establece entre sus objetivos la adaptación frente a los impactos derivados del cambio climático, sentando las bases del sistema de planificación y programación en esta materia. La ley identifica una serie de ámbitos sectoriales prioritarios para la adaptación. En su artículo 17, la Ley establece que el PNACC constituye el instrumento de planificación básico para promover una acción coordinada y coherente frente a los impactos del cambio climático. El PNACC define los objetivos, criterios, ámbitos de trabajo y líneas de acción necesarios para impulsar la adaptación y fortalecer la resiliencia frente al cambio climático.

Actualmente, en materia de adaptación, el PNACC 2021-2030 constituye la herramienta clave de planificación y coordinación de las políticas frente a los efectos del cambio climático. Su objetivo principal es promover la acción frente a los riesgos climáticos identificados, mediante el refuerzo de capacidades, la generación de conocimiento, la integración de la adaptación en las políticas públicas y la participación de todos los actores implicados. Entre los riesgos que se evalúan en el marco del PNACC se encuentran aquellos directamente relacionados con las consecuencias del cambio climático, tales como:

- Incremento de las temperaturas.
- Alargamiento de los veranos.
- Aumento de las noches tórridas.
- Incremento del número de días de ola de calor.
- Disminución de las precipitaciones.
- Disminución de los caudales medios de los ríos.
- Expansión del clima semiárido.
- Aumento de la temperatura del agua marina.
- Ascenso del nivel medio del mar.

A partir de estas variables climáticas regionalizadas, se estudian las siguientes tendencias futuras en horizontes temporales a corto, medio y largo plazo, según los escenarios climáticos RCP definidos en el AR5:

- Aumento de las temperaturas máximas y mínimas.
- Mayor número de días cálidos.
- Aumento en la duración de las olas de calor.
- Disminución moderada de las precipitaciones.
- Ligera disminución de la nubosidad.
- Sin cambios en los vientos extremos.
- Ascenso del nivel medio del mar.
- Aumento de la temperatura del agua del mar.
- Aumento de la evapotranspiración.
- Disminución de los caudales medios de los ríos.
- Disminución de la recarga de los acuíferos.
- Incremento de las sequías.
- Lluvias torrenciales e inundaciones.

Los objetivos del PNACC 2021-2030 se articulan en torno a las siguientes prioridades:

- Reforzamiento de la observación del clima y desarrollo de proyecciones regionalizadas de cambio climático en España.
- Generación continua de conocimiento sobre impactos, riesgos y adaptación, y su transferencia a la sociedad.
- Fortalecimiento de las capacidades de adaptación.
- Identificación de los principales riesgos del cambio climático y promoción de medidas de adaptación.
- Integración de la adaptación en las políticas públicas.
- Promoción de la participación de todos los actores implicados: administraciones, sector privado, organizaciones sociales y ciudadanía.
- Garantizar la coordinación administrativa y reforzar la gobernanza en materia de adaptación.
- Cumplimiento e implementación de los compromisos europeos e internacionales.
- Seguimiento y evaluación de las políticas y medidas de adaptación.

El PNACC 2021-2030 estructura la acción adaptativa en 18 ámbitos de trabajo:

1. Clima y escenarios climáticos.
2. Energía.
3. Salud.
4. Movilidad y transporte.
5. Agua y recursos hídricos.
6. Industria y servicios.
7. Biodiversidad y áreas protegidas.
8. Turismo.
9. Forestal, desertificación, caza y pesca continental.
10. Sistema financiero y actividad aseguradora.
11. Agricultura, ganadería, pesca y acuicultura y alimentación.
12. Reducción del riesgo de desastres.
13. Océanos y costas.
14. Investigación e innovación.

15. Ciudad, urbanismo y vivienda.

17. Patrimonio cultural.

16. Educación y sociedad.

18. Paz, seguridad y cohesión social.

Junto a estos ámbitos, se abordan las áreas transversales esenciales para una adaptación integral:

- **Vulnerabilidad territorial y social**, fomentando análisis geográficos y planes de adaptación en espacios vulnerables.
- **Efectos transfronterizos**, identificando cadenas causa-efecto externas y estrategias de mitigación de riesgos.
- **Enfoque de género**, considerando las diferencias en la percepción del riesgo y promoviendo el liderazgo de las mujeres.
- **Prevención de la mala adaptación e incentivos perversos**, mediante listas de control y evaluación de efectos sociales y huella ecológica.
- **Costes y beneficios de la adaptación y la inacción**, estimando impactos económicos de actuar o no actuar.
- **Orientación a la acción**, con planificación y seguimiento continuo de medidas basadas en análisis de riesgos.

3.4 PLANIFICACIÓN DE LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

En este contexto climático actual, resulta esencial el disponer de herramientas de apoyo que ayuden en el proceso de toma de decisiones, las cuales permitan optimizar la asignación de recursos y justificar la inversión en medidas de adaptación ante las limitaciones de financiación existentes. El análisis coste-beneficio se configura como una metodología clave para evaluar la viabilidad económica de las intervenciones de adaptación, al cuantificar y comparar los costes de implementación frente a los beneficios esperados en términos de reducción de impactos y riesgos climáticos. Al proporcionar una base técnica sólida para priorizar acciones, este tipo de análisis puede ayudar a superar las barreras financieras, facilitando la movilización de fondos y el acceso a financiación climática internacional al demostrar la eficacia y eficiencia económica de las medidas propuestas. Así pues, el fin de este tipo de análisis es conocer si los beneficios de las medidas superan sus costes y la clasificación de posibles medidas alternativas en términos de la relación coste-beneficio.

Los costes de adaptación se evalúan estimando los impactos actuales y futuros del cambio climático, para la posterior evaluación de la reducción de dichos impactos, es decir, el beneficio de la adaptación, y el coste asociado. Sin embargo, en estas evaluaciones existe la disyuntiva de qué grado de adaptación se tiene que adoptar, debido a la existencia de costes relacionados con los daños residuales que se dan después de la implementación de las medidas de adaptación. Esto se debe a que es difícil obtener una eficacia al 100% de las medidas de adaptación adoptadas, y, que, generalmente, es más costoso y menos rentable el reducir los impactos completamente (UNEP, 2015). Por otra parte, dentro de la dificultad para estimar los costes de adaptación, también se incluye la existencia de diferentes estimaciones posibles. Estas deberán ser seleccionadas en función de los objetivos, del método utilizado y de las hipótesis formuladas (UNFCCC, 2022).

Los costes de adaptación se definen como los gastos derivados de la planificación, preparación, facilitación e implementación de las medidas de adaptación, incluidos los de transición. Mientras que los beneficios son el valor monetario relativo a los daños evitados o los beneficios acumulados después de la adopción e implementación de las medidas de adaptación. Para la valoración de los costes y los beneficios, los métodos más utilizados son los siguientes:

- **Análisis coste-beneficio (ACB).** Requiere en primera instancia de la definición del objetivo de adaptación y de la identificación de las opciones de adaptación correspondientes que deben evaluarse. A la par, se debe definir la base de referencia para la evaluación, de tal forma que sea posible comparar los escenarios “con” y “sin” implementación de la acción. Además, en este tipo de análisis es necesario estipular la duración de las medidas de adaptación o los horizontes temporales para los escenarios de impacto climático (CLIMATE ADAPT, 2025).

Una vez definidas estas cuestiones es posible asignar valores monetarios a las diferentes acciones comprendidas en una medida. Estos costes incluyen los precios de los recursos físicos necesarios, de la mano de obra de todas las fases del proyecto, así como de cualquier desventaja social, medioambiental o económica cuantificable. Igualmente, a los beneficios también se les da un valor monetario, aunque suele ser más complejo, debido a la naturaleza intangible de los mismos (CLIMATE ADAPT, 2025).

- **Análisis de coste-efectividad (ACE).** Esta metodología se usa para determinar la forma menos costosa de alcanzar un objetivo específico de adaptación. Los costes de las medidas se calculan en términos monetarios, pero los beneficios se pueden expresar en cualquier otra medida cuantificable, mientras que sea posible su comparación con el valor objetivo. Este método generalmente no considera los aspectos sociales, la viabilidad de la implementación o los beneficios colaterales (CLIMATE ADAPT, 2025).
- **Análisis de Criterios Múltiples (MCA).** Consiste en una metodología estructurada y sistemática para la priorización y selección de opciones de adaptación frente al cambio climático, basada en la evaluación simultánea de múltiples criterios, tanto cuantitativos como cualitativos. Este enfoque permite integrar diversas dimensiones—económicas, sociales, ambientales y técnicas—en el proceso de toma de decisiones, proporcionando una valoración equilibrada de alternativas que persiguen objetivos múltiples. El MCA parte de la definición de objetivos deseables y la identificación de indicadores o atributos asociados, que posteriormente se valoran mediante procesos de puntuación, clasificación y ponderación. La participación activa de las partes interesadas en la definición de los criterios y sus ponderaciones es esencial para asegurar la legitimidad, la equidad social y la aceptación de las medidas priorizadas, garantizando que se incorporen los valores y perspectivas de los actores clave en la evaluación (CLIMATE ADAPT, 2025).

Asimismo, el MCA facilita la identificación y priorización de opciones de adaptación que presentan una mayor robustez frente a la incertidumbre climática, favoreciendo la selección de medidas consideradas como “sin arrepentimientos”, “de bajo arrepentimiento”, “ganar-ganar”, “de gestión flexible o adaptativa” y “de múltiples beneficios”. Estas tipologías de opciones ofrecen ventajas diferenciales al combinar eficacia en la reducción de riesgos climáticos con la generación de sinergias adicionales en ámbitos sociales, económicos y ambientales, contribuyendo así a optimizar



la asignación de recursos y a facilitar la movilización de financiación mediante la articulación de beneficios compartidos. Una vez concluido el proceso de priorización, las opciones seleccionadas deben integrarse de manera coherente en una estrategia o plan de acción de adaptación local, que actúe como marco operativo para su implementación efectiva y coordinada en el territorio (CLIMATE ADAPT, 2025).

4. Contexto de la investigación y análisis empírico

4.1 MARCO DE LA INVESTIGACIÓN

La evaluación económica se promueve como una herramienta de suma utilidad para mejorar la toma de decisiones en materia de adaptación frente a restricciones de recursos (Chambwera *et al.*, 2014; Watkiss & Hunt, 2016). El ACB y el valor presente neto (VPN) ocupan un lugar central en los marcos de aprobación de proyectos de instituciones como el Banco Mundial, el Fondo Verde para el Clima y los planes climáticos nacionales (Banco Mundial, 2010; GCF, 2020).

Este enfoque se fundamenta en la comparación de los costes y beneficios totales esperados asociados con una propuesta o medida de adaptación, buscando determinar si los beneficios, como la reducción de daños por inundaciones, por mejoras en la salud pública o por aumento en la productividad agrícola, justifican suficientemente la asignación de recursos frente a los costes, como puede ser la construcción de infraestructuras, el mantenimiento operativo o el desplazamiento de comunidades locales. El objetivo principal del ACB es proporcionar una base racional para la toma de decisiones, asegurando que los recursos se asignen de manera eficiente para maximizar el bienestar social. Para lograr esto, el ACB busca cuantificar tanto los costes como los beneficios, abarcando factores tangibles e intangibles, en términos monetarios, lo que permite una comparación directa y objetiva. A través de este proceso, los responsables de la formulación de políticas pueden evaluar si un proyecto o política generará un beneficio social neto positivo para la sociedad mejorando así la eficiencia asignativa e informar la toma de decisiones sociales (Boardman *et al.* 2018).

Para el cálculo del ACB se requiere una enumeración sistemática de todos los costes y beneficios potenciales que pueden surgir de un proyecto o política. Una característica distintiva del ACB es el esfuerzo por cuantificar estos costes y beneficios en términos monetarios para facilitar la comparación y agregación directa. Reconociendo que los costes y los beneficios ocurren en diferentes momentos en el tiempo, el ACB emplea técnicas de descuento para ajustar los valores futuros a su valor presente. Esto es esencial debido a la evolución del valor del dinero en el tiempo, reconociendo que una unidad monetaria hoy generalmente vale más hoy que la misma unidad en el futuro. La ratio coste-beneficio o BCR es calculada como:

$$BCR = \frac{\sum_{t=0}^T \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^T \frac{C_t}{(1+r)^t}} \quad (1)$$

Donde t representa el período de tiempo, r la tasa de descuento, B , los beneficios y C los costes.

La regla de decisión en la que se basa esta metodología consiste en:

- $BCR > 1 \rightarrow$ El proyecto es rentable (beneficios superan a los costes).
- $BCR = 1 \rightarrow$ El proyecto iguala beneficios y costes.
- $BCR < 1 \rightarrow$ El proyecto no es rentable (costes superan a los beneficios).

En caso de que la selección se realice entre múltiples proyectos, se prefiere el que tenga el BCR más alto.

Sin embargo, esta metodología no está exenta de limitaciones. El ACB parte de una serie de supuestos que condicionan su aplicación y su utilidad real. A pesar de la proliferación de estudios individuales que aplican el ACB a la adaptación y de ser la metodología utilizada por organismos como el Banco Mundial, la evidencia resultante sigue siendo fragmentada. La mayoría de las evaluaciones son específicas de cada caso, y los resultados no son fácilmente comparables debido a diferencias en la escala de la medida, los tipos de

riesgo, las tasas de descuento⁴ aplicadas o los horizontes temporales (OCDE, 2015; de Bruin *et al.*, 2009). La literatura sobre adaptación al cambio climático suele distinguir entre dos grandes categorías de medidas: medidas blandas o habilitadoras y medidas duras o de intervención en el territorio⁵. Donde en el presente análisis, debido a la diversidad de estudios revisados, estas se agrupan en cinco categorías principales:

- Dos corresponden a medidas blandas o habilitadoras: los **sistemas de alerta temprana**, que permiten anticipar eventos peligrosos, y las **medidas regulatorias**, que incluyen normas y políticas para reducir el riesgo.
- Las otras dos son medidas duras o de infraestructura: las **soluciones basadas en infraestructuras**, como diques o represas, y las **Soluciones basadas en la Naturaleza**, como la reforestación o la restauración de ecosistemas que ayudan a mitigar los impactos.
- Además, se crea una categoría adicional llamada **enfoque combinado**, cuando las medidas aplican más de una solución.

En la literatura son pocos los estudios que intentan sintetizar cómo se interactúan y se desarrollan estas opciones entre ellas, ya que las revisiones anteriores se han centrado principalmente en desafíos metodológicos (por ejemplo, la valoración de beneficios no monetarios o el manejo de la incertidumbre) o en la efectividad dentro de sectores específicos (como el de la Agricultura, los Recursos Hídricos o Zonas Costeras), sin ofrecer comparaciones transversales y cuantitativas del desempeño económico (Bosello *et al.*, 2009; Chambwera *et al.*, 2014; Watkiss & Cimato, 2019). Como resultado, quienes toman decisiones carecen de una guía empírica y sistemática sobre cuándo y dónde los distintos tipos de intervenciones pueden ofrecer un valor mayor.

A pesar de su relevancia práctica, tanto el ACB como el VPN presentan limitaciones cuando se aplican a la adaptación. Entre ellas se incluyen la valoración de beneficios no monetarios (como la biodiversidad y el patrimonio cultural), el tratamiento de la incertidumbre y la irreversibilidad, así como las implicaciones éticas de descontar beneficios a largo plazo (Watkiss & Cimato, 2019) (Ver sección 5). No obstante, siguen siendo herramientas claves para los planes nacionales de adaptación y los marcos de inversión establecidos bajo la CMNUCC.

En el marco de la adaptación al cambio climático, las revisiones previas han abordado los desafíos metodológicos de la evaluación de la adaptación (por ejemplo, de Bruin *et al.*, 2009; Chambwera *et al.*, 2014), pero pocas han realizado síntesis cuantitativas de los valores resultantes del cociente beneficio-coste (CBC) o del VPN entre sectores, riesgos y tipos de intervención. Como señalan Bosello *et al.* (2009), la falta de comparaciones estandarizadas entre estudios continúa dificultando los esfuerzos por integrar la adaptación en la planificación económica más amplia. Uno de los elementos más críticos en este tipo de análisis es la elección de la tasa de descuento, ya que puede influir considerablemente en los resultados, especialmente en proyectos con efectos a largo plazo. Asimismo, valorar monetariamente beneficios y costes intangibles, como los impactos ambientales o los efectos en la salud, representa un desafío metodológico y puede generar controversias.

En este contexto, el presente proyecto busca abordar dicha limitación mediante la creación de una base de datos que sistematice la información existente sobre ACB de medidas de adaptación al cambio climático. El análisis permitirá identificar la identificación de las relaciones dosis-respuesta entre las intervenciones

⁴ Es el porcentaje utilizado para calcular el valor presente de flujos de dinero futuros, permitiendo comparar costos y beneficios que ocurren en distintos momentos del tiempo.

⁵ Ver sección 3.2 para una explicación de los diferentes tipos de medidas.



adaptativas y sus beneficios económicos, contribuyendo a reducir la incertidumbre que actualmente rodea a este tipo de análisis.

4.2 DESARROLLO DE LA BASE DE DATOS

Para la obtención de las distintas observaciones de este estudio se siguieron las directrices PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses*) 2020 con el fin de realizar las revisiones sistemáticas (Page *et al.*, 2021). Esta se diseñó para ayudar en las revisiones sistemáticas a documentar de manera transparente el porqué de la revisión, qué hicieron los autores y qué encontraron.

La búsqueda bibliográfica se realizó utilizando una combinación de bases de datos institucionales y un seguimiento dirigido de citas. Las fuentes principales fueron la base de datos de adaptación del Banco Mundial y el repositorio Climate Adapt, complementadas con otras bases de datos y con búsquedas de citas hacia atrás y hacia adelante. La búsqueda en las bases de datos se realizó desde enero hasta mayo de 2025 utilizando las palabras clave "disaster", "risk", y "reduction" además de otras búsquedas como "cost benefit analysis". Los criterios de inclusión se centraron en estudios que:

- I Reportaran estimaciones cuantitativas de resultados de adaptación usando indicadores de costo-beneficio (por ejemplo, BCR, NPV),
- II Abordaran la reducción del riesgo climático o la construcción de resiliencia, y
- III Proporcionarán suficiente transparencia metodológica para extraer las variables de interés.

Se excluyeron estudios enfocados únicamente en mitigación, resultados cualitativos o que carecieran de datos de costos o beneficios. Inicialmente se identificaron un total de 1343 registros (1,275 del Banco Mundial, 23 de Climate Adapt y 45 de otras fuentes). Tras eliminar 179 duplicados, se examinaron 1164 títulos y resúmenes. De estos, 758 no tenían un título relacionado con la temática, y en 265 el resumen indicó que no serían útiles. De los 141 que cumplieron con los criterios, 59 se eliminaron por presentar datos únicamente cualitativos, y 27 por tratarse de medidas de mitigación. Por otro lado, a partir de los estudios citados, se revisaron 18 de ellos, de los cuales se eliminaron 9 por ser cualitativos. En la Figura 14 se recoge el desarrollo de la metodología PRISMA de forma gráfica. En total, se incluyen 55 estudios provenientes de bases de datos y 9 a partir de citas, sumando un total de 64 estudios que aportan 303 observaciones (Tabla 1).

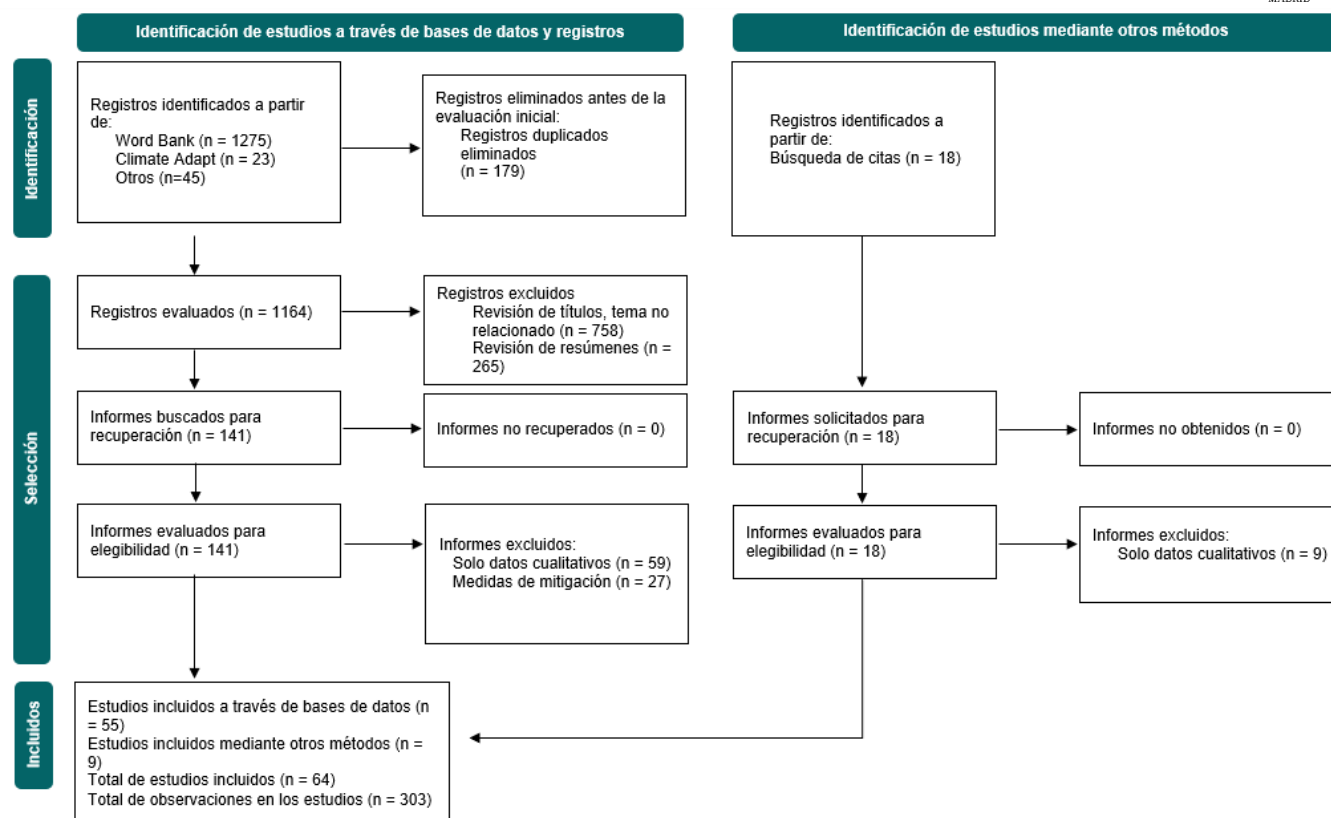


Figura 14. Metodología PRISMA para revisiones bibliográficas

Fuente: elaboración Propia

La recopilación abarca informes a nivel global, con representación de diversos continentes y la inclusión de riesgos de naturaleza heterogénea. Para la elaboración del análisis, se estudiaron diversos tipos de documentos, incluyendo artículos científicos publicados en revistas especializadas, *working papers*, informes de antecedentes (*background reports*) y reportes técnicos (*technical reports*), entre otros.

Cabe destacar que varios de los documentos examinados contienen evaluaciones de medidas de adaptación en múltiples regiones, en el marco de distintos proyectos y con matices diferenciados en cuanto a la implementación, lo cual permite considerar cada una de estas evaluaciones como una observación independiente. Adicionalmente, los estudios frecuentemente incorporan análisis de sensibilidad respecto a variaciones en parámetros clave, tales como la tasa de descuento o el horizonte temporal del análisis, generando observaciones adicionales derivadas de escenarios alternativos.

Cada observación en el conjunto de datos representa una evaluación coste-beneficio distinta de una medida de adaptación, típicamente caracterizada por un BCR reportado. El conjunto de datos fue construido y codificado usando un protocolo de extracción estandarizado. Las variables clave incluyen:

- I Tipo de medida de adaptación: categorizada como basada en infraestructura, *NbS*, *EWS*, medidas regulatorias/institucionales o híbridas.
- II Peligro climático abordado: incluyendo inundación, sequía, tormenta, incendio forestal, calor extremo, escasez de agua, riesgos geofísicos, deslizamientos y contextos multiriesgo.
- III Características de la evaluación económica: tipo de métrica (BCR o NPV derivado), tasa de descuento, horizonte temporal, si el estudio es ex-ante o ex-post.

IV Contexto del proyecto: región geográfica, escala (local, regional, nacional, internacional).

Asimismo, la base de datos se vinculó con indicadores contextuales como el número de fallecidos y afectados registrados en la base de datos de EM-DAT, y el índice de riesgo climático (INFORM).

	Referencia	País	Media BCR	Medida	Número de observaciones
1	Anderson & Holcombe (2013)	Caribe	2,20	Medidas grises	2
2	Aubé <i>et al.</i> (2016)	Canadá	1,54	Medidas grises	9
3	Bettella <i>et al.</i> (2020)	Italia	2,30	Sistemas de alerta temprana	1
4	Burton & Venton (2009)	Filipinas	10,98	Medidas grises	6
5	Cooper <i>et al.</i> (2016)	Estados Unidos	2,09	Medidas grises	1
6	De Ruig <i>et al.</i> (2020)	Estados Unidos	2,63	Hibrido	2
7	Devkota <i>et al.</i> (2017)	Nepal	1,35	NbS	12
8	Dittrich <i>et al.</i> (2018)	Reino Unido	2,80	NbS	4
9	ECHO (2014)	Italia	0,02	Medidas grises	2
10	European Environment Agency (2018)	Polonia	2,03	Hibrido	2
11	Ferreira <i>et al.</i> (2025)	España	11,27	Varios tipos de medidas	11
12	Gauderis (2005)	Bélgica	5,52	Medidas grises	1
13	Ghesquiere <i>et al.</i> (2006)	Colombia	2,50	Medidas grises	1
14	Si <i>et al.</i> (2021)	Japón	1,00	Medidas grises	1
15	Haer <i>et al.</i> (2017)	México	2,91	Medidas grises	2
16	Heidrich, (2016)	Austria	0,20	Medidas grises	1
17	Hochrainer-Stigler <i>et al.</i> (2011)	Caribe, Indonesia, Turquía, India	1,41	Medidas grises	54
18	Holland (2008)	Indonesia	5,50	Sistemas de alerta temprana	2
19	Holub & Fuchs (2008)	Austria	1,67	Medidas grises	1
20	Hölzinger & Haysom (2017)	Reino Unido	1,50	NbS	1
21	International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies (2011)	Vietnam	0,40	NbS	4
22	Inter-American Development Bank (2014)	Trinidad y Tobago	13,18	Varios tipos de medidas	17
23	Inter-American Development Bank (2022)	Bahamas	1,36	Varios tipos de medidas	4
24	Ishizawa <i>et al.</i> (2017)	México	3,00	Varios tipos de medidas	1
25	Johnson <i>et al.</i> (2020)	Austria	1,77	Híbrido	3
26	Lai <i>et al.</i> (2022)	China	1,00	Medidas grises	1
27	Li <i>et al.</i> (2018)	China	13,25	Medidas grises	4
28	Mechler (2005)	Perú e Indonesia	5,33	Medidas grises	9



29	Nguyen (2015)	Vietnam	6,90	NbS	3
30	Pais-Barbosa et al. (2023)	Portugal	1,23	Híbrido	3
31	Pappenberger <i>et al.</i> (2015)	Europa (varios países)	159,00	Sistemas de alerta temprana	1
32	Perera <i>et al.</i> (2019)	Bélgica	2,60	Sistemas de alerta temprana	1
33	Qin & Stewart (2020)	Australia	0,33	Medidas grises	1
34	Quiroga (2018)	Laos	17,50	Sistemas de alerta temprana	2
35	Ryan & Stewart (2017)	Australia	1,12	Medidas grises	4
36	Smyth <i>et al.</i> (2004)	Turquía	1,06	Medidas grises	10
37	Spray <i>et al.</i> (2016)	Reino Unido	1,56	NbS	2
38	Toyama & Sagara (2013)	Japón	1,30	Medidas grises	1
39	Verschuur <i>et al.</i> (2023)	Bangladesh	1,45	Medidas grises	3
40	Wishart <i>et al.</i> (2021).	China y Australia	14,15	Varios tipos de medidas	12
41	Woodruff & Pacific Islands Applied Geoscience Commission (2007)	Samoa	2,87	Varios tipos de medidas	21
42	World Bank (1996)	Argentina	2,70	Medidas grises	1
43	World Bank (2007)	Polonia	5,14	Medidas grises	1
44	World Bank (2021a)	Austria	0,20	Medidas grises	1
45	World Bank (2021b)	Italia	1,07	Varios tipos de medidas	3
46	World Bank (2021c)	Rumanía	1,49	Sistemas de alerta temprana	3
47	World Bank (2021d)	Turquía	1,53	Medidas grises	1
48	World Bank (2021e)	Rumanía	7,00	Sistemas de alerta temprana	1
49	World Bank (2021f)	Croacia	1,09	Regulatoria	1
50	World Bank (2021g)	Austria	1,36	Varios tipos de medidas	4
51	World Bank (2021h)	Francia	130,67	Sistemas de alerta temprana	1
52	World Bank (2021i)	Portugal	3,7	Regulatoria	3
53	World Bank (2021j)	Portugal	2,10	Regulatoria	1
54	World Bank (2021k)	Varios países	1,13	Regulatoria	16
55	World Bank (2021l)	Portugal	11,00	Sistemas de alerta temprana	1
56	World Bank (2021m)	Grecia	39,30	Sistemas de alerta temprana	1
57	World Bank (2021n)	Portugal y España	1,60	Sistemas de alerta temprana	1
58	World Bank (2021o)	Albana	0,50	Medidas grises	5
59	World Bank (2022)	Vietnam	3,72	Varios tipos de medidas	14
60	World Bank (2023)	República Democrática de Santo	1,65	Medidas grises	2

		Tomé y Príncipe			
61	World Bank (2024)	Perú	4,61	Sistemas de alerta temprana	3
62	World Bank Waves Project (2016)	Vietnam	31,28	Híbrido	10
63	Xiong & Alegre (2019)	Albania	1,88	Regulatoria	1
64	Venton, C. C., & Venton, P (2004)	India	8,11	Medidas grises	6

Tabla 1. Estudios incluidos en la meta-regresión. Los estudios que incluyen un guion no aplican una tasa de descuento para calcular el valor presente de los beneficios

Fuente: elaboración propia

El presente estudio abarca un amplio conjunto de países a nivel mundial. Para su análisis, se ha adoptado la clasificación proporcionada por el IPCC, que segmenta a los países en cuatro categorías: Economías en Transición (EET), Países de Ingresos Altos No EET, Países Menos Desarrollados (PMA) y Otros Países en Desarrollo. A esta clasificación se ha incorporado adicionalmente la categoría de Pequeños Estados Insulares en Desarrollo (PEID), con el fin de reflejar adecuadamente la diversidad de los países considerados en este informe.

En la Tabla 2 se presenta el listado detallado de los países incluidos en el estudio, organizados conforme a esta clasificación. Cabe destacar que la mayoría de los países analizados se encuentran en las categorías de Países de Ingresos Altos y Otros Países en Desarrollo.

Región según IPCC	Países incluidos en el metanálisis
Economías en Transición (EET)	Polonia, Bulgaria, Croacia, Rumanía, Eslovenia, Albania.
Países de Ingresos Altos No EET	Reino Unido, Estados Unidos, Australia, Japón, Portugal, Canadá, España, Italia, Austria, Bélgica, Italia, Grecia, Francia, Portugal.
Países Menos Desarrollados (PMA)	Nepal, Bangladesh
Otros Países en Desarrollo	México, China, Vietnam, Argentina, India, Turquía, Perú, Indonesia, Colombia, Caribe, Laos, Filipinas, Escocia, Chipre, Portugal y España, República Democrática de Santo Tomé y Príncipe, Vietnam.
PEID*	Bahamas, Trinidad y Tobago, Samoa.

Tabla 2. Países incluidos en la meta-regresión clasificados según regiones del IPCC.

* PEID: Pequeños Estados Insulares en Desarrollo

Fuente: elaboración propia

La Figura 15 muestra la distribución del alcance geográfico de las 303 observaciones analizadas. A pesar de que los estudios puedan haberse llevado a cabo en diferentes países, esto no implica que su alcance geográfico sea el mismo, como se observa, predominan los estudios con un alcance "Local", superando el centenar. Le siguen, con una cantidad similar, los estudios de alcance Regional y Nacional, ambos con aproximadamente 45 estudios. En cambio, los estudios de alcance Internacional son muy escasos, representando un porcentaje mínimo del total.

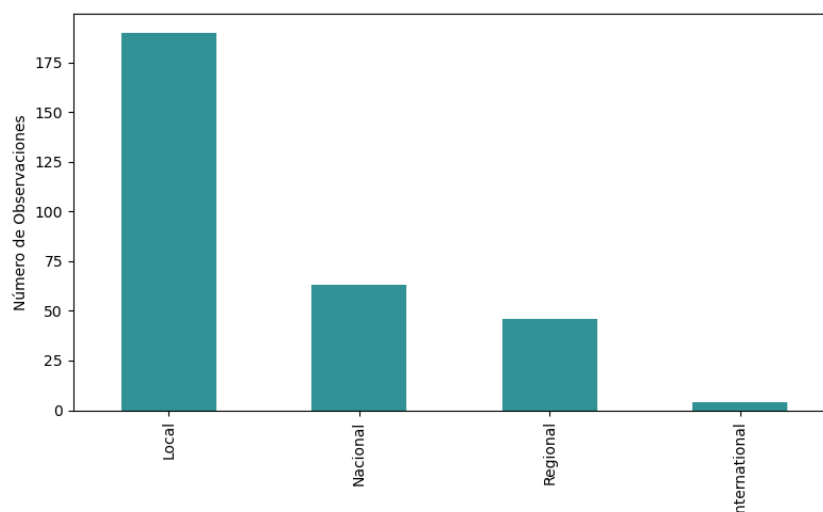


Figura 15. Distribución del Impacto Geográfico de los Estudios

Fuente: elaboración propia

La Figura 16 muestra la cantidad de estudios según su tipo de evaluación: "ex-ante" o "ex-post". Se observa una clara predominancia de los estudios "ex-ante", que superan los 200, mientras que los estudios "ex-post" son considerablemente menos, alrededor de 65. Esto indica que la mayoría de los estudios analizados en este conjunto de datos se realizan antes de la implementación o para predecir resultados, en contraste con aquellos que evalúan los resultados una vez finalizados.

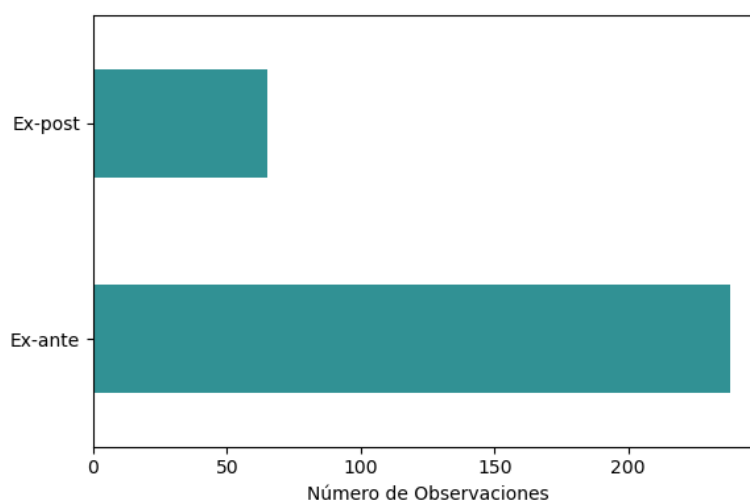


Figura 16. Proporción de Estudios Ex-ante y Ex-post

Fuente: elaboración propia

Dentro de la categorización según el tipo de medida aplicada, los estudios analizados en este informe mostraron una variedad de enfoques y ejemplos. En el caso de las EWS, se identificaron iniciativas como la mejora de los sistemas de predicción meteorológica, el desarrollo de campañas de concienciación dirigidas a la ciudadanía, la creación de canales adicionales de comunicación y el establecimiento de puntos de llamada de emergencia, entre otros. Por su parte, las medidas regulatorias abarcaron desde la elaboración de planes de contingencia y la revisión periódica de infraestructuras e instalaciones, hasta el financiamiento para una gestión más eficaz de las interfaces urbano-forestales y la capacitación del personal de distintos sectores para enfrentar incendios e inundaciones. En lo que respecta a las medidas grises, se incluyeron acciones de infraestructura como la construcción de diques, el refuerzo estructural de edificios y la edificación y mejora de pólderes. Por último, las NbS comprendieron proyectos orientados a la plantación

extensiva de especies locales, la adopción de prácticas de irrigación sostenibles, la restauración de ecosistemas como los manglares y la creación de áreas verdes entre muchas otras.

Para analizar la variabilidad de los beneficios económicos estimados según el tipo de medida implementada se utilizaron diagramas de caja (o *box-plots*) del indicador BCR (Figura 17). En los diagramas de cajas del BCR según tipo de medida se observa que las medidas de EWS presentan la mayor dispersión, indicando una alta variabilidad en los resultados mientras que las NbS muestran la menor variabilidad y mayor consistencia en los valores de BCR. Por su parte, la categoría combinada NbS + medidas grises presenta el mayor número de valores atípicos, lo que evidencia una notable heterogeneidad en sus resultados económicos.

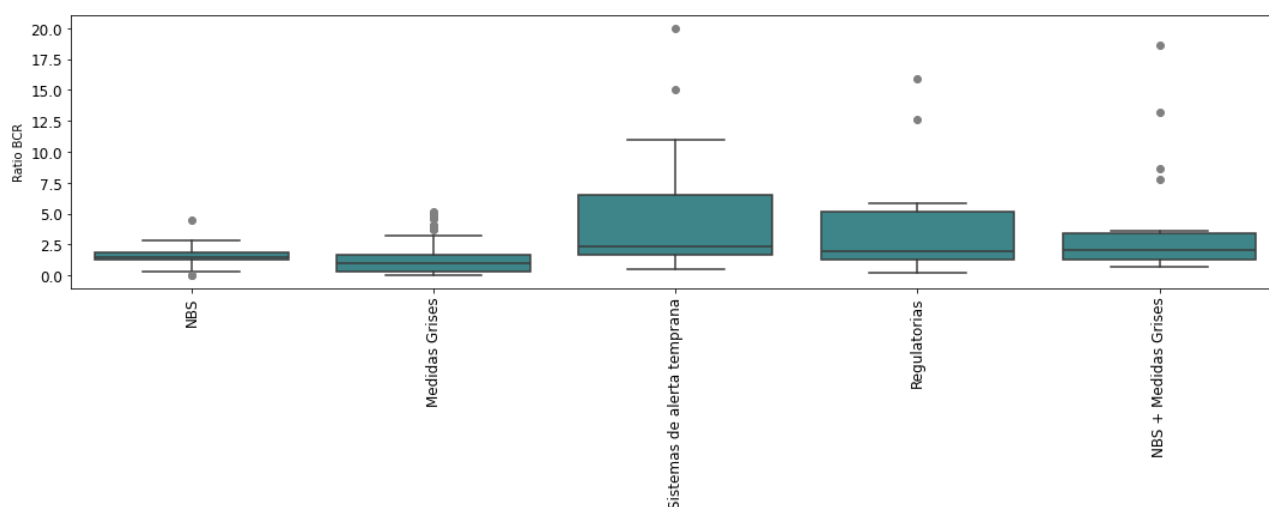


Figura 17. Boxplots del Ratio BCR según tipo de medida de adaptación implementada. Límite de visualización para valores de BCR mayores a 25

Fuente: elaboración propia

Por otro lado, los estudios se han clasificado según el tipo de riesgo abordado, distribuyéndose en nueve categorías principales: riesgos geofísicos, inundaciones, tormentas, deslizamientos de tierra, calor extremo, sequía y polución, incendios, agricultura y biodiversidad, y riesgo múltiple. La categoría de riesgo múltiple engloba medidas dirigidas a eventos compuestos. Algunos ejemplos descritos en los informes incluyen combinaciones como temperaturas extremas junto con incendios y/o sequías, o bien eventos que combinan inundaciones, tormentas y/o deslizamientos de tierra entre otros.

Igualmente, se realizó un análisis según el tipo de riesgo (Figura 18), evidenciando que las medidas frente a incendios presentan una mayor variabilidad, mientras que los riesgos como “agricultura y biodiversidad” o “tormentas” muestran una dispersión muy reducida, siendo el grupo multirriesgo el que concentra el mayor número de valores atípicos.

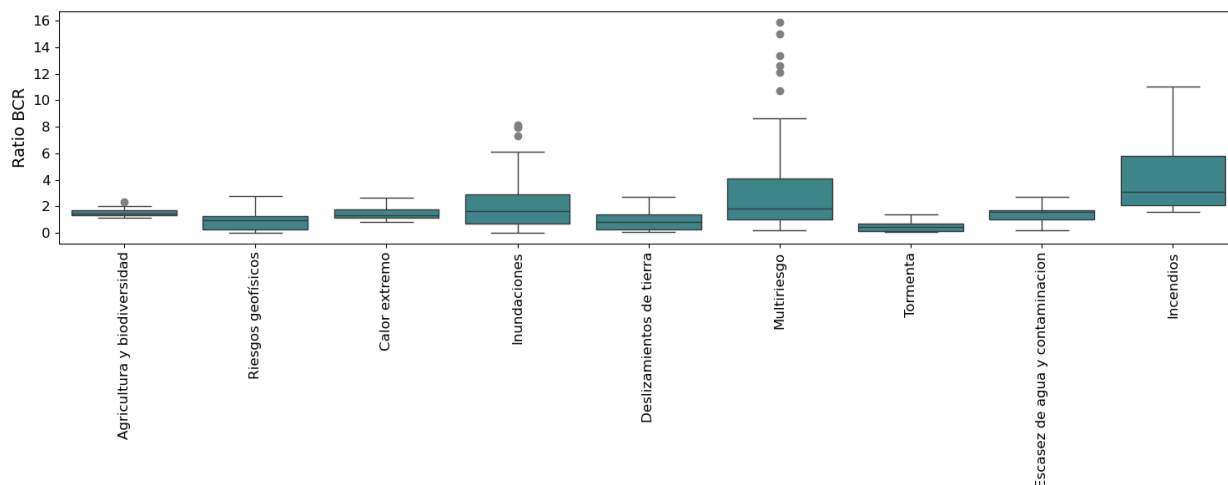


Figura 18. Boxplots del Ratio BCR según tipo de riesgo estudiado. Límite de visualización para valores de BCR mayores a 25
Fuente: elaboración propia

A continuación, se presenta el análisis de las estadísticas descriptivas de dos variables clave, cuya determinación se basa en la subjetividad del investigador al realizar un ACB: la tasa de descuento y el horizonte temporal. En relación a la tasa de descuento (Figura 19), se observa una distribución bimodal. Dentro de la distribución se observan dos picos prominentes: uno alrededor de 4-5 y otro aproximadamente en 11-12, lo que sugiere la tendencia de los autores a utilizar generalmente tasas de descuento alrededor de estos dos valores. Esta doble concentración podría estar relacionada con diferentes contextos de aplicación.

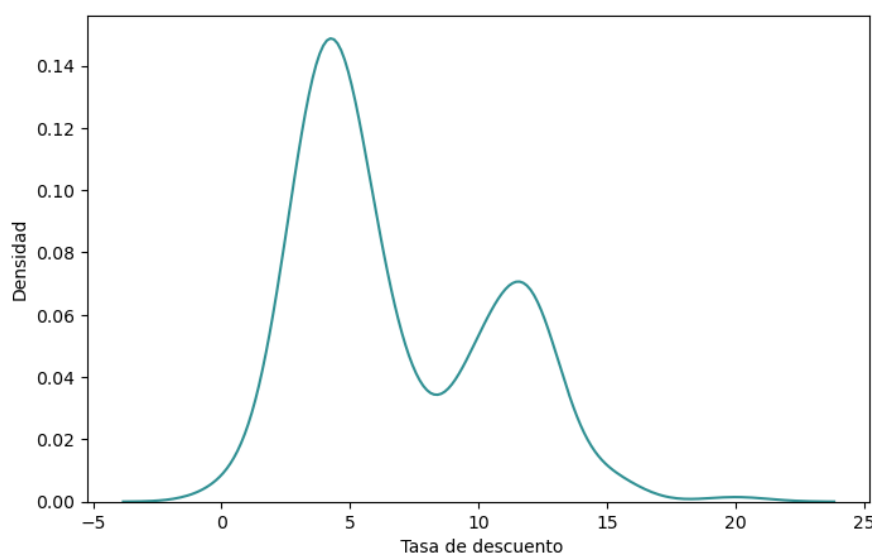


Figura 19. Distribución de la variable tasa de descuento
Fuente: elaboración propia

El siguiente gráfico (Figura 20) representa la distribución del horizonte temporal. A pesar de su apariencia segmentada, se pueden identificar varias agrupaciones de datos. Se observa una notable elección en los estudios de horizontes temporales de 30 años y 50 años, así como otra concentración significativa en los valores de 10 años y 25 años. Esta distribución sugiere que los investigadores tienden a favorecer ciertos plazos de análisis, quizás por convenciones disciplinarias o por relevancia para diferentes tipos específicos de fenómenos estudiados.

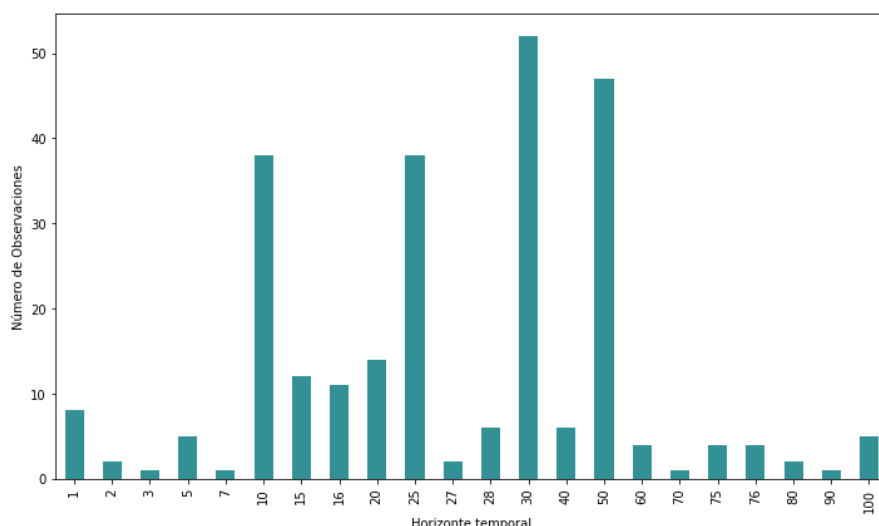


Figura 20. Histograma de frecuencias en el horizonte temporal para los estudios analizados
Fuente: elaboración propia

4.3 METAREGRESIÓN

La meta-regresión es una herramienta estadística ampliamente utilizada en la literatura científica para sintetizar y analizar cuantitativamente los resultados de múltiples estudios empíricos. A diferencia de un metaanálisis tradicional que busca estimar un efecto promedio, la meta-regresión permite examinar cómo las características metodológicas, contextuales o sustantivas de los estudios influyen en los resultados reportados. En este sentido, constituye un enfoque valioso para explorar la heterogeneidad entre estudios y comprender mejor las fuentes de variación en los efectos estimados.

Dada la estructura del conjunto de datos, con múltiples observaciones por estudio y con variaciones dentro cada uno de ellos y entre ellos, se considera apropiado un enfoque de datos de panel. Este enfoque permite tener en cuenta explícitamente la dependencia entre observaciones del mismo estudio y controlar la heterogeneidad no observada a nivel del estudio mediante efectos específicos por cada uno de ellos. Por tanto, la base de datos construida presenta la estructura de un panel desbalanceado donde esta configuración estructural permite la aplicación de técnicas de modelado econométrico que capturen la correlación intra-estudio y controlen la heterogeneidad no observada, garantizando así la robustez y consistencia de los estimadores.

Las variables seleccionadas para el estudio seleccionadas de la literatura se representan en la Tabla 3.

Variables	Categorías	Media BCR	Desviación estándar
Valor KPI	Ratio Coste Beneficio	6,10	16,98
Tasa de descuento	Tasa de descuento ⁶	6,78	3,73
Riesgo	Riesgos geofísicos	1,08	1,20
	Inundaciones	8,87	21,94
	Tormentas	0,55	0,47
	Deslizamientos de tierra	0,99	0,95
	Calor extremo	17,68	45,66
	Sequía y polución	2,19	1,83

⁶ La tasa de descuento hace referencia al promedio de las tasas de descuento aplicadas en el conjunto total de estudios.

	Incendios	10,48	14,53
	Agricultura y biodiversidad	2,72	3,02
	Riesgo múltiple	7,71	14,43
Medidas	NbS	6,94	17,37
	Medidas Grises	2,58	4,96
	EWS	22,45	42,41
	Regulatorias	6,90	9,29
	Enfoque combinado	11,98	20,54
Impacto geográfico	Local	5,28	14,35
	Regional	9,26	17,81
	Nacional	4,04	12,42
	Internacional	40,89	78,74
Horizonte	< 20 años	6,43	18,60
	>= 20 años	5,04	8,69
Tasa de descuento	No tasa de descuento	8,26	22,63
	≤ 5%	6,32	17,25
	5–10%	5,04	10,30
	> 10%	3,19	5,35
Región IPCC	Países de altos ingresos	7,14	21,74
	Países menos desarrollados	6,83	18,88
	Otros países en desarrollo	6,79	19,82
	Pequeños Estados insulares en desarrollo (PEID)	6,72	18,39

Tabla 3. Descripción de las variables para el estudio. La media de los BCR en los diagramas de caja (box plots) y la reportada en la gráfica puede variar, ya que en los box-plots se excluyen las observaciones con valores superiores a 25 para mejorar la visualización

Fuente: elaboración propia

El valor KPI (Indicador Clave de Desempeño o *Key Performance Indicator*) se utiliza para medir el grado de cumplimiento de los objetivos establecidos. En la tabla, la columna "Media BCR" indica el valor promedio del BCR para cada categoría listada en la fila correspondiente. En relación con las variables seleccionadas, se definen de la siguiente manera:

La tasa de descuento es un parámetro económico que ajusta los flujos de costos y beneficios futuros a su valor presente, reflejando la valoración del bienestar futuro frente a las necesidades del presente.

- El riesgo, en este contexto, se entiende como los diferentes fenómenos relacionados con el cambio climático y sus impactos potenciales sobre los sistemas humanos, naturales y económicos.
- Las medidas de adaptación y respuesta se clasifican en diferentes categorías: *NbS*, que utilizan servicios ecosistémicos para reducir la vulnerabilidad; medidas grises, que corresponden a infraestructura convencional como presas o drenajes; *EWS*, que permiten anticiparse a eventos extremos; regulatorias, que incluye medidas políticas y aquellas que orientan la acción institucional; y el enfoque combinado, que combina *NbS* y medidas grises. Según su impacto geográfico, estas medidas pueden aplicarse a nivel local, regional, nacional o internacional.
- En cuanto al horizonte temporal, este se entiende como el periodo en el cual se tienen en cuenta los costes y beneficios, donde las acciones pueden planificarse para el corto y mediano plazo (menos de 20 años) o para el largo plazo (20 años o más).

- La aplicación de la tasa de descuento puede no estar presente o clasificarse en baja ($\leq 5\%$), media ($5 - 10\%$) o alta ($> 10\%$), dependiendo de la prioridad otorgada a los beneficios futuros.
- Asimismo, las regiones se agrupan según la clasificación del IPCC en países de altos ingresos, países menos desarrollados, otros países en desarrollo y Pequeños Estados Insulares en Desarrollo (PEID), considerando su capacidad de adaptación y grado de exposición.

Del mismo modo, se incorporan variables provenientes de fuentes externas que podrían influir en la ratio coste-beneficio (véase Tabla 4). En particular, se incluyen el número de fallecidos y afectados registrados en la base de datos de EM-DAT, con el objetivo de analizar si en aquellas regiones con mayores impactos humanos la ratio coste-beneficio tiende a ser superior. Esto no implica necesariamente una mayor rentabilidad de los proyectos, sino que podría sugerir una posible sobrestimación (o subestimación) de dicha ratio como mecanismo para justificar la implementación de un mayor número de intervenciones. Asimismo, en el caso del índice de riesgo climático (INFORM), incorpora proyecciones climáticas y socioeconómicas. Entre las variables socioeconómicas tenidas en cuenta, se incluyen índices tanto de vulnerabilidad como de exposición. Este índice ofrece estimaciones cuantificadas sobre los impactos del cambio climático en el riesgo futuro de crisis humanitarias y desastres. La obtención de coeficientes significativamente positivos (o negativos) indicaría que los estudios podrían no estar incorporando de manera adecuada el riesgo climático existente.

Variable	Media	Desviación Estándar
INFORM	3,24	1,19
EMDAT Número de muertes	3183,18	13119,73
EMDAT Número de afectados	35474418,78	130016571,62

Tabla 4. Variables externas consideradas
Fuente: elaboración propia

Basado en la muestra seleccionada, a continuación, se estima el siguiente modelo de datos de panel no balanceado:

$$Y_{ij} = \alpha_i + \beta X_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

donde Y_{ij} denota el valor j reportado en el estudio i , X_{ij} es un vector de variables explicativas, y α_i captura efectos no observados específicos del estudio. Dependiendo de las suposiciones subyacentes sobre la correlación entre α_i y X_{ij} estos efectos se modelan como fijos o aleatorios (Wooldridge, 2010). Para determinar si es más apropiada una especificación de efectos fijos o aleatorios, se sigue el enfoque sugerido por Wooldridge (2010, 2019), que consiste en ampliar el modelo de efectos aleatorios con las medias a nivel de estudio de las variables explicativas que varían en el tiempo (dispositivo de Mundlak). Posteriormente, se realiza una prueba conjunta de significancia de estas medias: si son significativas, esto sugiere correlación entre los efectos no observados (α_i) y los regresores (X_{ij}), lo cual favorece el estimador de efectos fijos; de lo contrario, el estimador de efectos aleatorios sigue siendo consistente y más eficiente.

Se implementan procedimientos de diagnóstico para garantizar una inferencia robusta. En primer lugar, se utiliza una prueba de Wald modificada para evaluar heterocedasticidad entre grupos bajo la especificación de efectos fijos. En segundo lugar, se aplican errores estándar robustos agrupados a nivel de estudio en

todos los modelos, lo que permite abordar tanto la heterocedasticidad entre estudios como la correlación dentro del estudio.

Respecto al esquema de ponderación, cada observación se pondera según el número de casos o unidades subyacentes que representa. Este enfoque es ampliamente utilizado en metaanálisis cuando no se dispone de varianzas a nivel individual, pero se conocen los tamaños de muestra, ya que estos se asumen a menudo como un proxy de la precisión de las estimaciones (Borenstein *et al.*, 2009; Stanley y Doucouliagos, 2012).

Para evaluar la idoneidad de esta estrategia de ponderación, se realizan pruebas de robustez con distintas especificaciones. El modelo ponderado se compara con otros modelos utilizando criterios de información (AIC y BIC). La evidencia de que una especificación de ponderación en particular arroja los valores más bajos en estas métricas se interpreta como un respaldo a su robustez en este contexto.

La Tabla 5Tabla 6 presenta los resultados de la meta-regresión con efectos fijos ponderados, la cual estima los efectos marginales de los tipos de medidas de adaptación, los riesgos climáticos y los factores contextuales sobre las relaciones beneficio-coste (BCR, por sus siglas en inglés) reportadas. La especificación del modelo fue seleccionada con base en criterios de robustez: la prueba de Wooldridge para heterogeneidad no observada confirma la idoneidad del estimador de efectos fijos ($p < 0.01$), mientras que la prueba de Wald Modificada identifica heterocedasticidad entre estudios ($p < 0.01$), lo que justifica el uso de errores estándar robustos agrupados a nivel de estudio. Entre los esquemas de ponderación alternativos probados, la ponderación inversa al recuento ($1/n$) mostró el mejor ajuste con base en los criterios AIC y BIC, en línea con las recomendaciones para metaanálisis cuando no se dispone de varianzas a nivel de estudio (Havranek & Irsova, 2017; Koetse *et al.*, 2019).

Categoría	Variable	Coef.	EE robustos	Signif
<i>Riesgo climático</i>	Inundaciones	1,924	(5,022)	
	Riesgo múltiple	-16,590	(9,322)	*
	Tormentas	-25,090	(9,562)	**
	Calor extremo	—	—	
	Deslizamientos de tierra	—	—	
	Escasez de agua & polución	-14,045	(5,971)	**
	Agricultura & biodiversidad	-21,227	(8,073)	**
	Incendios	—	—	
<i>Medidas de adaptación</i>	Soluciones basadas en la naturaleza	9,923	(5,410)	*
	Sistemas de alerta temprana	20,750	(11,307)	*
	Políticas	7,471	(4,954)	
	Enfoque combinado	-3,341	(7,350)	
<i>Impacto geográfico</i>	Regional	-5,168	(3,615)	
	Nacional	—	—	
	Internacional	-3,074	(3,626)	
<i>Horizonte temporal</i>	> 20 años	-0,431	(0,551)	
<i>Tasa de descuento</i>	≤ 5%	2,855	(5,313)	
	5–10%	-0,368	(5,095)	
	> 10%	-2,152	(5,426)	
<i>IPCC Región</i>	Países de altos ingresos	2,101	(1,529)	

Otros indicadores	Países menos desarrollados	—	—	
	Otros países en desarrollo	7,400	(4,474)	*
	Pequeños Estados insulares en desarrollo	—	—	
	EMDAT: afectados	0,000	(0,000)	***
	EMDAT: muertos	0,000	(0,000)	
	INFORM: Índice riesgo climático	-8,191	(3,360)	**
Test de diagnóstico	Wooldridge Test	4,08		***
	Modified Wald Test	1050,90		***
Comparación ponderaciones		AIC	BIC	
	n	2154,6	2206,4	
	1/n	1953,2	2005,1	
	1/Vn	2132,4	2184,3	

Los asteriscos indican niveles de significancia estadística: * $p < 0,1$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,01$. Las variables categóricas se interpretan en relación con una categoría de referencia. En este modelo, la categoría de referencia para el riesgo climático es el riesgo geofísico; para las medidas de adaptación, la infraestructura gris; para el impacto geográfico, el nivel local; para el horizonte temporal, un plazo menor a 20 años; para la tasa de descuento, la opción de no aplicar descuento; y para la región IPCC, la categoría de economías en transición. EE = errores estándar.

Tabla 5. Resultados de la meta-regresión y de las pruebas de robustez con estimación de efectos fijos ponderados
Fuente: elaboración propia

Los resultados destacan diferencias estadísticamente significativas en el desempeño económico tanto entre las medidas de adaptación como entre los tipos de amenazas. En comparación con la categoría de referencia de infraestructura gris, los sistemas de alerta temprana están asociados con un aumento promedio en el BCR de 20,75 ($p < 0,10$), y las soluciones basadas en la naturaleza muestran un coeficiente positivo y significativo de 9.92 ($p < 0,10$). Estos hallazgos refuerzan la evidencia descriptiva de la Sección 4 y sugieren que las medidas blandas o basadas en ecosistemas superan consistentemente a la infraestructura gris, incluso al controlar por variables contextuales. Esto implica que son más eficientes económicamente al proporcionar beneficios ambientales, sociales y económicos adicionales con una menor inversión inicial y menor mantenimiento. Las intervenciones basadas en regulaciones o políticas también muestran un coeficiente positivo (7,47), aunque esta estimación no alcanza niveles convencionales de significancia estadística, posiblemente debido a tamaños de muestra más pequeños o a la heterogeneidad en el diseño de las políticas.

En contraste, las medidas híbridas o combinadas, que integran elementos de múltiples tipos de intervención, están asociadas con un efecto pequeño y negativo (aunque estadísticamente no significativo) sobre los BCR. Esto puede reflejar desafíos en la implementación o valoración al integrar componentes infraestructurales, naturales e institucionales en carteras de adaptación complejas.

Entre los riesgos climáticos, los proyectos de riesgo múltiple están asociados con una reducción significativa en los BCR ($-16,59$, $p < 0,10$), y las medidas de adaptación dirigidas a tormentas ($-25,09$, $p < 0,05$), escasez y contaminación del agua ($-14,05$, $p < 0,05$), y riesgos relacionados con la agricultura o la biodiversidad ($-21,23$, $p < 0,05$) también muestran coeficientes negativos y significativos en relación con los riesgos geofísicos (categoría omitida). Estos resultados sugieren que las intervenciones en estos contextos pueden enfrentar mayor incertidumbre en la estimación de daños, retornos menos predecibles o costos más altos, lo que reduce colectivamente su atractivo económico. Por el contrario, la adaptación relacionada con

inundaciones muestra un coeficiente positivo, pero no significativo, lo que concuerda con su distribución relativamente estable de BCR observada en el análisis descriptivo.

El alcance geográfico parece estar perdiendo relevancia de forma sistemática. En comparación con las intervenciones a nivel local, los proyectos regionales e internacionales están asociados con reducciones modestas y no significativas en los BCR. De manera similar, los horizontes temporales más largos (>20 años) y las tasas de descuento variables no alteran significativamente el desempeño económico en esta especificación, aunque los coeficientes tienden en las direcciones esperadas. Consecuentemente, se puede afirmar que el factor subjetivo del investigador -tasa de descuento y horizonte temporal- no afectan de forma determinante a la ratio coste beneficio. Asimismo, tener proyectos más focalizados a nivel local resultará en un beneficio esperado mayor

Entre las variables de control contextuales, un predictor constante y significativo es el Índice de Riesgo Climático INFORM. Una mayor exposición y vulnerabilidad, capturadas por este índice, están asociadas con menores BCR ($-8,19$, $p < 0,05$), lo que podría reflejar desafíos de implementación en regiones de alto riesgo o una subestimación de los co-beneficios en contextos frágiles. El indicador EMDAT de personas afectadas por desastres también es estadísticamente significativo ($p < 0.01$), aunque con un efecto marginal muy pequeño, lo que sugiere que los datos de exposición pueden tener un papel explicativo directo limitado una vez que se incluyen otros controles.

En conjunto, la meta-regresión confirma que las medidas de adaptación blandas y basadas en la naturaleza tienden a ofrecer retornos económicos superiores en comparación con la infraestructura gris. Al mismo tiempo, revela que la eficiencia económica no es solo una función del tipo de intervención, sino también del riesgo específico abordado y del entorno institucional y geográfico más amplio. Estos hallazgos respaldan empíricamente los argumentos para reequilibrar la financiación de la adaptación hacia soluciones más flexibles, basadas en información y contextualizadas, especialmente en regiones con recursos limitados o altamente expuestas.

La figura 21 representa los valores predichos marginales del indicador clave de desempeño (KPI) en diferentes niveles del Índice de Riesgo Climático INFORM. La figura ilustra una asociación negativa clara y estadísticamente significativa: a medida que aumenta el riesgo climático estructural, de bajo (1) a muy alto (5), el desempeño económico de las inversiones en adaptación disminuye notablemente. Este patrón se mantiene en todas las especificaciones del modelo, con áreas sombreadas que representan los intervalos de confianza del 95%. La línea azul representa el modelo base, mientras que la línea amarilla corresponde a un modelo restringido que excluye observaciones con gran influencia. Ambas especificaciones refuerzan la robustez de la relación inversa.

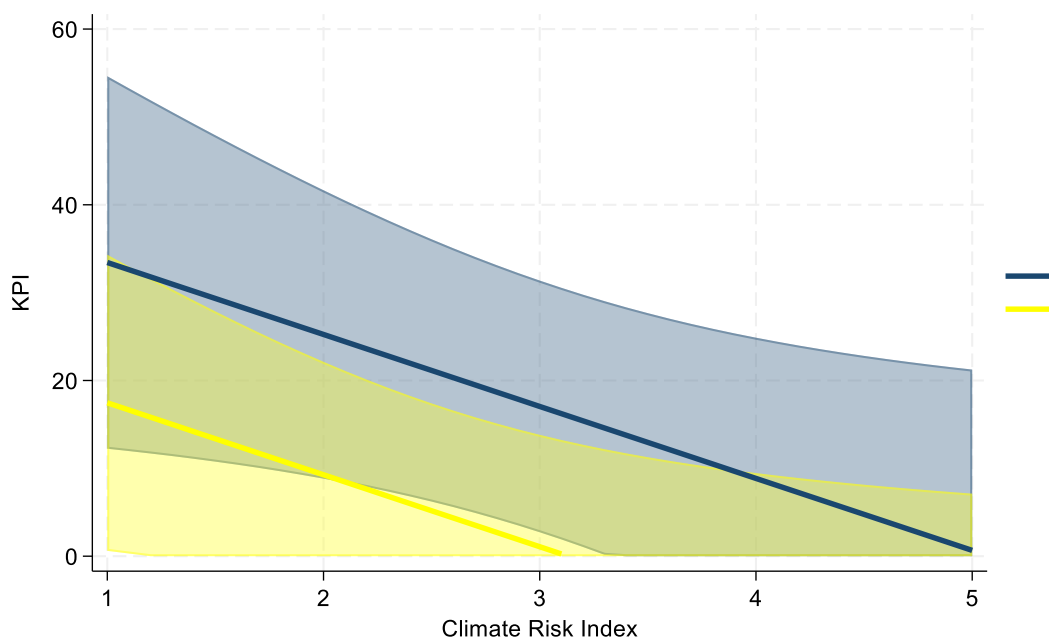


Figura 21. Efectos Marginales entre el Índice de Riesgo climático y el BCR

Fuente: elaboración propia

Este resultado sugiere que los proyectos de adaptación tienden a generar relaciones beneficio-coste más bajas en contextos estructuralmente vulnerables, lo que puede reflejar varios mecanismos interactivos. Primero, el costo de oportunidad de la inacción es mayor en las etapas tempranas de exposición al riesgo; en entornos de riesgo bajo a moderado, la acción preventiva puede ofrecer altos retornos al evitar la escalada de daños. Por el contrario, en áreas de alto riesgo, muchos daños ya pueden estar parcialmente asegurados o ser irreversibles, lo que hace que la adaptación sea tanto más urgente como más costosa. Esta dinámica es coherente con la literatura sobre dependencia de trayectoria y puntos de inflexión en adaptación, que advierte que las inversiones tardías reducen la eficiencia de las intervenciones debido a impactos acumulativos y resiliencia no lograda (Wise *et al.*, 2014; IPCC, 2022).

En segundo lugar, las regiones más vulnerables a menudo enfrentan limitaciones estructurales —como baja capacidad institucional, escasa capacidad de absorción o cuellos de botella financieros— que reducen la viabilidad o efectividad de la implementación (Watkiss & Cimato, 2019; Hallegatte *et al.*, 2012). Estas condiciones pueden llevar a mayores costes generales, menor coherencia en las políticas o limitada escalabilidad, lo que puede reducir el retorno general de la inversión. Esto es especialmente relevante para los PMA y los PEID, donde el diseño de los proyectos puede subestimar la complejidad de lograr los resultados previstos bajo una gobernanza frágil o infraestructura fragmentada.

Desde una perspectiva de política pública, en la figura 21 se subraya la importancia de una planificación de adaptación temprana y proactiva. Invertir antes de que el riesgo se vuelva sistémico genera mayores retornos, tanto en términos económicos como de resiliencia. En otras palabras, la adaptación es más rentable cuando se aplica de forma anticipada, antes de que las vulnerabilidades se materialicen por completo. Estos hallazgos están en línea con las conclusiones del Informe sobre la Brecha de Adaptación del PNUMA (2023), que destaca que los niveles actuales de financiamiento para la adaptación no solo son insuficientes, sino que también están mal sincronizados, ya que a menudo llegan demasiado tarde para evitar pérdidas irreversibles. Las implicaciones para donantes y gobiernos son claras: priorizar inversiones en etapas tempranas, en contextos con riesgos relativamente bajos, puede reducir pasivos financieros futuros y prevenir la escalada de costos humanos y ecológicos. Este resultado pone de relieve una idea



crítica que a menudo se subestima en las evaluaciones costo-beneficio: el momento en que se implementa la adaptación importa. La eficiencia económica no depende únicamente del tipo de medida o del sector en que se aplique, sino también del contexto estructural y de qué tan avanzado esté un territorio o sociedad en su trayectoria de riesgo climático. Integrar estas dinámicas en la planificación de la adaptación podría favorecer una asignación de recursos más efectiva y equitativa frente a las crecientes presiones climáticas.

5. Limitaciones de los análisis coste-beneficio y recomendaciones prácticas

5.1. RETOS COMUNES Y BARRERAS DE APLICACIÓN

De acuerdo con lo descrito por Gautam (Stockholm Environment Institute, 2024), los desafíos más comunes en el análisis coste-beneficio en los planes y estrategias de adaptación son los siguientes:

- **Establecimiento del punto de referencia para la evaluación.** En los estudios de adaptación se establecen los escenarios de referencia, es decir, qué pasaría si no se llevasen a cabo las medidas de adaptación planteadas. La definición de estas referencias puede ser en ocasiones bastante subjetiva y compleja, debido a la naturaleza incierta del clima, de los procesos naturales y por considerar que la adaptación al cambio climático ocurre de forma autónoma⁷. Por lo que, dada la incertidumbre de los datos, los resultados pueden diferir respecto a lo esperado a futuro. Ante esta premisa, algunos investigadores sugieren usar diferentes referencias climáticas para estimar los costes y los beneficios de los esfuerzos de adaptación, evaluando así diferentes soluciones.
- **Limitación de datos y conocimiento.** Otra limitación existente es la base de datos disponible sobre el registro histórico de las variables climáticas, como los cambios en los patrones de temperaturas y lluvias, que puede dificultar el establecimiento del punto de referencia en la evaluación de las proyecciones a futuro. Callaway (2004) destaca que el problema principal es la calidad y la disponibilidad limitada de datos, particularmente en muchos países en vías de desarrollo, donde numerosas transacciones no se reportan debido a que ocurren dentro de economías informales.
- **Cuantificación de los beneficios “no comerciales”.** Se han logrado avances significativos en la cuantificación y monetización del valor de las iniciativas de adaptación en áreas como la agricultura y la silvicultura, los recursos hídricos, las zonas costeras, el consumo de energía, la calidad del aire y la salud humana, entre otras. No obstante, los beneficios no comerciales, tales como los servicios ecosistémicos, la conservación de la biodiversidad y la mejora de la salud pública, así como los beneficios indirectos derivados de medidas blandas, como el desarrollo de capacidades y la modificación de las políticas, y los impactos sociales relacionados con los valores humanos y la equidad, como los conflictos y las hambrunas derivadas del cambio climático, son de vital importancia para realizar evaluaciones económicas integrales. Sin embargo, a menudo se pasan por alto debido a las dificultades metodológicas para su cuantificación, lo que resulta en una subestimación de su valor real, causando una minoración de los beneficios lo cual puede acarrear una infravaloración de la ratio coste-beneficio y del valor actualizado neto.
- **Selección de la tasa de descuento.** Cuando se realiza un análisis coste-beneficio es complejo alcanzar un equilibrio en el que se lleven a cabo juicios económicos correctos a la par que se define adecuadamente una tasa de descuento apropiada. La mayor parte de los beneficios relacionados con el clima que se derivarían de los esfuerzos políticos actuales adoptarían la forma de daños evitados en un futuro a medio-largo plazo, mientras que muchos de los costes se soportarían en un

⁷ Esta autonomía hace referencia a que los individuos o las comunidades se adaptan a los riesgos medioambientales y a la escasez independientemente de la intervención exterior, aunque esta capacidad es incierta y no siempre evidente. Por lo que la adaptación al cambio climático no solo se lleva a cabo a través de acciones organizadas y planificadas, sino por actos involuntarios y espontáneos.

plazo de tiempo más corto. Dada la naturaleza de las propias medidas de adaptación, estas requieren de un gran desembolso inicial, donde los beneficios son patentes en el mediano-largo plazo. Por lo tanto, la selección de una tasa de descuento apropiada resulta crucial en la evaluación económica de los programas de adaptación. Ya que una tasa de descuento elevada puede subestimar los beneficios potenciales, y, por tanto, reducir el atractivo de las inversiones en adaptación a largo plazo. Por otro lado, suponer una tasa de descuento baja podría subrayar la importancia de la resiliencia a largo plazo, pero se podrían considerar los resultados obtenidos como poco substanciales a futuro.

No obstante, dada la falta de unas pautas internacionales de consenso sobre la metodología para la selección de la tasa de descuento, la selección de la misma queda a criterio de cada análisis lo cual puede facilitar una cierta “manipulación” de los resultados de cada estudio, así como dificultar la comparabilidad entre los resultados de diferentes estudios.

- **Incorporación de la equidad social en las evaluaciones económicas.** Cada práctica de adaptación es única, estando caracterizada por el sector, el tipo de impacto abordado y la escala de las actuaciones, por lo que pueden darse variaciones o desigualdades entre áreas, comunidades y generaciones. Como resultado, en la planificación de estas actividades se deben evaluar no solo las ganancias netas de las iniciativas de adaptación, sino también cómo se distribuyen los costos y beneficios entre los diversos grupos. Sin embargo, los modelos actuales, como el Modelo de Evaluación Integrada (MII), no tienen en cuenta la desigualdad intrarregional ni los riesgos más graves que enfrentan las regiones más pobres, ya que las estimaciones de daños globales se basan en extrapolaciones de investigaciones que se centran en un pequeño número de regiones ricas (Rising *et al.*, 2022). Las iniciativas de adaptación al cambio climático también pueden tener efectos tanto sistemáticos como en cascada, donde un impacto lleva a otro en efecto dominó. Estas interacciones tan complejas son difíciles de modelizar e incorporar en las evaluaciones económicas, y por ello a menudo no son consideradas en los estudios, limitando la fiabilidad de los datos o la adaptación del análisis al contexto local.

A estas barreras detectadas, bajo la experiencia del equipo consultor de Global Factor en proyectos de análisis coste-beneficio nacionales, también se pueden sumar las siguientes:

- **Falta de unidades objetivo.** Para poder llevar a cabo un análisis coste-beneficio es imprescindible que todas las medidas de actuación tengan correctamente las metas u objetivos específicos que se van a llevar a cabo, por ejemplo, en un proyecto de reforestación, es necesario saber cuál va a ser el área de actuación. Esta delimitación de la escala de la medida es conocida como unidad objetivo o *target unit*. Al reto de la ausencia de unidades u objetivos específicos, se suma la variedad de unidades objetivo que serán de aplicación para cada medida, dada la naturaleza variada de las medidas de adaptación. Por ejemplo, algunas medidas pueden estar en hectáreas, otras en kilómetros y otras en m³, mientras que otras medidas blandas pueden estar expresadas en unidades como número de documentos aprobados, número de personas formadas, o audiencia objetivo de una comunicación, entre otros.
- **Estimación del coste unitario o del coste total.** Como se ha explicado en el punto anterior, conocer la dimensión real de un proyecto es necesario para cuantificar los

costes y los beneficios asociados, ya que, si es cierto que se pueden dar por unidad, como puede ser por hectárea, el desconocimiento de las cifras totales puede llevar a cálculos incorrectos o incompletos. Por ejemplo, puede que una medida no resulte beneficiosa según un análisis coste-beneficio salvo que se aplique en una superficie superior a $X \text{ m}^2$. Debido a que el análisis coste-beneficio de un proyecto es previo en ocasiones a la definición final del mismo, puede que no se tengan datos definitivos sobre el alcance. En otros casos las dificultades del terreno, por tipo, lejanía o acceso, hacen que la toma de datos *in situ* sea complicada, por lo que se utilizan técnicas de aproximación (por ejemplo: teledetección o drones) o tecnologías GIS que dan información de menor precisión y en algunos casos insuficientes para el nivel de especificación requerido por el análisis coste-beneficio.

- **Sobreestimación de las medidas blandas.** Las medidas blandas, en comparación con los enfoques estructurales y más técnicos y de las *NbS*, suelen presentar una BCR más alta. Al ser medidas que no implican labores de construcción, si no que están relacionadas con trabajos a nivel económico, social y jurídico, cuando se hace la priorización de las actuaciones estas suelen mostrar resultados favorables. Este hecho se da porque las medidas que implican enfoques más estructurales suelen tener costes bastante más altos, por lo que la ratio BCR es peor. Esto puede causar distorsiones a la hora de priorizar medidas durante el proceso de toma de decisión, ya que, aunque algunas medidas de infraestructura sean más costosas, puede que su impacto en la reducción de la vulnerabilidad sea igualmente mayor frente a otras medidas blandas.
- **Heterogeneidad de los escenarios.** Cuando no se dispone de datos específicos sobre la zona de actuación o la naturaleza exacta de la medida a implementar, los costes y beneficios se estiman a partir de la literatura existente sobre proyectos similares o análogos. En muchos casos, debido a la singularidad de las intervenciones analizadas, los ejemplos utilizados no son completamente equivalentes, y pueden haberse desarrollado en contextos geográficos distintos, e incluso en otros continentes. Por ello, los resultados obtenidos del análisis coste-beneficio deben considerarse como estimaciones aproximadas. En estos casos, es fundamental complementar el análisis con estudios de sensibilidad que permitan evaluar cómo varían los resultados ante diferentes supuestos y escenarios de partida.
- **Falta de literatura específica.** En el mismo contexto que la barrera anteriormente descrita, cuando se utilizan datos bibliográficos que no son específicos de la propia zona de actuación, se encuentran dificultades en la extrapolación de los datos, incluso cuando corresponden a un mismo territorio. Ya que, en el propio contexto nacional existe una gran heterogeneidad en las características de aplicación y, por lo tanto, en los costes y beneficios asociados a cada medida, debido a las variaciones y diferencias existentes entre los terrenos, los ecosistemas, los climas, las ciudades y las comunidades dentro mismo un país. Igualmente, este tipo de dificultades también se encuentran cuando las técnicas o materiales planteados en la actuación son muy específicos o su utilización no está ampliamente extendida.
- **Intangibilidad de los beneficios.** En los análisis coste-beneficio de las medidas de adaptación, una de las principales barreras identificadas es la dificultad para cuantificar de forma precisa los beneficios, especialmente aquellos de carácter intangible. Resulta especialmente complejo traducir a valores monetarios los

beneficios ecosistémicos u otros servicios proporcionados por la naturaleza, ya que suelen estar sujetos a múltiples variables interdependientes que no siempre siguen patrones definidos o predecibles, y cuya cuantificación económica es relativamente reciente. Esta incertidumbre metodológica obliga a tratar los beneficios estimados como aproximaciones, lo que añade un componente de incertidumbre a la toma de decisiones.

5.2. ENFOQUES EXITOSOS Y RECOMENDACIONES DE APLICACIÓN

En base a las limitaciones observadas, algunas recomendaciones orientadas a mejorar la aplicabilidad de los análisis coste beneficio para medidas de adaptación, así como para estandarizar y reforzar su interpretación son las siguientes:

- **Establecimiento de escenarios de referencia adecuados.** Para abordar la complejidad en la definición de escenarios de referencia, es recomendable utilizar múltiples escenarios climáticos y socioeconómicos que permitan capturar diferentes trayectorias futuras. Esto ayuda a reducir la dependencia de un único escenario que podría ser excesivamente incierto. Asimismo, el uso de análisis de sensibilidad permite evaluar cómo varían los resultados del ACB ante diferentes supuestos de partida, generando una base más sólida y transparente para la toma de decisiones.
- **Reforzar la disponibilidad de datos y el conocimiento para una aplicación exitosa.** La carencia de datos climáticos y socioeconómicos fiables puede mitigarse fortaleciendo los sistemas nacionales de información, y promoviendo la interoperabilidad entre entidades gubernamentales, centros de investigación y organizaciones no gubernamentales. En los contextos donde el trabajo de campo para la recolección de datos primarios resulta complicado o costoso, se recomienda aprovechar tecnologías como la teledetección, los sensores remotos o los GIS, que pueden ofrecer información relevante sobre la evolución del territorio, aun cuando no alcancen el nivel de precisión de los datos in situ.
- **Estrategias sólidas para la cuantificación de beneficios no comerciales.** Dado que los beneficios no monetarios son fundamentales en muchos proyectos de adaptación, es esencial aplicar metodologías de valoración económica ambiental, como la valoración contingente o los costes evitados, que permiten estimar estos valores de forma aproximada. Adicionalmente, los MCA pueden complementar el ACB al incluir criterios cualitativos y aspectos difíciles de monetizar, como los valores culturales, los servicios ecosistémicos o la equidad. La inclusión de indicadores cualitativos, junto con narrativas detalladas, permite reflejar con mayor fidelidad el valor social y ambiental de las intervenciones.
- **Argumentación y estandarización en la sección de la tasa de descuento.** En vista del carácter a largo plazo de los beneficios esperados por las medidas de adaptación, es conveniente adoptar tasas de descuento que disminuyan progresivamente en el tiempo. Este enfoque refleja el valor creciente de la resiliencia futura y permite evitar que los beneficios a largo plazo queden subestimados frente a los costes inmediatos. La selección de la tasa de descuento debe ser justificada de manera transparente, y es recomendable incluir escenarios alternativos para evaluar cómo varía el resultado del análisis en función de esta variable clave. Seguir lineamientos internacionales o

referencias académicas reconocidas también puede ayudar a estandarizar los criterios, ya que en la revisión realizada se ha observado una amplia variabilidad en las tasas de descuento aplicadas.

- **Inclusión de criterios de equidad social.** Para garantizar que las decisiones de adaptación no profundicen desigualdades existentes, es crucial incorporar el análisis de la equidad desde el diseño del ACB. Esto implica, cuando es posible en base a la disponibilidad de datos, desagregar los resultados por grupo poblacional, territorio o nivel socioeconómico, lo que permite visualizar cómo se distribuyen los costes y beneficios. Asimismo, se deben establecer mecanismos participativos que involucren a comunidades vulnerables y actores locales en la definición de prioridades.
- **Definición y estandarización de las unidades objetivo de cada medida o propuesta de intervención a analizar.** Una aplicación rigurosa del ACB requiere que cada medida de adaptación tenga metas y unidades de análisis claras desde el inicio. Es fundamental definir metas específicas, medibles y comparables, alineadas con marcos de planificación climática existentes, como los NAP o las NDC. Para facilitar el análisis comparativo entre diferentes tipos de medidas, también se recomienda desarrollar una tipología común que permita agrupar y categorizar las intervenciones de acuerdo con su naturaleza (estructurales, blandas, basadas en la naturaleza, etc.). Es recomendable realizar dicha definición de metas a través de procesos participativos e inclusivos, para mejorar la apropiación de las medidas y garantizar que estén adaptadas a las necesidades de los diferentes grupos de población y al contexto específico.
- **Comparabilidad entre medidas blandas y estructurales.** Para evitar que la ratio coste-beneficio favorezca sistemáticamente a las medidas blandas, es necesario aplicar criterios adicionales de priorización que no se limiten exclusivamente a la eficiencia económica. Por ejemplo, se pueden incluir aspectos como el impacto potencial en la reducción de vulnerabilidades, la replicabilidad, la sostenibilidad a largo plazo y la aceptación social. El ACB puede complementarse con un análisis multicriterio que capture estas dimensiones, ayudando así a tomar decisiones más equilibradas que consideren tanto la rentabilidad como la efectividad de las medidas.
- **Heterogeneidad de escenarios y falta de literatura específica.** Cuando se recurre a la literatura o a datos de otros proyectos como referencia, es importante reconocer las limitaciones derivadas del contexto geográfico o metodológico distinto. Para mejorar la aplicabilidad del ACB en contextos locales, se recomienda desarrollar bases de datos nacionales o regionales que documenten experiencias previas, incluyendo tanto costes como beneficios estandarizados por tipo de medida. Asimismo, los estudios piloto realizados en el propio país o en regiones similares pueden proporcionar información más precisa y útil. En todos los casos, es necesario validar los supuestos utilizados con actores locales y expertos del territorio.
- **Intangibilidad de los beneficios.** Finalmente, para superar la dificultad de cuantificar los beneficios intangibles, se recomienda utilizar enfoques triangulados que combinen el ACB con entrevistas cualitativas, encuestas comunitarias o talleres participativos. En los casos en que la monetización sea inviable, es posible emplear escalas cualitativas o semi-cuantitativas que permitan reflejar el valor relativo de estos beneficios. Además, los resultados del análisis deben reconocer explícitamente las limitaciones de cuantificación, e incorporar recomendaciones para estudios complementarios que ayuden a fundamentar mejor la toma de decisiones.



- **Definición de metodologías y pautas internacionalmente aceptadas para la aplicación del ACB para adaptación.** La falta de definición de criterios uniformes para la aplicación del ACB causa una gran heterogeneidad y variabilidad en los resultados del análisis en base a la metodología aplicada. Urge definir metodologías comunes para la aplicación que afecten a aspectos como la selección de la tasa de descuento, la consideración o no consideración de las pérdidas y daños personales en el análisis, o la metodología a utilizar para valorizar estas últimas en caso de que se opte por incluirlas en las valoraciones.

La inclusión de este tipo de criterios metodológicos comunes, así como la publicación unificada para la aplicación de coste beneficio como las publicadas por la GIZ y Climate Adapt pueden ayudar a unificar la aplicación de este tipo de análisis, y por ende de los resultados obtenidos en cada ejercicio de análisis.

6. Estudio de la subjetividad ante las metodologías a través de encuestas de valoración

En el ámbito de la evaluación ambiental, el ACB ha sido una herramienta ampliamente utilizada para valorar intervenciones en el ámbito de la adaptación climática. Sin embargo, esta metodología no está exenta de críticas, especialmente por su inherente carga subjetiva (Markanday *et al.* 2021). La estimación de costes y beneficios, la valoración de elementos no de mercado (como la vida, la salud o la naturaleza), así como la elección de la tasa de descuento o del horizonte temporal, son decisiones que dependen en gran medida del juicio del autor, lo que introduce un sesgo en los resultados (Dehnhardt *et al.*, 2022).

Con el objetivo de superar algunas de estas limitaciones, así como aquellas mencionadas en el apartado 5, en este informe se emplea la metodología Q. La metodología Q (Stephenson, 1935a, b)) estudia opiniones, valores y creencias subjetivas, permitiendo identificar consensos, acuerdos y desacuerdos entre distintos puntos de vista (Millar *et al.*, 2022). En este contexto, se busca analizar el componente subjetivo que introducen los investigadores al realizar análisis coste-beneficio en el marco de las medidas de adaptación al cambio climático (Grimsrud *et al.*, 2020).

Los estudios que emplean la metodología Q se desarrollan en varias etapas. Dos de los pasos más relevantes para garantizar un diseño son la selección de las afirmaciones (conjunto Q) y la elección de los participantes (conjunto P). El conjunto Q se deriva de lo que se conoce como "concurso" de afirmaciones, que se refiere al conjunto amplio de opiniones, ideas, creencias, argumentos y perspectivas que existen en torno a un tema específico. Un concurso completo e imparcial, que incluya tanto aspectos positivos como negativos, es crucial para que el estudio produzca resultados significativos que puedan revelar el discurso en toda su complejidad.

6.1 DEFINICIÓN DEL DISCURSO Y SELECCIÓN DEL CONJUNTO Q

La aplicación del método Q requiere la existencia de una pregunta de investigación controvertida en la literatura, sobre la cual no exista consenso entre los expertos debido a su carga subjetiva (Cerdá *et al.*, 2025). En nuestro caso, se consideran las percepciones subjetivas de los autores al desarrollar enfoques de ACB aplicados a medidas de adaptación al cambio climático. Por ello, este estudio identifica y recopila afirmaciones, ideas, opiniones y preferencias que reflejan el componente subjetivo asociado a los autores que han aplicado esta metodología en el contexto del tema abordado.

Se seleccionó un conjunto exhaustivo de afirmaciones (Q-set = 27) basado en declaraciones y postulados identificados en la literatura previa relacionada con el ACB (Tabla 6). Estas afirmaciones reflejan, por ejemplo, en el uso de distintas tasas de descuento o en la inclusión de indicadores como el valor estadístico de la vida, los beneficios intangibles o la reducción de emisiones de carbono. Estas variaciones metodológicas permiten construir un conjunto de afirmaciones representativas de la diversidad de enfoques presentes en la literatura. Inicialmente, se solicitó a cada participante que indicara si estaba de acuerdo, en desacuerdo o ni de acuerdo ni en desacuerdo con cada una de las afirmaciones. Posteriormente, ordenaron las afirmaciones en una cuadrícula Q cuasi-normal o pirámide, considerando su nivel de relevancia (ver Figura 22). Cada participante distribuyó las 27 afirmaciones a lo largo de la pirámide según sus percepciones (Q-sort = 27). También se recopilaron algunos datos socioeconómicos

para caracterizar a los participantes en función de género, edad, nivel educativo, actividad profesional y su nivel de experiencia en ACB, para lo cual se utilizó una pregunta de autopercepción.

Afirmación	Descripción
1	La reducción de emisiones de CO ₂ debe incluirse como un beneficio
2	Se debe tener en cuenta el valor estadístico de la vida
3	Los beneficios sectoriales deben estimarse, incluso si son imprecisos
4	Se deben considerar los beneficios intangibles
5	Las mejoras en la salud deben considerarse como parte de los beneficios intangibles del individuo
6	La calidad de vida debe considerarse como parte de los beneficios intangibles del individuo
7	La rentabilidad en proyectos de corta duración es más fácil de medir
8	El alcance del proyecto (local, regional, nacional) es altamente relevante
9	Los proyectos locales son más fáciles de medir
10	Los proyectos basados en Medidas Grises (Soluciones de Infraestructura) son mucho más fáciles de contabilizar y evaluar económicamente que las <i>Nbs</i>
11	La mayoría de los estudios de Análisis Costo-Beneficio (ACB) se centran en las inundaciones
12	Se necesita más investigación sobre desastres como el calor extremo y los incendios forestales
13	Se necesita más investigación sobre la pérdida de biodiversidad
14	Un proyecto puede resultar económicamente viable o no dependiendo de la metodología utilizada
15	Un estudio <i>ex ante</i> tiende a sobreestimar los beneficios y subestimar los costos
16	Hay menos estudios en África debido a la falta de datos
17	Un estudio realizado sobre un proyecto concluido hace mucho tiempo (20 años) es mucho más confiable que uno reciente (2 años)
18	La tasa de descuento debe elegirse de manera universal y consistente para todos los estudios de ACB
19	Se deben realizar análisis de sensibilidad utilizando diversas tasas de descuento en cada estudio de ACB, pero siempre con una recomendación clara sobre cuál debe aplicarse
20	El horizonte temporal debe estandarizarse en todos los estudios de ACB para mejorar la comparabilidad
21	Un horizonte temporal más corto (15 años) es preferible a proyecciones a largo plazo (50 años)
22	Los costos de mantenimiento deben considerarse durante la misma duración que el horizonte temporal de beneficios
23	Debe existir un criterio objetivo para establecer la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno climático (las estimaciones de beneficios deben considerar escenarios futuros)
24	La Relación Beneficio-Costo (BCR) es preferible al Valor Actual Neto (VAN) o la Tasa Interna de Retorno (TIR)
25	Los métodos de evaluación deben basarse en análisis cuantitativos más que cualitativos
26	Contar con una metodología estandarizada y común para la evaluación de proyectos es crucial
27	La tasa de descuento debe elegirse de forma consistente solo para los estudios de ACB dentro de un mismo sector

Tabla 6. El conjunto Q
Fuente: elaboración propia

En siguiente paso se selecciona a los individuos que serán consultados para conocer su opinión respecto al tema en cuestión; este grupo se denomina P-set. La selección de los miembros del P-set no se realiza de manera aleatoria; en su lugar, se emplea un muestreo intencional para identificar a individuos que posean conocimientos y perspectivas relevantes sobre el tema de estudio. Estos participantes pueden provenir de organizaciones clave de partes interesadas (*stakeholders*) o ser expertos informados, como investigadores. Los participantes seleccionados fueron personas con experiencia previa en ACB, seleccionadas de forma no aleatoria (Kougias *et al.*, 2020). Estos se tratan de autores de informes institucionales y artículos científicos relacionados con análisis ACB en diversos campos, como la gestión de recursos naturales, la gestión del riesgo de desastres o el cambio climático. Las encuestas Q se llevaron a cabo en línea entre abril

y mayo de 2025. Se contactó⁸ a un total de 69 personas, de las cuales 13 participaron en el estudio (conjunto P = 13). Esta metodología está diseñada para ser utilizada con un número reducido de participantes (Brown *et al.*, 2008). Webler *et al.* (2009) señalan que muchos estudios con metodología Q incluyen entre 12 y 20 participantes, y Rahma *et al.* (2020) argumentan que el número de participantes debe ser menor que el de afirmaciones, siendo adecuada una proporción de 3:1 (afirmaciones: participantes). Por lo tanto, en el presente estudio de caso se requieren al menos 9 participantes. Se empleó el software en línea Tickstat[®] para realizar la encuesta y Stata[®] para analizar los datos (Akhtar-Danesh, 2018).

Distribución Q-sort para 27 afirmaciones

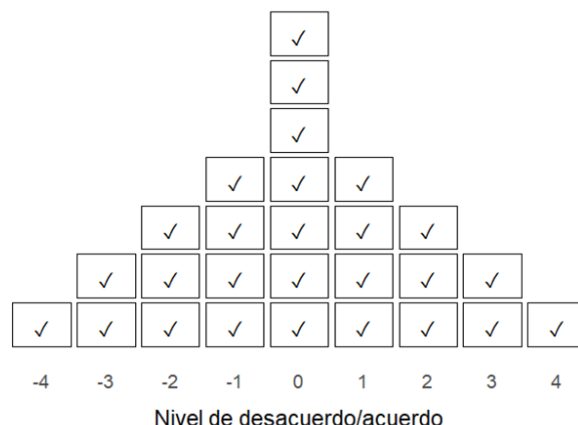


Figura 22. Distribución Q-sort

Fuente: elaboración propia

Un total de 13 participantes (18,84% de las personas invitadas) completaron la encuesta en un promedio de 14 minutos. La mayoría de los participantes eran hombres (69,23%) y tenían un doctorado (76,92%). El 30,77% tenía entre 41 y 50 años, el 23,08% entre 18 y 30 años, y el 15,38% en cada uno de los intervalos de edad de 31-40, 51-60 y más de 60 años. Siete participantes (53,95%) contaban con más de 10 años de experiencia laboral en campos relacionados con el ACB. Su principal sector de actividad era el académico (n=7; 53,85%), seguido por la consultoría (n=3; 23,08%), la administración pública (n=1; 7,69%), el sector privado (n=1; 7,69%) y las instituciones financieras internacionales (n=1; 7,69%). Asimismo, el principal ámbito de especialización en relación con la adaptación al cambio climático fue el análisis económico (n=7; 53,85%), la gestión y planificación de la adaptación (n=2; 15,38%), la hidrología (n=1; 7,69%), las políticas y gobernanza (n=1; 7,69%), la ingeniería (n=1; 7,69%) y la consultoría en cambio climático (n=1; 7,69%). Se pidió a los participantes que indicaran en qué medida se consideraban expertos en ACB, en una escala del 0 (nada expertos) al 10 (muy expertos). El 84,62% de la muestra se consideró experta, y el 46,15% se autoevaluó como “notablemente experto”, con una puntuación de 8 a 10.

⁸ Este estudio cuenta con un informe de evaluación favorable emitido por el Comité de Ética de la Investigación de la Universidad Complutense de Madrid.

6.2 RESULTADOS

Análisis de discursos

Una vez recopilados los datos mediante la clasificación de afirmaciones por parte de los participantes (Q-sort), el siguiente paso es analizar cómo se agrupan sus opiniones. Para ello, se utilizó un análisis estadístico llamado análisis factorial, que permite identificar las dimensiones presentes en las respuestas obtenidas. El análisis de componentes principales se utilizó para realizar el análisis factorial de los Q-sorts (Kougias *et al.*, 2020). Se emplearon las suposiciones habituales para seleccionar el número de factores (Cerdá *et al.*, 2025). Los datos de clasificación se redujeron a 4 discursos que explican el 63.4 % de la variabilidad en el orden original realizado por los participantes (Tabla 7). Un individuo no comparte ninguno de los discursos identificados.

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
Valores propios	2.345	2.256	2.091	1.551
Varianza explicada (%)	18.04	17.35	16.08	11.93
Varianza explicada acumulada (%)	18.04	35.39	51.47	63.40
Número de Q-sorts definitorios	3	3	3	3

Tabla 7. Valores propios, porcentaje de varianza explicada y número de Q-sorts que cargan en cada factor

Fuente: elaboración propia

El **Discurso 1** se caracteriza por el acuerdo en que los análisis de sensibilidad deben realizarse utilizando varias tasas de descuento en cada estudio de ACB, pero siempre con una clara recomendación sobre cuál debería aplicarse; el alcance del proyecto (local, regional, nacional) es altamente relevante; y un proyecto puede resultar económicamente viable o no dependiendo de la metodología utilizada. Por el contrario, este discurso no está de acuerdo en que la mayoría de los estudios de ACB se centren en inundaciones, o en que un estudio realizado sobre un proyecto completado hace mucho tiempo (20 años) sea mucho más fiable que uno reciente (2 años). También, existen discrepancias en usar tasas de descuento estandarizadas, siendo ampliamente rechazado que la tasa de descuento deba elegirse de manera universal y consistente para todos los estudios de ACB, o que la tasa de descuento deba elegirse de manera consistente solo para estudios de ACB en el mismo sector. Finalmente, dos afirmaciones distintivas con respecto a todos los demás discursos son el desacuerdo en que los métodos de evaluación deban basarse en análisis cuantitativos en lugar de cualitativos, y en que en África hay menos estudios debido a la falta de datos. Por el contrario, se identifica un mayor acuerdo en relación con los discursos 2 y 4 sobre la necesidad de realizar más investigación sobre la pérdida de biodiversidad.

Teniendo en cuenta los rangos estimados para el **Discurso 2**, debería haber un criterio objetivo para establecer la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno climático (las estimaciones de beneficios deben considerar escenarios futuros); los métodos de evaluación deben basarse en análisis cuantitativos en lugar de cualitativos; y la BCR es preferible al VAN o la Tasa Interna de Retorno (TIR). Por el contrario, la calidad de vida no debe considerarse como parte de los beneficios intangibles del individuo; el valor estadístico de la vida no debe tenerse en cuenta; la tasa de descuento no debe elegirse de manera consistente solo para estudios de ACB en el mismo sector; y no se necesita más investigación sobre la pérdida de biodiversidad. Algunas afirmaciones distintivas percibidas ligeramente negativas en relación con otros discursos son que los beneficios intangibles deben tenerse en cuenta; los beneficios sectoriales deben estimarse, incluso si

es de forma imprecisa; y la tasa de descuento debe elegirse de manera universal y consistente para todos los estudios de ACB.

Las personas que componen el **Discurso 3** favorecen mayores esfuerzos de investigación sobre la pérdida de biodiversidad; afirman que la reducción de las emisiones de CO₂ debe incluirse como beneficios (ambas afirmaciones distintivas); y los métodos de evaluación deben basarse en análisis cuantitativos en lugar de cualitativos. Sin embargo, no están de acuerdo con la inclusión de beneficios intangibles; argumentan que los beneficios sectoriales no deben estimarse, incluso si es de forma imprecisa (ambas afirmaciones distintivas); la calidad de vida no debe considerarse como parte de los beneficios intangibles del individuo; y consideran que la rentabilidad en proyectos de menor duración no es más fácil de medir.

Al contrario que el Discurso 3, el **Discurso 4** fomenta que los beneficios intangibles deben tenerse en cuenta en el ACB (Tabla 8). Además, un proyecto puede resultar económicamente viable o no dependiendo de la metodología utilizada; y los métodos de evaluación deben basarse en análisis cuantitativos en lugar de cualitativos. Al igual que en el Discurso 3, en este discurso se argumenta que la rentabilidad en proyectos de menor duración no es más fácil de medir; los proyectos de Medidas Grises no son mucho más fáciles de contabilizar y evaluar económicamente que las *NbS* (afirmación distintiva); a diferencia del Discurso 1, los análisis de sensibilidad no deben realizarse utilizando varias tasas de descuento en cada estudio de ACB; y a diferencia del Discurso 2, la BCR no es preferible al VAN o la TIR.

Afirmación	Discurso 1		Discurso 2		Discurso 3		Discurso 4	
	z-score	Rango	z-score	Rango	z-score	Rango	z-score	Rango
1	-0.142	0	0.108	0	0.930	3**	-0.098	0
2	-0.619	-1	-1.300	-3	-0.129	0	-0.442	-1
3	0.176	0	-0.698	-1**	-2.070	-4**	0.908	2
4	0.641	1	-0.866	-2**	-1.930	-4**	1.320	3
5	0.925	2	-0.735	-1	-0.610	-1	0.251	1
6	0.624	1	-1.340	-4	-1.220	-3	0.153	0
7	-0.090	0	0.135	0	-1.130	-3	-1.320	-3
8	1.170	3**	-0.366	0	-0.950	-2	0.330	1
9*	-0.051	0	0.363	1	0.241	1	0.614	1
10	0.499	1	0.902	2	0.740	2	-1.860	-4**
11	-1.830	-4**	0.534	1	-0.193	0	-0.791	-2
12	0.284	1	-0.897	-2	0.868	2	-0.289	0
13	0.976	2**	-0.933	-3	2.110	4**	-0.889	-2
14	1.080	3	-0.769	-2	-0.208	-1	1.660	4
15	-0.159	0	0.531	1	-0.626	-2	-0.521	-2
16	-0.800	-2**	0.336	0	0.322	1	0.662	2
17	-1.370	-3**	0.467	1	0.050	0	-0.454	-1
18	-1.690	-4**	-0.695	-1**	0.644	1	0.944	2
19	1.880	4**	0.630	2	0.515	1	-1.600	-4**
20	-0.748	-2	0.594	2	<0.001	0	-0.502	-1
21*	-0.284	-1	-0.395	0	-0.644	-2	-0.380	-1
22	0.942	2	-0.510	-1	0.883	2	0.227	1
23	-0.245	-1	2.130	4**	0.080	0	-0.055	0
24	-0.215	-1	0.969	3**	-0.289	-1	-1.520	-3**
25	-1.030	-2**	1.930	4	1.080	3	1.840	4
26*	1.630	4	1.600	3	1.860	4	1.630	3
27	-1.560	-3	-1.740	-4	-0.324	-1	0.172	0

Notas:

Las celdas verdes (rojas) representan alto acuerdo (desacuerdo).

* Afirmación de consenso.

** Afirmación distintiva.

Tabla 8. Puntuaciones z y orden de las afirmaciones por factor

Fuente: elaboración propia

La Figura 23 muestra la relación entre los discursos y varias de las características de los participantes, como la experiencia en ACB, el principal sector de actividad y la especialización en relación con la Adaptación al Cambio Climático. El Discurso 2 surge principalmente de participantes en el ámbito académico que afirman no ser expertos notables en ACB, y con una especialización en análisis económico y políticas y gobernanza. El Discurso 4 también parte de las opiniones de participantes con menor experiencia en ACB, pero con una especialización en análisis económico y gestión y planificación de la adaptación. Por otro lado, los discursos 1 y 3 se originan principalmente de las respuestas de aquellos participantes con mayor experiencia en ACB. En el caso del Discurso 1, la actividad de los participantes se centra en la consultoría y en el sector privado, mientras que para el Discurso 3 la actividad se enmarcaría en el ámbito académico y la consultoría. El área de especialización del Discurso 1 sería el análisis económico y la consultoría en cambio climático, mientras que el Discurso 3 provendría del análisis económico y la hidrología.

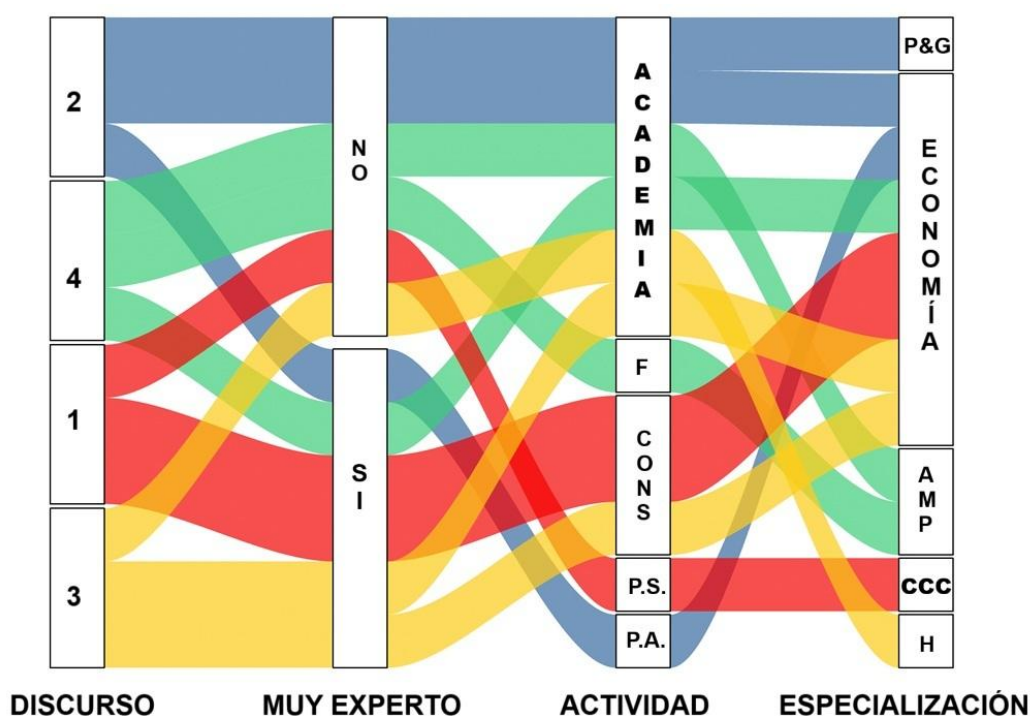


Figura 23. Relación entre los discursos y las características de los participantes

Fuente: Actividad: F - Institución Financiera Internacional; CONS - Consultoría; P.S. - Sector Privado; P.A. - Administración Pública.

ESPECIALIZACIÓN: P&G - Políticas y Gobernanza; AMP - Gestión y Planificación de la Adaptación; CCC - Consultoría en Cambio Climático; H - Hidrología)

7. Conclusiones

A partir del análisis de experiencias concretas y del aporte recogido en la encuesta de valoración, se han identificado una serie de principios clave que pueden orientar futuras decisiones en materia de adaptación al cambio climático. Este decálogo no pretende ser una receta cerrada, sino un recurso valioso y accesible para quienes enfrentan este desafío desde distintos ámbitos.

1. **Invertir antes del riesgo.** La rentabilidad de las medidas adaptativas disminuye cuando se implementan tarde. La anticipación, especialmente en territorios con alto riesgo climático, es clave para maximizar los beneficios económicos y sociales.
2. **Las soluciones basadas en la naturaleza son altamente rentables.** Las soluciones basadas en la naturaleza no solo ofrecen beneficios ecológicos y sociales, sino que muestran mejores ratios beneficio-coste que muchas infraestructuras grises tradicionales, lo que las posiciona como una inversión estratégica.
3. **Los sistemas de alerta temprana presentan un alto rendimiento económico.** La capacidad de prevenir daños y reducir pérdidas mediante vigilancia y respuesta rápida se traduce en una eficiencia notable en el uso de recursos.
4. **El tipo de riesgo condiciona la eficacia de las medidas.** Las medidas son más efectivas frente a ciertos riesgos (como geofísicos) que frente a amenazas complejas como sequías o tormentas. La naturaleza del riesgo debe guiar el diseño de las intervenciones.
5. **No hay diferencias significativas según escala, horizonte temporal o tasa de descuento.** Estos factores tradicionales no determinan la rentabilidad de las medidas. Es el tipo de intervención y el contexto del riesgo lo que realmente marca la diferencia.
6. **Necesidad de enfoques comparativos estandarizados.** La falta de uniformidad metodológica limita el aprendizaje entre contextos. Establecer variables comunes y marcos comparables para reducir la incertidumbre permitiría mejorar la calidad de las decisiones.
7. **El contexto local determina los resultados.** La rentabilidad de una medida varía notablemente entre regiones y sectores. Las políticas deben adaptarse a las particularidades geográficas, sociales y económicas de cada territorio.
8. **La adaptación debe considerarse una inversión estratégica, no un coste.** Más allá del análisis económico, invertir en adaptación genera beneficios a largo plazo en salud, cohesión social, seguridad alimentaria y sostenibilidad.
9. **Equidad y participación son esenciales para la legitimidad y eficacia de las medidas.** Incluir a comunidades locales a través de enfoques participativos, especialmente grupos vulnerables, mejora tanto la aceptación como los resultados de las intervenciones adaptativas.
10. **La adaptación debe estar integrada en la planificación y desarrollo sectorial.** No puede abordarse como una acción aislada. Debe permear políticas públicas, planificación urbana, gestión de recursos y estrategias de desarrollo.



En conclusión, este proyecto ha reforzado la comprensión de que la adaptación al cambio climático es una inversión estratégica y rentable, no un mero gasto. Al sistematizar y analizar estudios de análisis ACB, se ha demostrado que las soluciones basadas en la naturaleza y los sistemas de alerta temprana ofrecen retornos económicos superiores. La clave para maximizar esta rentabilidad reside en la planificación temprana y proactiva, reconociendo que los costos y la complejidad aumentan significativamente a medida que el riesgo climático se agrava. Los diez principios fundamentales identificados, validados por la experiencia y el consenso de expertos, ofrecen una guía práctica para integrar criterios económicos, sociales y ambientales en la toma de decisiones, asegurando una asignación eficiente de recursos y fomentando una adaptación justa, resiliente y sostenible frente a los desafíos climáticos actuales y futuros.



8. Bibliografía

Akhtar-Danesh, N. (2018). *Qfactor: A command for Q-Methodology Analysis*. Stata Journal, 18(2), 432–446.

Anderson, K. (2024). *What was the Industrial Revolution's environmental impact?* Greenly. Earth. Recuperado el 9 de mayo de 2025, de <https://greenly.earth/en-gb/blog/ecology-news/what-was-the-industrial-revolutions-environmental-impact>

Anderson, M. G., & Holcombe, E. (2013). *Managing disasters in small steps*. Recuperado de <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/64aa7a81-bf0a-56f3-9fed-0c3a8f354f22>

Aubé, M., Hébert, C., Wilson, J., Trenholm, R., & Patriquin, M. (2016). Cost benefit analysis of climate change adaptation strategies for the Acadian Peninsula. Coastal Zones Research Institute Inc. & Green Analytics. https://adaptationpa.ca/images/PDF_-_Progression/R-Cost_Benefit_Analysis_of_Climate_Change_Adaptation_Strategies.pdf

Beware Project & Bettella, F. (2020). *Flood protection in the Upper Vistula river basin: Grey and green measures implemented in the Sandomierz area*. Recuperado de <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/case-studies/natural-water-retention-measures-in-the-altovicentino-area-italy>

Boardman, A. E., Greenberg, D. H., Vining, A. R., & Weimer, D. L. (2018). *Cost-benefit analysis: Concepts and practice* (5.^a ed.). Cambridge University Press.

Bolte, P., et al. (2011). *Mangrove Planting Saves Life and Money in Viet Nam*. Recuperado de <https://www.ifrc.org/docs/Appeals/annual11/MAAVN00111myr-Planting-Protection-April-2011-EN.pdf>

Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P. T., & Rothstein, H. R. (2009). *Introduction to meta-analysis*. Wiley.

Bosello, F., Carraro, C., & De Cian, E. (2009). Climate change mitigation policies and productivity growth: A strategic analysis. Energy Journal, 30(S12), 91–114.

Brown, S. R., Durning, D. W., & Selden, S. C. (2008). *Q methodology*. En K. Yang & G. J. Miller (Eds.), Handbook of research methods in public administration (pp. 721–763). CRC Press.

Burton, I., & Venton, P. (2009). *Case Study of the Philippines National Red Cross: Community Based Disaster Risk Management Programming*. Recuperado de <https://www.ifrc.org/media/13974>

Callaway, J. M. (2004). *Adaptation benefits and costs: Are they important in the global policy picture and how can we estimate them?* Global Environmental Change, 14(3), 273–282.

Cerdá, E., López-Otero, X., Quiroga, S., & Soliño, M. (2025). *The present and future of offshore wind in Spain: An analysis of discourses*. Renewable Energy, 249, 123192. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2025.123192>

Chambwera, M., Heal, G., Dubeux, C., et al. (2014). *Economics of adaptation*. En IPCC WGII AR5 Chapter 17: *Adaptation Opportunities, Constraints and Limits*.

CLIMATE ADAPT. (2025). *4.3 Priorización de las opciones de adaptación*. Europa.eu. Recuperado el 9 de mayo de 2025, de <https://climate-adapt.eea.europa.eu/es/knowledge/tools/urban-ast/step-4-3>

Cooper, W., Garcia, F., Pape, D., Ryder, D., & Witherell, B. (2016). *Climate Change Adaptation Case Study: Benefit-Cost Analysis of Coastal Flooding Hazard Mitigation*. Recuperado de <https://cbe.mis.edu/joce/vol3/iss2/3/>

De Bruin, K. C., Dellink, R. B., & Tol, R. S. J. (2009). *AD-DICE: An implementation of adaptation in the DICE model*. Climatic Change, 95(1–2), 63–81.



De Courtenay Cabot Venton, C., & Venton, P. (2004). *Disaster preparedness programmes in India: A cost-benefit analysis*. Recuperado de <https://socialvalueuk.org/wp-content/uploads/2023/05/Disaster-preparedness-in-India-a-cost-benefit-analysis.pdf>

Dehnhardt, A., Grothmann, T., & Wagner, J. (2022). *Cost-benefit analysis: What limits its use in policy making and how to make it more usable? A case study on climate change adaptation in Germany*. *Environmental Science & Policy*, 137, 53–60. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2022.08.005>

de Ruig, L. T., Haer, T., de Moel, H., Botzen, W. J. W., & Aerts, J. C. J. H. (2019). *A micro-scale cost-benefit analysis of building-level flood risk adaptation measures in Los Angeles*. <https://doi.org/10.1016/j.wre.2019.100147>

Devkota, N., Phuyal, R. K., & Shrestha, D. L. (2017). *Cost and benefit analysis of adoption of climate change adaptation options among rural rice farmers in Nepal*. <https://doi.org/10.18488/journal.1005/2017.7.7/1005.7.136.148>

Dittrich, R., Ball, T., Wreford, A., & Moran, D. (2013). *A cost-benefit analysis of afforestation as a climate change adaptation measure to reduce flood risk*. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12482>

ECHO. (2014). *Prevention and Preparedness in Civil Protection: Deliverable D.4: Cost-benefit analysis of mitigation measures to pilot firms/infrastructures in Italy*. Recuperado de <https://civil-protection-knowledge-network.europa.eu/system/files/2023-03/Investment%20in%20Disaster%20Risk%20Management%20-%20Background.pdf>

European Environment Agency (EEA). (2018). *Flood protection in the Upper Vistula river basin: grey and green measures implemented in the Sandomierz area*. *Climate-ADAPT*.

Eurostat. (2025). *Government expenditure on environmental protection*. Europa.eu. Recuperado el 9 de mayo de 2025, de https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Government_expenditure_on_environmental_protection

Ferreira, I., Cuesta, S., Ríaza, J., Fernández, A., & Zugasti, D. (2025). *Adaptive Measures Cost–Benefit and Multicriteria Analysis Results Report*.

Forsyth, T., & Evans, N. (2013). *What is autonomous adaptation? Resource scarcity and smallholder agency in Thailand*. *World Development*, 43, 56–66. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2012.11.010>

Gauderis. (2010). *Applied flood-risk-management in the Machland-Nord, Upper Austria*. Recuperado de <https://civil-protection-knowledge-network.europa.eu/system/files/2023-03/Investment%20in%20Disaster%20Risk%20Management%20-%20Background.pdf>

Gautam, B. (2024, 20 de noviembre). *Challenges in the cost-benefit analysis of climate change adaptation projects*. SEI Perspectives. Recuperado el 26 de mayo de 2025, de SEI Perspectives (Stockholm Environmental Institute).

GCF – Green Climate Fund. (2020). *Investment framework*. Recuperado de https://www.greenclimate.fund/sites/default/files/document/gcf-investment-framework_0.pdf

Ghesquiere, F., Jamin, L., & Mahul. (2006). *Earthquake Vulnerability Reduction Program in Colombia: A Probabilistic Cost-benefit Analysis*. Recuperado de <https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/67b78d45-f2b3-5337-8cb5-1d312e53657b/content>

Grimsrud, K., Graesse, M., & Lindhjem, H. (2020). *Using the generalised Q method in ecological economics: A better way to capture representative values and perspectives in ecosystem service management*. *Ecological Economics*, 170, 106588. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.106588>



Haer, T., Botzen, W. J. W., Zavala-Hidalgo, J., Cusell, C., & Ward, P. J. (2017). *Economic evaluation of climate risk adaptation strategies: Cost-benefit analysis of flood protection in Tabasco, Mexico*. <https://doi.org/10.20937/ATM.2017.30.02.03>

Havranek, T., & Irsova, Z. (2017). *Do borders really slash trade? A meta-analysis*. IMF Economic Review, 65, 365–396.

Heidrich, R. (2016). *Applied flood-risk-management in the Machland-Nord, Upper Austria*. Recuperado de <https://civil-protection-knowledge-network.europa.eu/system/files/2023-03/Investment%20in%20Disaster%20Risk%20Management%20-%20Background.pdf>

Hochrainer-Stigler, S., Kunreuther, H., Linnerooth-Bayer, J., et al. (2011). *The Costs and Benefits of Reducing Risk from Natural Hazards to Residential Structures in Developing Countries*. Recuperado de https://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/9724/1/17698_wp201101iiasarmswhartondevelopingco.pdf

Holland, P. (2008). *An Economic Analysis of Flood Warning in Navua, Fiji*. Recuperado de <https://socialvalueuk.org/wp-content/uploads/2023/05/navua-Fiji.pdf>

Holub, M., & Fuchs, S. (2008). *Benefits of local structural protection to mitigate torrent-related hazards*. <https://doi.org/10.2495/RISK080391>

Hölzinger, O., & Haysom, K. (2017). *Chimney Meadows Ecosystem Services Assessment*. Recuperado de <https://civil-protection-knowledge-network.europa.eu/system/files/2023-03/Investment%20in%20Disaster%20Risk%20Management%20-%20Background.pdf>

Inter-American Development Bank. (2014). *Understanding the economics of climate adaptation in Trinidad and Tobago*. <https://doi.org/10.18235/0006232>

Inter-American Development Bank. (2022). *The Economics of Climate Change Adaptation and Ecosystem Services in the Bahamas: Lessons from San Salvador Island*. <https://doi.org/10.18235/0004222>

IPCC. (2014). *Fifth assessment report*. Recuperado de https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full.pdf

IPCC. (2021). *Sixth assessment report*. Recuperado de <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/>

Ishizawa, O. A., Miranda, J. J., Paredes, M., de Haro, I., & Pedrozo, A. (2017). *Analysis of the Impact of Investments in Disaster Risk Reduction and Prevention in Mexico: Case Study of Tabasco between 2007 and 2011*. Recuperado de <https://documents1.worldbank.org/curated/en/353861513851408302/pdf/122189-WP-P146241-PUBLIC-Analysis-of-the-Impact-of-Investments-in-Disaster-Risk-Reduction-and-Prevention-in-Mexico-Case-Study-Between-2007-and-2011.pdf>

JCR. (2024). *GHG emissions of all world countries*. Recuperado de https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report_2024

Johnson, D., See, L., Oswald, S. M., Prokop, G., & Krisztin, T. (2020). *A Cost-Benefit Analysis of Implementing Urban Heat Island Adaptation Measures in Small and Medium-Sized Cities in Austria*. <https://doi.org/10.1177/2399808320974689>

Koetse, M. J., De Groot, H. L., & Florax, R. J. (2008). *Capital-energy substitution and shifts in factor demand: A meta-analysis*. Energy Economics, 30(5), 2236–2251.

Kougias, I., Nikitas, A., Thiel, C., & Szabó, S. (2020). *Clean energy and transport pathways for islands: A stakeholder analysis using Q method*. Transportation Research Part D, 78, 102180.

Lai, X., Wen, J., Shan, X., Shen, L., Wan, C., Shao, L., Wu, Y., Chen, B., & Li, W. (2022). *Cost-Benefit Analysis of Local Knowledge-Based Flood Adaptation Measures*. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4054436>



- Li, H.-C., Kuo, S.-Y., Chen, W.-B., & Lin, L.-Y. (2018). *Benefit Analysis of Flood Adaptation under Climate Change Scenario*. <https://doi.org/10.1007/s11069-018-3500-z>
- Markanday, A., Markandya, A., de Murieta, E. S., & Galarraaga, I. (2021). *Accounting for the effects of employment, equity, and risk aversion in cost-benefit analysis: An application to an adaptation project*. *Journal of Benefit-Cost Analysis*, 12(2), 313–334. https://ideas.repec.org/a/cup/jbcoan/v12y2021i2p313-334_5.html
- Millar, J. D., Mason, H., & Kidd, L. (2022). *What is Q methodology?* *Evidence-Based Nursing*, 25, 77–78.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, AEMET, & OECC. (2021). *Guía resumida del sexto informe de evaluación del IPCC Grupo de Trabajo I*. Recuperado de https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/ceneam/recursos/mini-portales-tematicos/ipcc-guia-resumida-gt1-bases-fisicas-ar6_tcm30-533081.pdf
- Moura, J., Catanzano, J., Castelo David, A. S., Mendes Júnior Bento Luiz, A. A., Loulum, B., & Cerezo, J. M. (2023). *Charting a Blue Course: Investment Projects for the Blue Economy Transition in São Tomé e Príncipe*. Recuperado de <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099724003062433483/pdf/IDU1081eb221173ac14889183cd1fa791bd898ab.pdf>
- Nguyen, N. H. (2015). *Cost-Benefit Analysis of Climate Adaptation: A Case Study of Mangrove Conservation and Reforestation in Ca Mau Province, Vietnam*. <https://doi.org/10.14456/jms.2015.11>
- Pais-Barbosa, J., Ferreira, A. M., Lima, M., Magalhães Filho, L., Roebeling, P., & Coelho, C. (2023). *Cost-Benefit Analysis of Artificial Nourishments: Discussion of Climate Change Adaptation Pathways at Ovar (Aveiro, Portugal)*. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2023.106826>
- Pappenberger, F., et al. (2015). *European Flood Awareness System*.
- Perera, D., et al. (2019). *Flood Early Warning Systems: A Review Of Benefits, Challenges And Prospects*. Recuperado de <https://civil-protection-knowledge-network.europa.eu/system/files/2023-03/Investment%20in%20Disaster%20Risk%20Management%20-%20Background.pdf>
- Qin, H., & Stewart, M. G. (2020). *Risk-Based Cost-Benefit Analysis of Climate Adaptation Measures for Australian Contemporary Houses under Extreme Winds*. <https://doi.org/10.1186/s43065-020-00002-1>
- Quiroga, S. (2018). *Socioeconomic Analysis of the Potential Benefits of Modernizing Hydrometeorological Services in the Lao People's Democratic Republic*. Recuperado de <https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/213cb87b-3d5c-59c8-ab44-be1e52354f40/content>
- Rahma, A., Mardiatno, D., & Rahmawati Hizbaron, D. (2020). *Q methodology to determine distinguishing and consensus factors (a case study of university students' ecoliteracy on disaster risk reduction)*. *E3S Web of Conferences*, 200, 01003.
- Rising, J. A., Taylor, C., Ives, M. C., & Ward, R. E. T. (2022). *Challenges and innovations in the economic evaluation of the risks of climate change*. *Ecological Economics*, 197. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2022.107437>
- Ryan, P. C., & Stewart, M. G. (2017). *Cost-Benefit Analysis of Climate Change Adaptation for Power Pole Networks*. <https://doi.org/10.1007/s10584-017-2000-6>
- Sandomierz Municipal Administration. (2018). *Flood Protection in the Upper Vistula River Basin: Grey and Green Measures Implemented in the Sandomierz Area*. Recuperado de <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/case-studies/flood-protection-in-the-upper-vistula-river-basin-grey-and-green-measures-implemented-in-the-sandomierz-area>
- Si, H., Tatano, H., Mori, N., Fujimi, T., & Jiang, X. (2021). *Cost-Benefit Analysis of Adaptation to Storm Surge Due to Climate Change in Osaka Bay, Japan*. <https://doi.org/10.1007/s10584-021-03282-y>



Smyth, A. W., Altay, G., Deodatis, G., Erdik, M., Franco, G., Gülkan, P., Kunreuther, H., Lush, H., Mete, E., Seeber, N., & Yüzügüllü, Ö. (2004). *Probabilistic Benefit-Cost Analysis for Earthquake Damage Mitigation: Evaluating Measures for Apartment Houses in Turkey*. <https://doi.org/10.1193/1.1649937>

Spray, C., et al. (2021). *Eddleston Water 2021 Report*. Recuperado de <https://civil-protection-knowledge-network.europa.eu/system/files/2023-03/Investment%20in%20Disaster%20Risk%20Management%20-%20Background.pdf>

Stanley, T. D., & Doucouliagos, H. (2012). *Meta-regression analysis in economics and business*. Routledge.

Stephenson, W. (1935a). *Correlating persons instead of tests*. *Character and Personality*, 4, 17–24.

Stephenson, W. (1935b). *Technique of factor analysis*. *Nature*, 136, 297.

Toyama, M., & Sagara, J. (2013). *Measuring the Cost-Effectiveness of Various DRM Measures*. Recuperado de <https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/15807cdd-bb82-5529-9f2b-d6e0736279e0/content>

UNFCCC. (2014). *Nationally determined contributions (NDCs)*. Recuperado el 9 de mayo de 2025, de <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/nationally-determined-contributions-ndcs>

UNFCCC. (2025). *National adaptation plan (NAP)*. Recuperado el 9 de mayo de 2025, de <https://unfccc.int/national-adaptation-plans>

United Nations Environment Programme. (2023). *Adaptation gap report 2023: Underfinanced. Underprepared. Inadequate investment and planning on climate adaptation leaves world exposed*. United Nations Environment Programme.

Verschuur, J., Becher, O., Schwantje, T., van Ledden, M., Kazi, S., & Urrutia, I. (2023). *Welfare and Climate Risks in Coastal Bangladesh*. Recuperado de <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/8b15a7c3-f25d-42a2-bdc1-4524ca52f58a>

Watkiss, P., & Hunt, A. (2011). *Methodological approaches for adaptation: UNEP handbook*. En *The adaptation gap report*.

Watkiss, P., & Cimato, F. (2019). *Using cost-benefit analysis to assess adaptation options: Institutional settings and decision support*. En *Resilience and environmental risk management (Vol. 8)*. Springer.

Webler, T., Danielson, S., & Tuler, S. (2009). *Using Q method to reveal social perspectives in environmental research*. Greenfield, MA: Social and Environmental Research Institute, 54, 45.

Wilson, J., Trenholm, R., & Patriquin, M. (2016). *Cost Benefit Analysis of Climate Change Adaptation Strategies for the Acadian Peninsula*. Recuperado de https://adaptationpa.ca/images/PDF_-_Progression/R-Cost_Benefit_Analysis_of_Climate_Change_Adaptation_Strategies.pdf

Wishart, M., Wong, T., Furmage, B., Liao, X., Pannell, D., & Wang, J. (2021). *Valuing the Benefits of Nature-Based Solutions: A Manual for Integrated Urban Flood Management in China (Worked Examples)*. Recuperado de <https://openknowledge.worldbank.org/bitstreams/81b215a0-51ff-5656-8410-f55498338fe3/download>

Woodruff, A. (2008). *Samoa Technical Report - Economic Analysis of Food Risk Reduction Measures for the Lower Vaisigano Catchment Area*. Recuperado de <https://www.pacificwater.org/userfiles/file/IWRM/Toolboxes/financing%20IWRM/Samoa.pdf>

Wooldridge, J. M. (2010). *Econometric analysis of cross section and panel data (2.ª ed.)*. MIT Press.

Wooldridge, J. M. (2019). *Correlated random effects models with unbalanced panels*. *Journal of Econometrics*, 211(1), 137–150.



- World Bank. (1996). *Argentina - Flood Protection Project (English) (Staff Appraisal Report No. 15354, Vol. 1)*. World Development Sources. Recuperado de <http://documents.worldbank.org/curated/en/295671468767394699>
- World Bank. (2007). *Odra River Basin Flood Protection Project (P086768)*. World Bank. <https://projects.worldbank.org/en/projects-operations/project-detail/P086768>
- World Bank. (2021a). *River flood protection: The Machlandamm*. Recuperado de <https://civil-protection-knowledge-network.europa.eu/system/files/2023-03/Investment%20in%20Disaster%20Risk%20Management%20-%20Background.pdf>
- World Bank. (2021b). *Evaluating the benefits of selected investments of the 2010–2016 National Plan for Seismic Risk Prevention in Italy*. Recuperado de <https://civil-protection-knowledge-network.europa.eu/system/files/2023-03/Investment%20in%20Disaster%20Risk%20Management%20-%20Background.pdf>
- World Bank. (2021c). *Benefits of investing in retrofitting of buildings in Romania*. Recuperado de <https://civil-protection-knowledge-network.europa.eu/system/files/2023-03/Investment%20in%20Disaster%20Risk%20Management%20-%20Background.pdf>
- World Bank. (2021d). *The benefits of investment in school infrastructure in Turkey*. Recuperado de <https://civil-protection-knowledge-network.europa.eu/system/files/2023-03/Investment%20in%20Disaster%20Risk%20Management%20-%20Background.pdf>
- World Bank. (2021e). *Earthquake early warning in Bucharest*. Recuperado de <https://civil-protection-knowledge-network.europa.eu/system/files/2023-03/Investment%20in%20Disaster%20Risk%20Management%20-%20Background.pdf>
- World Bank. (2021f). *Benefits of knowledge network investments during the Croatia earthquake*. Recuperado de <https://civil-protection-knowledge-network.europa.eu/system/files/2023-03/Investment%20in%20Disaster%20Risk%20Management%20-%20Background.pdf>
- World Bank. (2021g). *Green and white solutions to the UHI effect*. Recuperado de <https://civil-protection-knowledge-network.europa.eu/system/files/2023-03/Investment%20in%20Disaster%20Risk%20Management%20-%20Background.pdf>
- World Bank. (2021h). *HEWS for reducing health impacts of heat*. Recuperado de <https://civil-protection-knowledge-network.europa.eu/system/files/2023-03/Investment%20in%20Disaster%20Risk%20Management%20-%20Background.pdf>
- World Bank. (2021i). *Wildland-urban interfaces: Improvements to homes in Portugal*. Recuperado de <https://civil-protection-knowledge-network.europa.eu/system/files/2023-03/Investment%20in%20Disaster%20Risk%20Management%20-%20Background.pdf>
- World Bank. (2021j). *Wildland-urban interfaces: Improvements to industries in Portugal*. Recuperado de <https://civil-protection-knowledge-network.europa.eu/system/files/2023-03/Investment%20in%20Disaster%20Risk%20Management%20-%20Background.pdf>
- World Bank. (2021k). *Co-investment into seismic strengthening and energy efficiency improvement of education facilities in Europe's earthquake prone countries*. Recuperado de <https://civil-protection-knowledge-network.europa.eu/system/files/2023-03/Investment%20in%20Disaster%20Risk%20Management%20-%20Background.pdf>
- World Bank. (2021l). *Alerting and preparedness for wildfires in Portugal*. Recuperado de <https://civil-protection-knowledge-network.europa.eu/system/files/2023-03/Investment%20in%20Disaster%20Risk%20Management%20-%20Background.pdf>
- World Bank. (2021m). *Alerting and preparedness in Greece*. Recuperado de <https://civil-protection-knowledge-network.europa.eu/system/files/2023-03/Investment%20in%20Disaster%20Risk%20Management%20-%20Background.pdf>



World Bank. (2021n). *Cross-border support and coordination mechanisms for wildfires*. Recuperado de <https://civil-protection-knowledge-network.europa.eu/system/files/2023-03/Investment%20in%20Disaster%20Risk%20Management%20-%20Background.pdf>

World Bank. (2021o). *Resilient road assets in Albania – Protection against landslides*. Recuperado de <https://civil-protection-knowledge-network.europa.eu/system/files/2023-03/Investment%20in%20Disaster%20Risk%20Management%20-%20Background.pdf>

World Bank. (2022). *Accelerating clean, green, and climate-resilient growth in Vietnam*. Recuperado de <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/b11c8c18-f440-56f7-aa24-4557a71376fc>

World Bank. (2023). *Charting a blue course: Investment projects for the blue economy transition in São Tomé e Príncipe*. Recuperado de <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099724003062433483/pdf/IDU1081eb221173ac14889183cd1fa791bd898ab.pdf>

World Bank. (2024). *Peru integrated water resources management project*. Recuperado de <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099070124001040914/pdf/BOSIB144ccd1490131aa09150f00c29336c.pdf>

Xiong, J., & Alegre, E. X. (2019). *Benefits of Knowledge Network Investments During the Albania Earthquake*. Recuperado de <https://civil-protection-knowledge-network.europa.eu/system/files/2023-03/Investment%20in%20Disaster%20Risk%20Management%20-%20Background.pdf>

Zabala, A., & Pascual, U. (2016). *Bootstrapping Q methodology to improve the understanding of human perspectives*. *PloS ONE*, 11(2), e0148087.

Zorrilla, M., & Kuhlmann, A. (2015). *Metodología de priorización medidas de adaptación al cambio climático: Guía de uso y difusión*.



globalfactor



VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



Fundación Biodiversidad

