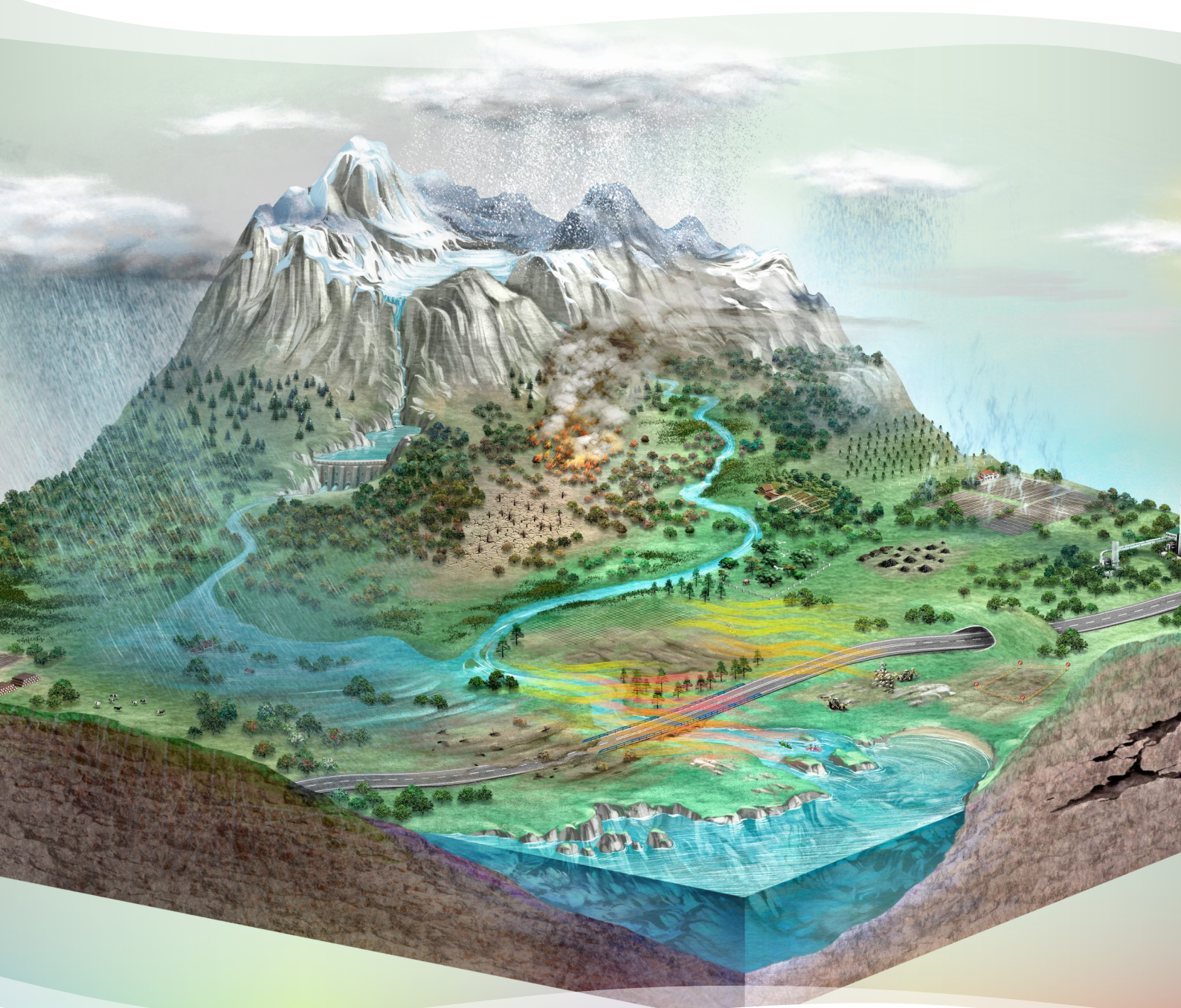


# IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LOS ECOSISTEMAS TERRESTRES

ISABEL MARTÍNEZ CANO





El cambio climático amenaza la integridad y funcionamiento de los ecosistemas terrestres, y compromete las iniciativas para la conservación y restauración de la biodiversidad. Esta lámina didáctica ilustra las principales alteraciones y riesgos derivados del cambio climático en los ecosistemas terrestres. También muestra porqué es importante evitar estos impactos, ya que condicionan la sostenibilidad de una serie de servicios fundamentales para la sociedad que abarcan desde la regulación del clima y la producción de alimentos, hasta usos recreativos arraigados a nuestra identidad cultural. Finalmente, también incorpora algunas de las soluciones para combatir el cambio climático, como tecnologías de mitigación enfocadas a reducir la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera, y medidas de adaptación para aumentar la resiliencia de sistemas naturales y humanos ante el cambio climático.

## LOS PAISAJES DE VALLE Y MONTAÑA TEMPLADOS COMO ESCENARIO DEL CAMBIO CLIMÁTICO

La lámina muestra un paisaje natural que se inspira en las zonas de montaña de latitudes templadas. En la parte central del paisaje se eleva un sistema de alta montaña que sirve como de punto de referencia para ilustrar distintos aspectos del cambio climático a lo largo del gradiente altitudinal. La parte más alta de la montaña destaca por su relieve escarpado y por la ausencia de vegetación característica del piso alpino. La dureza del clima resulta en la acumulación de masas de hielo y nieve que a veces se mantienen durante todo el año. El deshielo parcial de estas masas, junto con la precipitación, alimenta arroyos y riachuelos que acaban encauzando ríos que descienden hacia la zona de valle. Al descender en altura, la pendiente y las condiciones climáticas se vuelven más suaves, permitiendo el desarrollo de una cubierta vegetal dominada primero por especies de porte arbustivo y, en altitudes más bajas y más cerca de los fondos de valle, por masas densas de bosque.

También se pueden apreciar las alteraciones del paisaje natural asociadas a la intervención humana. Destacan aprovechamientos como la construcción de presas que garantizan el abastecimiento de agua y energía, las plantaciones forestales para usos madereros y las explotaciones agrícolas e infraestructuras que se concentran en las zonas bajas. No se muestran grandes asentamientos de tipo urbano o industrial, que se tratan en otra lámina.

Los círculos de colores dispersos por la lámina hacen referencia a las alteraciones del medio físico, riesgos en el medio biológico, servicios ecosistémicos, y medidas de mitigación y adaptación, que se enumeran en la leyenda situada en la parte inferior de la lámina, y se describen sucintamente en los siguientes apartados.

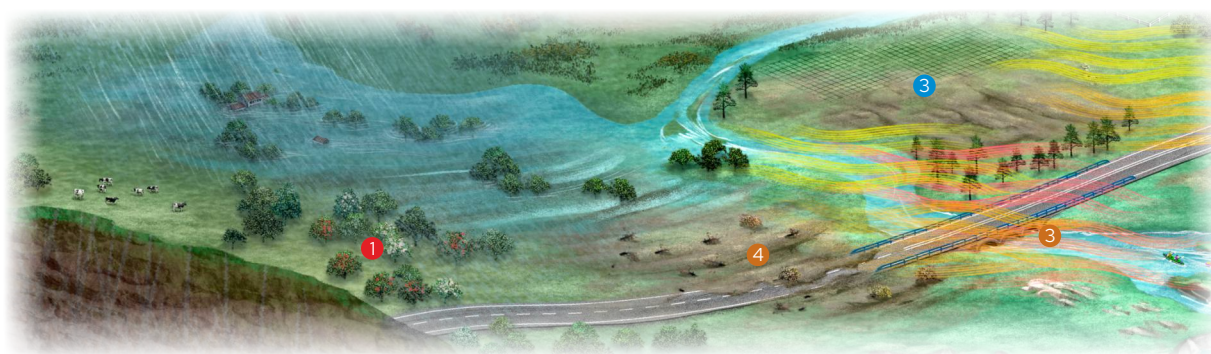


## ALTERACIÓN DEL MEDIO FÍSICO

La principal alteración del medio físico derivada del cambio climático es el aumento de la temperatura de la superficie terrestre. Durante el último siglo, se ha registrado un aumento superior a un grado en la temperatura media global de la superficie de los continentes. Esto se debe a la alteración de la composición química de la atmósfera a consecuencia de la quema de combustibles fósiles y los cambios de uso del suelo. Estas actividades emiten gases que potencian el efecto invernadero, un mecanismo que, de manera natural, permite la vida en el planeta al atrapar parte de la radiación solar que alcanza la Tierra y elevar la temperatura en superficie por encima de lo esperable en un planeta sin atmósfera.

Sin embargo, al potenciar el efecto invernadero, la temperatura se eleva muy por encima de los niveles registrados en los últimos miles de años, perturbando el balance energético de la Tierra hacia un escenario desconocido que amenaza la vida en el planeta.

Además del incremento gradual de la temperatura, el cambio climático se manifiesta en algunas regiones con un aumento de la frecuencia, intensidad y duración de los fenómenos de calor extremo, denominados olas de calor. Asimismo, las temperaturas altas provocan el retroceso de los glaciares, una de las evidencias físicas más dramáticas del calentamiento global, que tiene diversas ramificaciones y efectos asociados como la subida del nivel del mar, la limitación de la disponibilidad de agua dulce y la aceleración del calentamiento global a través de una disminución de la reflexión de radiación solar o albedo. En el caso particular de la cordillera Cantábrica, aunque no existen grandes glaciares, se ha documentado un retroceso en las masas de hielo remanentes en Picos de Europa durante la última década que se atribuye al aumento de las temperaturas invernales y a la disminución de las precipitaciones.



El aumento de la temperatura también conlleva una alteración del ciclo hidrológico o ciclo del agua. En los últimos años se ha observado un incremento en la variabilidad de las precipitaciones, con lluvias más intensas y una mayor duración y severidad de las sequías. En el caso de climas oceánicos, como el del norte de la Península Ibérica, se observa una tendencia a la «mediterraneización» del clima, que se caracteriza por una prolongación de los veranos y una mayor torrencialidad en las precipitaciones, con lluvias concentradas en episodios de alta intensidad. Este tipo de precipitación satura fácilmente los suelos y aumenta la escorrentía superficial, incrementando el riesgo de inundaciones, riadas y deslizamientos.

## RIESGOS EN EL MEDIO BIOLÓGICO

La alteración del medio físico a consecuencia del cambio climático afecta procesos biológicos fundamentales y se manifiesta en distintos niveles de organización, desde el metabolismo celular hasta la distribución de los grandes biomas.

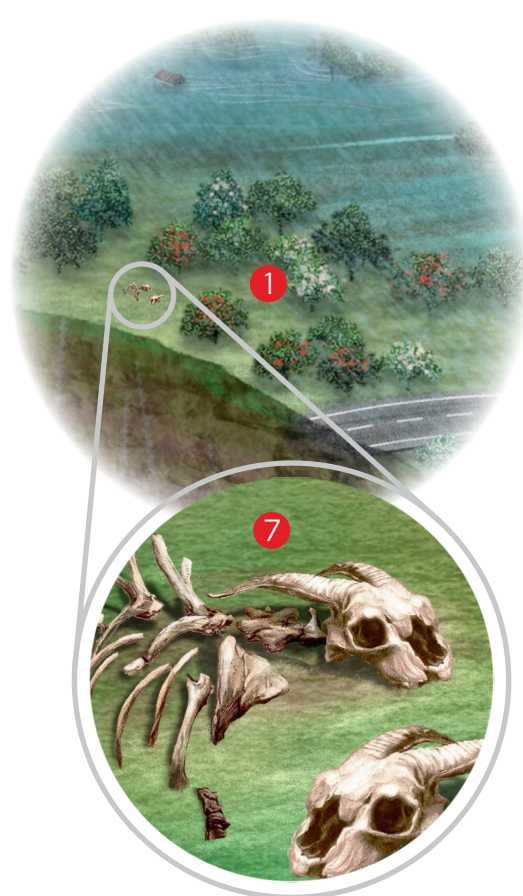
El calentamiento puede suponer una fuente adicional de estrés para los individuos que, a su vez, promueve la aparición de cambios en la genética, morfología y comportamiento de los organismos. Por ejemplo, algunas especies están evolucionando y adaptándose para tolerar temperaturas cada vez más extremas. También se detecta una tendencia a la reducción del tamaño corporal que es, en parte, consecuencia de la aceleración de los procesos fisiológicos y una maduración más temprana.

Estos cambios individuales alteran los ciclos de vida y sus efectos afectan a las poblaciones y comunidades de especies que coexisten, promoviendo cambios en la fenología y abundancia que acaban alterando la distribución de las especies. En general, se produce una redistribución que sigue los cambios en temperatura, tanto hacia los polos en el eje latitudinal, como hacia cotas más elevadas a lo largo del gradiente altitudinal.

Por ejemplo, en sistemas templados se espera que el cambio climático favorezca la expansión de especies de origen mediterráneo, que podrían llegar a desplazar a las especies típicas de latitudes templadas. A la vez, las especies templadas también colonizan regiones más septentrionales, donde están desapareciendo el permafrost y los desiertos helados. Desde el ecuador también se expanden las zonas cálidas y, en casos extremos como la mitad sur de la península Ibérica, el resultado son unas condiciones más cálidas y secas que favorecen la pérdida de la cubierta vegetal y el suelo a través del proceso de desertificación. En sistemas de montaña, se ha observado un ascenso significativo del límite altitudinal del bosque (o ecotono), lo que provoca una reducción drástica de la extensión de los ecosistemas alpinos.

La alteración de las condiciones locales también puede resultar en un clima más benigno para especies que previamente eran incapaces de colonizar una zona o de alcanzar densidades poblacionales altas. Por ejemplo, el cambio climático favorece la proliferación de plagas y el establecimiento de especies invasoras, que pueden causar graves daños sobre la fauna y la flora nativa y en actividades clave como la producción de alimentos.

Por otro lado, se han detectado cambios en la fenología de las especies. Por ejemplo, en plantas se ha documentado un adelanto del momento en que se produce la floración, lo que puede



generar desajustes en interacciones biológicas como la polinización y provocar impactos en las poblaciones y comunidades de especies e incluso la pérdida de cosechas. También se están produciendo floraciones muy tempranas o incluso dobles floraciones que agotan los recursos de las plantas. En animales, también se han observado cambios fenológicos, como adelantos de la migración o del proceso reproductivo como la puesta de huevos en las aves, reptiles e insectos.

A escala de ecosistema, el cambio climático afecta a procesos como la producción y el reciclado de nutrientes. El aumento en la concentración de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) atmosférico puede estimular un aumento en la tasa de fotosíntesis (conocido como "efecto de fertilización" por  $\text{CO}_2$ ) y, por tanto, dar lugar a una mayor producción de biomasa vegetal. Sin embargo, el cambio climático también promueve una disminución en la disponibilidad de agua que aumenta el estrés hídrico, y como consecuencia se reduce la actividad y producción de las plantas, pudiendo incluso conducir a mortalidades masivas.

Además, se producen interacciones con otros factores. Por ejemplo, las plantas se ven más expuestas y son más susceptibles a enfermedades y plagas. Los episodios de sequía también favorecen la acumulación y disponibilidad de combustible para los incendios. Aunque la mano del hombre suele estar detrás de la mayoría incendios, las altas temperaturas y condiciones de sequía hacen que sea más fácil que un incendio se propague y ocasione grandes daños. En conjunto, el cambio climático supone una grave amenaza para la biodiversidad y para servicios ecosistémicos básicos como la regulación del clima y la producción de alimentos.

## SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Los servicios ecosistémicos son un conjunto de recursos y procesos suministrados por los ecosistemas que proporcionan beneficios a las sociedades humanas. Estos servicios poseen un valor intrínseco y un valor instrumental que es necesario para, o contribuye a, incrementar nuestro bienestar. Los servicios ecosistémicos se suelen agrupar en cuatro grandes categorías: abastecimiento, regulación, culturales y soporte.

**Los servicios de abastecimiento** proporcionan materias primas o productos elaborados de manera natural, entre los que se es común citar, en el caso de los ecosistemas terrestres: alimentos, agua, productos medicinales y forestales. Por ejemplo, en la actualidad existe gran interés en la identificación de sustancias bioactivas de interés biotecnológico.

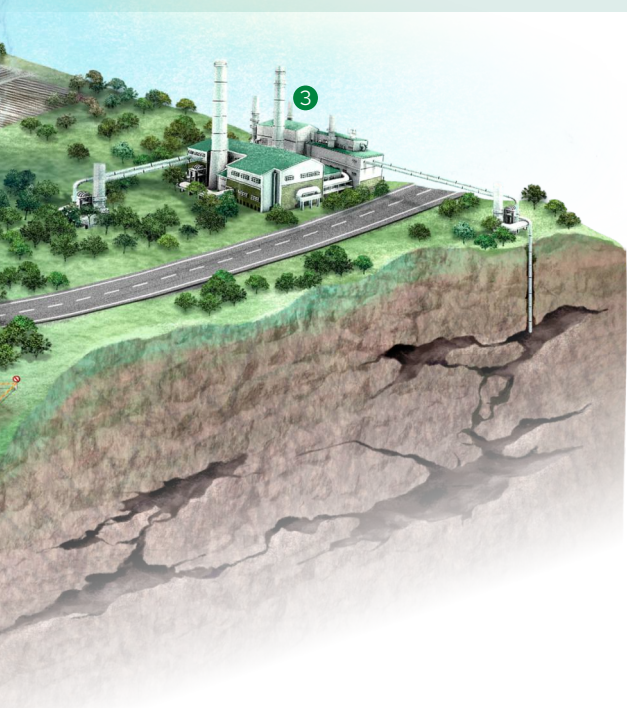
**Los servicios de regulación** incluyen una serie de procesos que contribuyen al mantenimiento de unas condiciones favorables a través del control del clima, la calidad de aire y del agua, la erosión, las plagas y los desastres naturales. Por ejemplo, la presencia de bosques implica un suelo desarrollado que reduce la erosión y la escorrentía, y contribuye a la prevención de riadas e inundaciones.



**Los servicios culturales** incluyen la contribución de los ecosistemas al aumento del conocimiento, usos recreativos y valores estéticos y espirituales, incluyendo la creación y mantenimiento de la identidad cultural y la educación ambiental de la ciudadanía. Se trata de un conjunto de servicios de gran importancia en el caso de los ecosistemas terrestres.

**Los servicios de soporte** son un conjunto de procesos clave para la provisión del resto de servicios ecosistémicos. Agrupa un conjunto diverso de procesos clave como el reciclaje natural de nutrientes y agua, la estabilización y formación del suelo, y la producción primaria. En los ecosistemas terrestres, los bosques contribuyen de manera natural a la generación y mantenimiento del suelo, constituyen un gran reservorio de carbono que, a través de la fotosíntesis, contribuye a la mitigación del cambio climático, y proporciona hábitat y refugio para otras especies.

## TECNOLOGÍAS DE EXTRACCIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO Y SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA



Un primer grupo de estrategias de mitigación del cambio climático en el medio terrestre incluye las tecnologías de extracción de dióxido de carbono, que implican un papel proactivo en la gestión de los usos del suelo o procesos industriales para estimular de manera artificial la captura de carbono atmosférico.

Una de estas tecnologías consiste en el uso de biomasa vegetal para la producción de biocarbón (o biochar). El biocarbón se obtiene al quemar en ausencia de oxígeno y a temperaturas elevadas biomasa vegetal, como los residuos de cultivos o de plantaciones forestales. La aplicación del biocarbón en tierras agrícolas permite almacenar el carbono de manera estable y a largo plazo en el suelo. También puede tener efectos positivos sobre la fertilidad de los suelos y propiciar un incremento en la producción vegetal.

Por otro lado, la bioenergía con captura y almacenamiento de carbono (BECCS, por sus siglas en inglés), es una tecnología que combina al mismo tiempo la extracción de bioenergía de la biomasa, con la captura y el almacenamiento de carbono. Para ello, parte de la energía producida en la quema de biomasa se reinvierte en almacenar carbono inyectándolo a gran profundidad bajo tierra. Es una tecnología de emisiones negativas que puede contribuir a reducir la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera (es decir, contribuir como un sumidero neto de carbono). La meteorización mejorada de rocas (o MMR) es una tecnología que se basa en la aceleración del proceso geoquímico de descomposición de rocas (por ejemplo, basalto) con el objetivo de capturar y almacenar en los suelos el carbono presente en la

atmósfera. Esta tecnología consiste en la modificación de los suelos mediante la aplicación de rocas trituradas con altos niveles de magnesio y calcio. De manera natural, estos cationes reaccionan con el dióxido de carbono en disolución y aceleran la fijación de carbono atmosférico mediante la precipitación de carbonatos. Al mismo tiempo, la adición de magnesio y calcio actúa como fertilizante y puede contribuir a mejorar la producción de cultivos.

Por otra parte, los bosques contribuyen a mitigar el cambio climático al enfriar la atmósfera y absorber el 27 % de las emisiones anuales de carbono generadas las actividades humanas, lo que representa más del 90 % del sumidero de carbono terrestre. Además, tienen el potencial de seguir amortiguando el cambio climático y fomentando el desarrollo socioeconómico mediante un conjunto de medidas de conservación, restauración y gestión comúnmente denominadas «soluciones climáticas basadas en la naturaleza». Estas soluciones conllevan cambios en los usos del suelo y en la gestión forestal para incrementar la cantidad de carbono que la vegetación extrae de la atmósfera y fija en sus tejidos y en el suelo. La protección y recuperación de los bosques, así como la implementación de prácticas de gestión para aumentar la cobertura forestal y reducir las pérdidas de carbono, representan más de la mitad del potencial máximo de mitigación estimado para las soluciones climáticas basadas en la naturaleza en sistemas terrestres. Existe una amplia gama de proyectos de mitigación basados en bosques que se agrupan principalmente en tres categorías: (i) la prevención de la deforestación y degradación de los bosques, (ii) la reforestación y (iii) la gestión mejorada de bosques naturales y plantaciones forestales.

## MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

En el medio terrestre, las medidas de adaptación al cambio climático se centran en reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia de los ecosistemas frente a los impactos derivados del aumento de la temperatura, la alteración del ciclo hidrológico o la mayor frecuencia de eventos climáticos extremos. Por ejemplo, la restauración de tierras degradadas permite la recuperación de la cubierta vegetal y la acumulación de materia orgánica del suelo, evitando así la erosión continuada y pérdida de suelo. Estos hábitats también juegan un papel clave de protección frente a extremos como riadas e inundaciones.

Otro aspecto clave consiste en evitar que continúe la degradación de hábitats naturales y promover acciones de conservación. Mediante la creación de nuevos espacios protegidos y el refuerzo de los ya existentes, se contribuye a alcanzar la plena protección de hábitats y especies. Estos espacios sirven como reservorios de biodiversidad, garantizando la supervivencia y el mantenimiento del funcionamiento de los ecosistemas en un contexto de cambio global. Por último, es importante que estos espacios formen parte de una matriz balanceada de usos del suelo para mantener su funcionalidad. En este sentido, los corredores ecológicos pueden actuar como rutas de dispersión permitiendo que se mantenga el flujo genético entre poblaciones y facilitando los cambios en la distribución de las especies en respuesta al cambio climático.

