El cambio climático en los Pirineos: impactos, vulnerabilidades y adaptación

Bases de conocimiento para la futura estrategia de adaptación al cambio climático en los Pirineos

Foto de portada: © OPCC

Aviso legal
El contenido de esta publicación no refleja necesariamente las opiniones oficiales del Observatorio Pirenaico del Cambio climático u otras instituciones de la Unión Europea. Ni el Observatorio Pirenaico del Cambio Climático ni ninguna persona que actúe en nombre del OPCC es responsable del uso que pueda hacerse de la información contenida en este informe.

Aviso de copyright

Reconocimiento-NoComercial (CC BY-NC)

Esta licencia permite a otros entremezclar, ajustar y construir a partir de su obra con fines no comerciales, y aunque en sus nuevas creaciones deban reconocerle su autoría y no puedan ser utilizadas de manera comercial, no tienen que estar bajo una licencia con los mismos términos.

Descarga el informe completo y el resumen ejecutivo en ES, FR, CAT o EN en el portal de información del Observatorio Pirenaico del Cambio Climático: https://opcc-ctp.org/

Prefacio 5

1. Antecedente y objetivos 6

2. Metodología 6

3. El clima en los Pirineos 7

La variabilidad climática en el pasado 7
El clima actual 7
Proyecciones del clima futuro 9

4. Impactos del cambio climático en los sectores biofísicos y recomendaciones 11

4.1 Biodiversidad de montaña: fauna 11
4.2 Biodiversidad de montaña: flora 13
4.3 Bosques 15
4.4 Ecosistemas sensibles de alta montaña 17
4.5 Ciclo hidrológico y recursos hídricos 19

5. Impactos del cambio climático en los sectores socioeconómicos 21

5.1 Turismo 21
5.2 Cultivos agrícolas y agropastoralismo de montaña 23
5.3 Energía 25
5.4 Riesgos naturales 27

6. Conclusiones: los 10 desafíos del cambio climático en los Pirineos 29

1. Preparar a la población para afrontar los extremos climáticos 29
2. Aumentar la seguridad frente a los riesgos naturales 29
3. Acompañar a los actores del territorio frente a la escasez hídrica y las sequías 29
4. Garantizar la calidad de las aguas superficiales y subterráneas 29
5. Mantener el atractivo turístico de los Pirineos 30
6. Hacer frente a los cambios en la productividad y calidad de los cultivos y aprovechar las oportunidades emergentes 30
7. Prever cambios del paisaje irreversibles 30
8. Considerar la posible pérdida de biodiversidad y los cambios en los ecosistema 30
9. Adaptarse a los desequilibrios entre oferta y demanda energética 30
10. Hacer frente a la mayor difusión de enfermedades, plagas y especies invasoras 31

Informe sobre el cambio climático en los Pirineos

Desde su lanzamiento en 2010 bajo la presidencia de Midi-Pyrénées, el Observatorio Pirenaico del Cambio Climático de la Comunidad de Trabajo de los Pirineos (CTP) ha trabajado analizando la vulnerabilidad al cambio climático de las distintas poblaciones, sectores sociales, económicos y naturales del espacio pirenaico transfronterizo, a través del desarrollo de metodologías adecuadas para ello y bajo el prisma de la cooperación. Durante 2018 y siguiendo la línea de trabajo del Observatorio, la CTP ha elaborado un informe en el que se actualiza el conocimiento sobre las repercusiones del cambio climático en el territorio pirenaico transfronterizo. Este informe recoge las bases científicas sobre los impactos del cambio climático y su repercusión en el territorio, así como un compendio de recomendaciones sectoriales de adaptación formuladas en consecuencia. Estas bases de conocimiento son indispensables para orientar las políticas en materia de adaptación al cambio climático de manera más eficaz, para aprovechar las oportunidades emergentes y maximizar las sinergias positivas con otras políticas sectoriales. Su valor añadido reside sin lugar a duda en el espíritu de cooperación que ha marcado tanto su concepción como su redacción. En él han participado alrededor de 100 científicos y expertos de referencia provenientes de ambas vertientes de los Pirineos. Han colaborado en su redacción así como en los varios procesos de revisión que otorgan a este documento un amplio consenso científico. Es necesario subrayar que sin la larga trayectoria de cooperación, trabajo en red y proyección internacional con organismos como la Convención de los Alpes, la Convención de los Cárpatos o la Agencia Europea de Medio Ambiente, sería imposible crear documentos de referencia como el presente informe. La visión de este informe es la propia del Observatorio, que concibe los Pirineos como una única "bioregión" que no entiende de límites administrativos y cuyos sistemas socioeconómicos y biofísicos presentan una especial vulnerabilidad al cambio climático. Las evidencias científicas recogidas en este informe ponen de manifiesto, lo mismo que otros estudios ya han demostrado en otros territorios: las zonas de montaña están experimentando aumentos de temperatura superiores a las zonas llanas y por lo tanto los impactos del cambio climático son más intensos. En concreto para los Pirineos ya se están observando impactos en todos los sectores naturales y socioeconómicos como la desaparición acelerada de ecosistemas sensibles y elementos iconográficos como los glaciares; la alteración del ciclo de vida de muchas especies, entre ellas algunas endémicas; la incidencia del cambio climático en los riesgos naturales, en las actividades ligadas al turismo, en la agricultura o los cambios observados en el ciclo hidrológico. El cambio climático se posiciona como un factor de estrés añadido que agrava los problemas ya conocidas en el territorio pirenaico como la despoblación, los cambio de usos del suelo o la falta de relevo generacional en el sector primario.Desde la CTP se entiende la lucha contra el cambio climático y la adaptación a sus impactos como instrumentos transversales que ofrecen multitud de oportunidades para abordar los desafíos de los Pirineos que son a la vez desafíos globales De esta manera, la CTP, desde la acción local, contribuye a la consecución del Objetivo 13, Acción por el Clima, de la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas.

D. Francisco Javier Lambán Montañés
Presidente de la CTP

1. Antecedentes y objetivos

El Observatorio Pirenaico del Cambio Climático (OPCC) es la iniciativa de cooperación transfronteriza de la Comunidad de Trabajo de los Pirineos (CTP) en materia de cambio climático. El Observatorio tiene como finalidad comprender mejor el fenómeno del cambio climático y realizar el seguimiento de sus impactos en el territorio, en conexión con el cambio global. Con este objetivo, el Observatorio coordina estudios y elabora informes de carácter científico-técnico a partir de los cuales poder reflexionar para identificar las acciones de adaptación más pertinentes. En algunos casos se trata de acciones para limitar los impactos negativos del cambio climático y en otros casos para aprovechar las oportunidades emergentes.

Tal y como reconoce la Estrategia europea de adaptación al cambio climático de la Comisión Europea (2013), resulta imprescindible contar con una base científica sólida para diseñar e implementar las medidas de adaptación más adecuadas. Por eso, desde su lanzamiento en 2010, el OPCC ha elaborado diferentes informes y estudios en materia de adaptación al cambio climático en los Pirineos. Sin embargo, cada día la comunidad científica revela nuevas evidencias, afina metodologías de estudio que ofrecen nueva información relevante y que es necesario incorporar a las bases del conocimiento para facilitar la toma de decisiones en materia de adaptación.

En el contexto del proyecto OPCC2 se ha elaborado esta nueva publicación, que pretende aportar un valor añadido respecto a informes precedentes. En esta ocasión se han centrado los esfuerzos en asegurar la participación de gran parte de la comunidad científica que trabaja en los Pirineos.

Los objetivos de este informe son:

- Actualizar las bases del conocimiento científico en materia de impactos y vulnerabilidad del territorio de los Pirineos frente al cambio climático, en los principales sectores biofísicos y socioeconómicos.

- Consensuar, desde el punto de vista científico, los principales desafíos de los Pirineos frente al cambio climático.

- Proponer recomendaciones sectoriales para la adaptación al cambio climático en un contexto de cambio global.

El informe aspira a ser un documento de referencia para la comunidad científica, responsables de decisiones técnicas y políticas, el sector empresarial y en general para toda la sociedad tanto de los Pirineos como de fuera. Para una información más detallada véase el informe completo.

2. Metodología

El "informe sobre cambio climático en los Pirineos: impactos, vulnerabilidades y adaptación" se ha redactado de manera colaborativa, implicando a más de 80 personas expertas en materia de cambio climático. Se divide en 3 capítulos que abordan:

- La variabilidad climática pasada, actual y proyectada en los Pirineos.

- Los impactos observados y previstos en sectores biofísicos.

- Los impactos observados y previstos en sectores socioeconómicos.

La coordinación del informe la ha llevado a cabo la Comunidad de Trabajo de los Pirineos como jefe de fila del proyecto OPCC2. Los socios del proyecto OPCC2 han coordinado y redactado parte de los capítulos temáticos. Los contenidos se han redactado a partir de un análisis bibliográfico exhaustivo de la literatura científica más reciente sobre la materia. Los capítulos han sido complementados con aportaciones y revisiones de personas expertas externas al OPCC2, que han contribuido de manera voluntaria al proceso de revisiones sucesivas al que se ha sometido el informe.

El informe también se ha complementado a través de las comunicaciones científicas seleccionadas en el 2o Coloquio internacional sobre cambio climático en zonas de montaña, PYRADAPT 2017, organizado por el proyecto OPCC2 y que se desarrolló el 7 y 8 de noviembre de 2017 en Biarritz.

3. El clima en los Pirineos

La variabilidad climática en el pasado

Para entender el cambio climático actual y ponerlo en un contexto global es imprescindible conocer la evolución del clima en el pasado. Las interacciones entre la atmósfera, la hidrosfera y la criosfera operan a escalas temporales mayores que las de las mediciones instrumentales. Gracias al estudio de depósitos glaciales, fluviales y lacustres entre otros, se ha podido extender la escala de observaciones y, de esta manera, reconstruir los principales cambios climáticos en los Pirineos en el pasado.

Durante el Cuaternario (últimos 2,6 millones de años), la sucesión de períodos glaciales e interglaciales han modelado el paisaje de los Pirineos y han determinado la evolución de sus ecosistemas y, recientemente, de las comunidades humanas. Aunque la sucesión de estos períodos fríos y cálidos es sincrónica a escala planetaria, la máxima extensión de los glaciares pirenaicos sucedió hace 60.000 años y no hace 20.000 como en el resto de Europa, con ligeras variaciones entre valles. Esta peculiaridad se debe a la posición meridional de los glaciares pirenaicos y a la interacción entre los procesos atmosféricos y oceánicos del Atlántico Norte y los subtropicales.

Durante la última deglaciación, los cambios en la temperatura media fueron de hasta 6º C, con períodos de cambio climático rápido de más de 1º C en unas pocas décadas. Durante el Holoceno (últimos 11.700 años) los cambios en la temperatura fueron menores, pero se registraron numerosas fases húmedas/secas. En el último milenio, se produjo una fase particularmente seca y cálida (Anomalía Climática Medieval, 900 -1.300 CE) que se podría considerar como el período con más similitudes al actual en cuanto a cambio climático. A este período le siguió la Pequeña Edad de Hielo, última fase fría (1.300 - 1.850 CE) antes del calentamiento global en el que vivimos. La variabilidad climática durante los últimos 2.000 años está controlada principalmente por las interacciones entre los procesos atmosféricos (NAO, Oscilación del Atlántico Norte y EA, Atlántico Este, Oscilación del Atlántico Oriental y SCAN, Oscilación de Escandinavia), los cambios en las corrientes oceánicas, la insolación y el vulcanismo. Estas interacciones pueden explicar además los gradientes regionales y temporales de humedad y temperatura.

La tasa de aumento de temperatura durante el calentamiento global del siglo XX es superior a la de las transiciones glacial/interglacial y a los cambios vividos durante el Holoceno. Dicho de otra manera, la Tierra nunca ha experimentado cambios climáticos tan rápidos como los de ahora.

El clima actual

Entre 1959 y 2010 la temperatura media en los Pirineos ha experimentado un claro aumento, aunque el calentamiento no ha sido ni constante ni regular. Hasta 1980 han predominando las anomalías negativas, con una tendencia al descenso de las temperaturas. A partir de los años 80 se invirtió esta tendencia, con anomalías positivas sistemáticamente ascendentes hasta la actualidad. La tendencia del indicador climático de la temperatura media anual para el conjunto del período analizado es positiva y estadísticamente significativa, siendo su valor del orden de 0.2° C por década (figura 1). Este aumento de la temperatura durante los últimos 50 años (1959-2010) ha sido general en toda la cordillera pirenaica, con pocas diferencias entre la vertiente norte y la vertiente sur, y más marcado durante la estación estival (junio, julio y agosto).

De toda la serie, el año más cálido fue 1997, con una temperatura media superior en 1.5° C al valor promedio del período 1961-1990, seguido de los años 2003 y 2006. Por el contrario, 1972 fue el más frío, con 0.8° C por debajo de la media de referencia, seguido de los años 1963 y 1980.

Por lo que respecta las precipitaciones, se observa un predominio hacia el descenso de los volúmenes anuales debido sobre todo al descenso durante las estaciones de invierno y verano. El indicador climático para la precipitación muestra una tendencia a la disminución de las precipitaciones del orden del 2,5% por década en los últimos 50 años (según datos de 1959-2010).

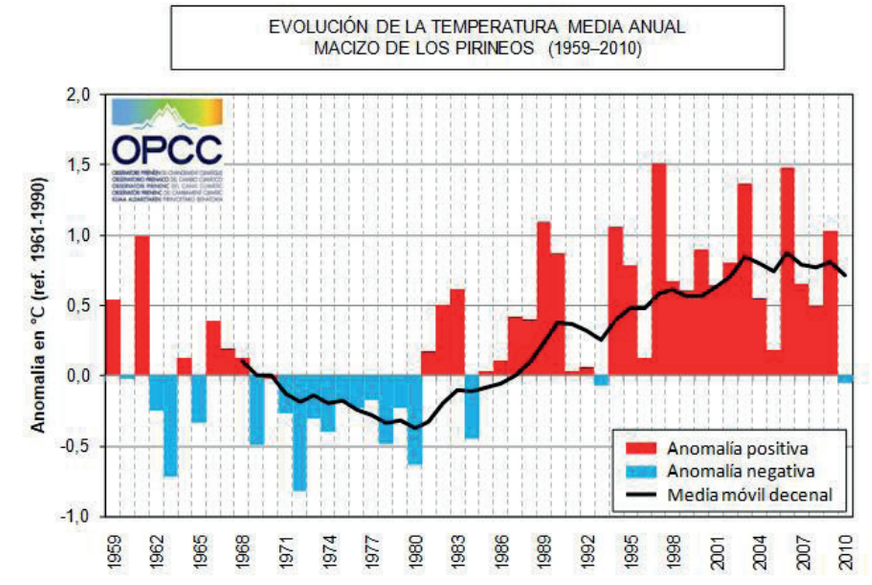


Figura 1. Evolución de la temperatura media anual en el conjunto de los Pirineos durante el período 1959-2010. Se muestra la anomalía anual respecto al valor medio del período de referencia 1961-1990 (en rojo, positiva; en azul, negativa) y la evolución de la media móvil para un período de 10 años (línea negra). Fuente: Proyecto OPCC1

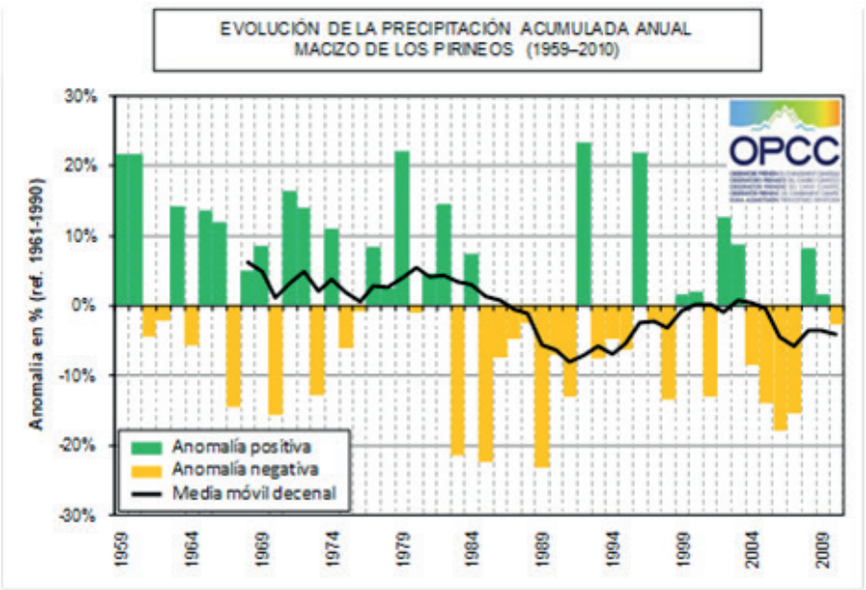


Figura 2. Evolución de la precipitación anual en el conjunto de los Pirineos durante el período 1959-2010. Se muestra la anomalía anual respecto al valor medio del período de referencia 1961-1990 (en verde si es positiva, en amarillo si es negativa) y la evolución de la media móvil para un período de 10 años (línea negra). Fuente: Proyecto OPCC1

El valor de esta tendencia presenta una gran variabilidad de año en año, e incluso entre décadas. En general, durante las últimas décadas han predominado los años secos, con cantidades anuales de precipitación bastante inferiores a la media del período de referencia, pero con intermitencia de algunos años muy lluviosos, con precipitaciones en cambio, por encima de la media del período. En cuanto a las diferencias territoriales, la disminución de la precipitación anual ha sido mayor en la vertiente sur que en la vertiente norte, aunque los contrastes no son importantes. Aunque la tendencia a la disminución de las precipitaciones no presenta un comportamiento estacional claro ni significativo a nivel estadístico, resulta en cambio ligeramente más marcada en invierno y verano.

El análisis de la evolución del manto de nieve durante el último medio siglo presenta complicaciones, dado que no existe una serie temporal de datos históricos suficientemente continua y robusta. Esto se debe a que la instalación y mantenimiento instrumental para realizar las mediciones necesarias se complica a medida que se asciende en altura. No obstante, y a partir de las serie de datos provenientes de la red de balizas de la vertiente sur, se ha identificado un descenso estadísticamente significativo del manto de nieve en este sector desde 1950 hasta nuestros días (Figura 3).

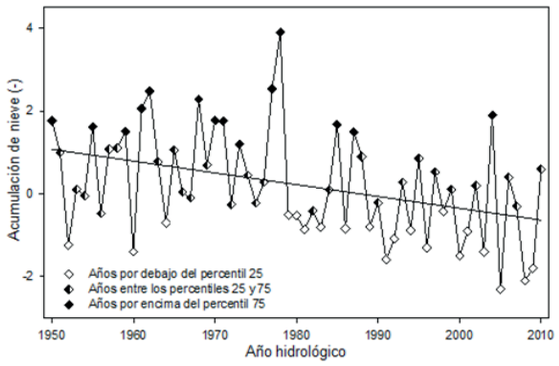


Figura 3. Evolución del manto de nieve (en metros) en el mes de abril, entre 1959 y 2010, simulado a partir de la relación entre temperatura y precipitación invernal y la acumulación de nieve en una baliza del Canal de Izas, Valle de Aragón. Fuente: Proyecto OPCC1

Proyecciones del clima futuro

A pesar de las incertidumbres relacionadas con los escenarios socioeconómicos futuros y las limitaciones de los modelos numéricos empleados para obtener las proyecciones del clima, los principales modelos climáticos coinciden en una intensificación del calentamiento global en las próximas décadas y de manera especial en las zonas de montaña. Esto podría suponer una intensificación de la variabilidad climática y de las tendencias hasta ahora identificadas en la evolución de las principales variables climáticas. Si estas proyecciones se confirman, podrían inducir importantes efectos en las características climáticas, hidrológicas, ambientales y paisajísticas de la bioregión pirenaica.

De los resultados preliminares de las proyecciones climáticas realizadas en el contexto del proyecto CLIMPY (a partir de los datos un conjunto de modelos climáticos globales y combinaciones de modelos climáticos regionales) y considerando los cuatro escenarios de emisiones globales (RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0, RCP8.5; RCP de sus siglas en inglés *"Representative Concentration Pathways"*, siendo el RCP2.6 el escenario más optimista y el RCP8.5 el más pesimista) se ha llevado a cabo una primera aproximación probabilística de predicción de clima futuro que se resume a continuación:

- Según las proyecciones realizada, a lo largo del siglo XXI se espera un aumento significativo de las temperaturas máximas y mínimas diarias, bajo los tres escenarios emisivos analizados (RCP4.5, RCP6.0 y RCP8.5) (figura 4), en todas las estaciones del año y en toda la zona pirenaica. Este aumento sería más rápido para las proyecciones asociadas al RCP8.5, en relación a su escenario emisivo más intenso. Cabe mencionar que las incertidumbres asociadas a los escenarios RCP y a los modelos climáticos globales van aumentando a lo largo del siglo.

- Para el horizonte 2030, el aumento del valor medio anual de las temperaturas máximas respecto al período de referencia (1961-1990) podría estar, en promedio y para toda la zona pirenaica, entre 1º C y 2.7º C para la RCP8.5. Aumentos parecidos o ligeramente más bajos se obtienen para las temperaturas mínimas (entre 0.9º C y 2.2º C para la RCP8.5).

- Para el horizonte 2050, el calentamiento sería algo mayor. Para la temperatura máxima, las horquillas irían de 2.0º C a 4.0º C y de 1.4º C a 3.3º C para las RCP8.5 y 4.5 respectivamente, mientras que para la temperatura mínima serían de 1.7º C a 3.3º C y de 1.2º C a 2.8º C.

● Para finales de siglo, los rangos de valores se amplían todavía más, así como la magnitud de los cambios. También la separación entre las evoluciones asociadas a las RCP es más clara. Para la temperatura máxima y para la RCP8.5, en promedio, el aumento anual estaría entre 4.3º C y 7.1º C, mientras que para la RCP4.5, oscilaría entre 1.9º C y 4.2º C. Para la temperatura mínima, los intervalos correspondientes se situarían entre 3.6º C y 6.0 º C, en el primer caso, y 1.6º C y 3.5º C en el segundo.

● En cuanto a la evolución futura de las precipitaciones, no se han obtenido cambios significativos a lo largo del siglo XXI, apreciándose poca influencia de éstos sobre su evolución, al menos respecto a los valores medios (figura 5). El número de modelos que indican aumentos en las precipitaciones medias es similar al número de modelos que apuntan a un descenso de las mismas. Las incertidumbres aumentan a medida que nos acercamos a finales de siglo, sobre todo en el caso de la RCP 8.5.

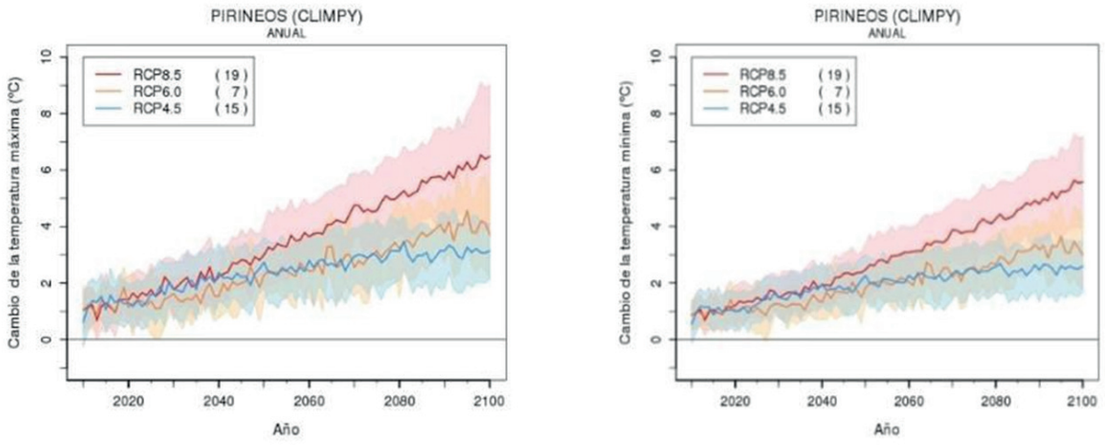
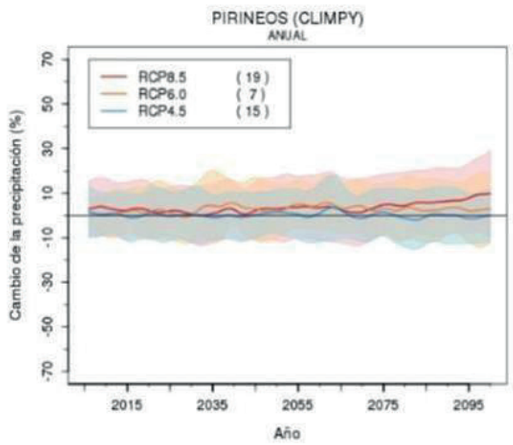


Figura 4. Evolución de la anomalía media anual de la temperatura máxima (izquierda) y temperatura mínima (derecha) empleando distintos escenarios RCP. Los números entre paréntesis indican la cantidad de simulaciones climáticas consideradas para cada RCP. Fuente: Proyecto CLIMPY.



Los primeros resultados del proyecto CLIMPY respecto a la evolución del espesor medio de la nieve en los Pirineos apuntan a un descenso significativo del espesor de nieve a pesar de la fuerte variabilidad interanual. Así, en el Pirineo Central y a de 1.800 m de altura, el espesor medio de la nieve podría disminuir a la mitad en el año 2050 según la referencia actual, mientras que el período de permanencia de la nieve en el suelo podría reducirse en más de un mes.

Figura 5. Evolución de la anomalía media de las precipitaciones para diferentes proyecciones RCP. Los números entre paréntesis indican la cantidad de simulaciones climáticas consideradas para cada RCP. Fuente: Proyecto CLIMPY

4. Impactos del cambio climático en los sectores biofísicos y recomendaciones

4.1 Biodiversidad de montaña: fauna

Marmota de los Pirineos en la estación de esquí de Panticosa. Fuente: Etienne Valois

El calentamiento global podría inducir cambios en la productividad y abundancia de las especies de alta montaña.

Los cambios en la temperatura y los eventos climáticos extremos influyen en las especies de montaña más sensibles. Mientras que algunas especies son capaces de adaptarse, otras pueden sufrir alteraciones en su estado de salud con efectos negativos en su productividad, y como consecuencia, también en su abundancia.

- Algunas especies de aves de alta cota como la perdiz nival están viendo alterado su estado fisiológico y abundancia a causa del cambio climático.

- Los anfibios se encuentran entre los grupos de vertebrados más vulnerables al cambio climático. Se han constatado descensos poblacionales considerables en las poblaciones del tritón pirenaico coincidiendo con los años de mayor ocurrencia de eventos climáticos extremos como avenidas y sequías.

El cambio climático podría provocar alteraciones en el ciclo de vida de las distintas especies y en las interacciones entre ellas.

Eventos importantes en la vida de los animales como la reproducción, la puesta, la migración y el letargo están modificando su calendario a causa del aumento de las temperaturas.

- Las aves migratorias han adelantado su fecha de llegada una media de 0,16 días al año desde 1959.

- Algunos cambios en el ciclo de vida de las aves parecen estar relacionados con las olas de calor, sequías y precipitaciones intensas.

- En las últimas décadas se han registrado adelantos en la fecha de los primeros avistamientos de muchas especies de mariposas, y el aumento de las temperaturas parece ser la razón principal.

A menudo la fauna responde al calentamiento global modificando su distribución.

Muchas especies responden al cambio climático desplazándose hacia zonas más altas en busca de las condiciones climáticas adecuadas para su desarrollo. Estos desplazamientos pueden ser muy negativos en las especies que se encuentran en los márgenes de su área de distribución actual, como es el caso de muchas especies de montaña.

- Se ha estimado que en los últimos años las especies europeas se han desplazado una media de 11 m por década hacia altitudes superiores a causa del calentamiento global.

- Los desplazamientos ascendentes están limitados por el propio límite físico de las montañas, pero además se ven a menudo limitados por la fragmentación del hábitat y los cambios en los usos del suelo.

- Algunas especies podrían quedar progresivamente aisladas en las pequeñas áreas restantes de hábitat adecuado, aumentando así su vulnerabilidad e incluso su riesgo de extinción, debido a la escasez de alimentos y a la cada vez menor variabilidad genética de sus poblaciones.

El efecto combinado de los impactos del cambio climático puede incidir negativamente en el funcionamiento de los ecosistemas.

A menudo las especies de montaña responden de manera muy diferente a la acción combinada de los impactos del cambio climático. Esto puede provocar la pérdida de sincronía entre algunas especies que dependen las unas de las otras, como las plantas y los insectos polinizadores, o los depredadores y sus presas. Si estas interacciones clave entre especies se ven modificadas, pueden provocar alteraciones importantes en algunos procesos fundamentales para la salud de los ecosistemas de montaña.

- El cambio climático podría estar teniendo efectos negativos en la capacidad de los insectos polinizadores para polinizar las plantas, con graves repercusiones en los ecosistemas.

- El efecto de la desincronización está afectando a aves migratorias, como el cuco, y a muchas especies de insectos como las mariposas.

El cambio climático podría incrementar el riesgo de expansión de algunas especies exóticas y de otras nocivas ya presentes.

El cambio climático podría incrementar el riesgo de invasiones y de establecimiento de especies exóticas en los Pirineos, facilitando su transporte y posterior asentamiento gracias al establecimiento de condiciones climáticas favorables. Por otro lado, algunas especies plaga pueden verse favorecidas gracias a los inviernos más suaves.

- Las especies exóticas se adaptan mejor a las rápidas variaciones climáticas en comparación con la mayoría de las especies nativas.

- El desplazamiento de las especies nativas hacia cotas más altas a causa del cambio climático, a menudo disminuye la competencia, proporcionando ventajas para las especies recién llegadas.

- Algunas especies plaga como la procesionaria del pino ya están proliferando más y están llegando hasta mayor altura a causa del cambio climático.

El movimiento de animales y plantas en busca de condiciones climáticas adecuadas podría influir en la conectividad de los espacios naturales pirenaicos.

Es probable que algunas áreas protegidas, que hasta ahora se encontraban interconectadas a través de corredores naturales o artificiales, resulten aisladas para ciertas especies que no toleren las nuevas condiciones climáticas de los corredores.

- Los efectos del cambio climático sobre la interconectividad podrían ser especialmente notables en espacios protegidos con presencia de especies endémicas con poca capacidad de dispersión o muy especializadas.

- El desplazamiento de animales y plantas en busca de sus condiciones climáticas idóneas, puede hacer que se desplacen hacia zonas ubicadas fuera de las áreas actualmente demarcadas como protegidas, aumentando su vulnerabilidad frente a muchas amenazas.

RECOMENDACIONES:

- Promover nuevas redes de observación de la biodiversidad de alta montaña e incentivar su dinamización, así como asegurar el mantenimiento a medio y largo plazo de las redes de observación ya existentes.

- Promover la integración de las consideraciones sobre la adaptación al cambio climático en los actuales planes, programas y otras herramientas de planificación y protección de la biodiversidad en los Pirineos.

- Limitar la fragmentación de los hábitats y garantizar, en la medida de lo posible, la conectividad ecológica progresiva de las áreas protegidas de los Pirineos.

- Impulsar estudios que combinen los factores climáticos y los riesgos antrópicos.

- Promover la colaboración e intercambio de información entre los organismos competentes en todos los sectores involucrados.

4.2 Biodiversidad de montaña: flora

Androsace ciliata DC., planta endémica de los Pireneos. Fuente: CBNPMP/C. Bergès

El calentamiento global altera el crecimiento y provoca cambios en la productividad de muchas especies de flora.

Los cambios en los diferentes parámetros climáticos y el aumento de la concentración atmosférica de CO_2, influyen en la fotosíntesis y tiene efectos sobre el crecimiento y desarrollo de la vegetación.

- La respuesta de las plantas de montaña a las condiciones extremas puede llevarlas a situaciones críticas si estas condiciones se acentúan a causa del cambio climático y además llegan nuevas especies más competitivas.

- Paradójicamente, la menor cobertura de nieve provocada por el cambio climático reduce su efecto aislante durante el invierno, aumentando la vulnerabilidad de la flora de las cumbres frente a las temperaturas extremas.

El cambio climático provoca cambios en el ciclo de vida de muchas especies de flora de alta montaña.

El cambio climático está provocando cambios en las distintas etapas de la vida de las plantas, como el adelanto de la aparición de los primeros brotes en primavera o la mayor duración del período de crecimiento.

La acción combinada del cambio climático y la actividad humana es capaz de alterar la distribución, composición florística y diversidad de la vegetación de alta montaña.

Según estudios realizados en otras montañas, el efecto combinado del cambio climático y la acción del hombre está provocando cambios en la distribución de las distintas especies, alterando la composición característica de las comunidades de montaña, disminuyendo su diversidad y favoreciendo la aceleración del proceso de termofilización.

- Se ha detectado una tendencia general hacia un aumento del número de especies con necesidad de calor, en detrimento del número de especies con necesidad de condiciones más frías (fenómeno denominado termofilización).

- En las zonas más elevadas, habitadas por especies especialistas y adaptadas al frío, los cambios de distribución podrían llevar a su extinción local a causa de la desaparición progresiva de las condiciones adecuadas para su desarrollo.

La suma de los factores climáticos y antrópicos podría desencadenar cambios en la flora pirenaica, hasta el punto de poner en peligro su capacidad de proporcionar importantes bienes y servicios.

La alteración de la composición, ciclo de vida y distribución de la flora, en combinación con los cambios de usos del suelo y otros factores de estrés de origen humano, pueden generar alteraciones en los ecosistemas que pongan en riesgo servicios ecosistémicos clave como la preservación de especies y ecosistemas sensibles, el mantenimiento de la continuidad ecológica, los valores educativos y científicos de la flora típica de montaña o el atractivo turístico del territorio.

RECOMENDACIONES:

- Reconsiderar los objetivos de gestión en consideración a los nuevos desafíos climáticos, pero con la dificultad de la falta de certeza respecto a los escenarios (precipitación en particular), desde una perspectiva pan-pirenaica.

- Reducir a escala local las presiones de origen humano que puedan limitar la capacidad de la biodiversidad a adaptarse al cambio climático y global (fragmentación de la ecosistemas, introducción de especies, contaminación genética...).

- Reconocer y mejorar las funciones de los espacios protegidos pirenaicos y la continuidad entre ellos.

- Preservar las zonas identificadas como "refugios" con especial atención a aquellas zonas donde se desarrollen poblaciones de especies raras o amenazadas, así como las zonas menos susceptibles de verse afectadas por el cambio climático.

4.3 Bosques

Bosque pirenaico. Fuente: Forespir

El calentamiento global y los cambios en los usos del suelo están modificando la diversidad y la distribución de muchas comunidades vegetales y especies forestales en los Pirineos.

La combinación del cambio climático y del abandono progresivo de las actividades agropastorales en montaña está alterando la composición y estructura de los bosques pirenaicos. Sin embargo, existe una fuerte variabilidad espacial y temporal en estos procesos y los cambios no siempre siguen patrones bien definidos.

- En los últimos 50 años en la vertiente sur de los Pirineos se ha observado un desplazamiento en altura del límite del bosque de 35 metros, es decir, algo más de medio metro por año.

- El abandono de los pastos de alta montaña en combinación con el calentamiento global está provocando que la cobertura arbolada recolonice las zonas de pasto abandonadas.

El cambio climático puede tener efectos en la productividad de los bosques y en su capacidad para fijar el CO_2 atmosférico a través de la fotosíntesis.

El aumento de las temperaturas medias y de la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera tiene un efecto fertilizante en los árboles.

En las zonas de los Pirineos donde la disponibilidad de agua sea suficiente, la productividad de los bosques podría aumentar como consecuencia del cambio climático. Sin embargo, es probable que el mayor número de olas de calor y sequías previstas para las próximas décadas limite la disponibilidad de agua en el suelo, reduciendo tanto la productividad como el estado de salud de muchos bosques pirenaicos. El aumento de los fenómenos extremos (tormentas, incendios) y la mayor prevalencia de plagas podrían

influir negativamente en la capacidad de los bosques para actuar como sumidero de carbono.

- Si el estado de salud de los bosques empeora, su crecimiento se reduce y como consecuencia también su capacidad para secuestrar CO_2 atmosférico y contribuir a la mitigación del cambio climático.

- La gestión forestal y el sector maderero juegan un papel fundamental en la atenuación de los efectos del cambio climático, puesto que ayudan a mejorar el estado de salud de los bosques aumentando así su resiliencia al cambio climático.

Alteración de las condiciones de salud de los bosques y posible desequilibrio con las comunidades de agentes patógenos.

Los eventos climáticos extremos como las sequías, lluvias extremas y olas de calor influyen en el estado de salud de los bosques. Además hay que sumar el efecto de los agentes patógenos sobre estas masas forestales, teniendo en cuenta que están llegando y se prevé que lleguen nuevas plagas de especies exóticas.

- En los últimos 20 años se ha detectado un aumento de la pérdida de hojas y mortalidad de las ramas en la parte superior de las copas de los árboles de los Pirineos.

- También se ha observado una mayor incidencia de plagas en los bosques coincidiendo con los años en los que las sequías, olas de calor y precipitaciones extremas han sido más persistentes.

- Con la llegada de plagas exóticas se prevé que puedan aparecer nuevas enfermedades con efectos potencialmente negativos en la salud de los bosques pirenaicos.

El cambio climático podría influir sobre la capacidad de los bosques para protegernos de algunos riegos naturales típicos de las zonas de montaña.

En las zonas montañosas los bosques desempeñan un papel fundamental, dado que a menudo favorecen la protección de la población e infraestructuras frente a los riesgos naturales, como avenidas, desprendimientos o avalanchas. Este papel podría verse afectado por los efectos del cambio climático en las masas forestales.

- Los cambios en la composición y estructura de los bosques inducidos por el cambio climático influyen en la capacidad de estos para reducir el impacto de algunos riesgos naturales.

- Las sequías y olas de calor, junto a la expansión de algunas plagas forestales, pueden influir en el estado de salud de los bosques, reduciendo su capacidad para protegernos frente a los riesgos naturales acentuados por el cambio climático.

El cambio climático podría incrementar el número e intensidad de los incendios forestales en los Pirineos.

El incremento de la temperatura y sobre todo la mayor duración e intensidad de las sequías podrían derivar en un aumento del riesgo de que ocurran grandes incendios en los Pirineos.

- El mayor número de años con alta frecuencia de olas de calor y sequías podría aumentar la frecuencia de años con alto riesgo de incendios, sobre todo en verano y otoño.

- Dada la mayor cantidad de combustible disponible en los bosques (más madera seca), los incendios podrían ser más intensos

RECOMENDACIONES:

- Mejorar los conocimientos a escala pirenaica de los efectos e impactos del cambio climático en los bosques (en particular los más vulnerables a medio y corto plazo) y los procesos de adaptación (naturales o antrópicos).

- Mantener y desarrollar actividades agrícolas, pastorales y silvícolas en las zonas de montaña para garantizar una gestión sostenible de estos medios, en virtud de sus múltiples efectos positivos: disminución del volumen y de la continuidad de los combustibles, mosaico de hábitats más resilientes en su conjunto, limitación de riesgos e incremento de la resiliencia de los bosques en caso de accidentes sanitarios o climáticos.

- Favorecer la transmisión de conocimientos y avances técnicos hacia los actores y públicos no especialistas.

4.4 Ecosistemas sensibles de alta montaña

Ibón de Acherito. Fuente: Jon Larrañaga

Los impactos previstos en los lagos y turberas de los Pirineos debidos a la variabilidad climática se superponen a los causados por las actividades antrópicas (deposición de metales pesados, introducción de peces, aumento del aporte de nutrientes y sedimentos, usos hidroeléctricos y pastoreo)

Las sequías y el cambio en el régimen de las precipitaciones podrían provocar alteraciones en el ciclo hidrológico, modificando la cantidad de agua disponible en los lagos de alta montaña.

La mayor frecuencia e intensidad de las sequías junto al cambio en la distribución de las precipitaciones, podría disminuir considerablemente la disponibilidad de agua en los ibones durante algunas estaciones del año (especialmente durante el verano y otoño)

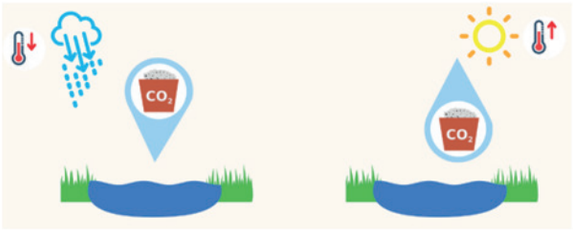
Los cambios en el régimen hidrológico junto al aumento de las temperaturas pueden modificar las condiciones físicas y químicas de los lagos, con consecuencias negativas en las comunidades vegetales y animales.

El aumento de las temperaturas provoca el calentamiento directo del agua de los lagos y reduce la duración de la cubierta de hielo y el manto de nieve que los rodea.

- Es esperable que los lagos profundos respondan más lentamente a los cambios físicos, químicos y biológicos dado su mayor tamaño e inercia térmica (se calientan y enfrían más despacio que los lagos menos profundos).

- El aumento de las temperaturas puede afectar al régimen térmico y dinámica de los lagos, además de alterar la composición química de las aguas (aumento de la alcalinidad) y de la concentración de nutrientes e incidir en la abundancia de determinadas comunidades de flora y fauna típicas de estos ambientes, a menudo únicas.)

Los efectos del cambio climático podrían acelerar el proceso de degradación de las turberas pirenaicas, así como reducir su superficie inundada.



El aumento de la variabilidad de las precipitaciones en alta montaña podría incrementar la frecuencia e intensidad de las sequías e inundaciones, con posibles cambios en las áreas inundadas de las turberas.

- Un aumento en las lluvias torrenciales podría incidir en un aumento de la tasa de erosión de las turberas, que además podría verse amplificado por el drenaje de las mismas y el efecto del sobrepastoreo localizado en áreas colindantes a los ibones.

El cambio climático podría invertir el rol actual de las turberas como sumideros de carbono, convirtiéndolas en emisoras de CO_2 en lugar de captadoras.

El aumento de las temperaturas y la reducción de su superficie inundada podría acelerar el proceso de descomposición de la turba, incrementando como consecuencia las emisiones de CH_4 y CO_2, principales gases responsables del calentamiento global.

- Esto supondría que en lugar de ser ecosistemas "sumideros" de CO_2 como en la actualidad podrían revertir este importante servicio ecosistémico y convertirse en "emisores" de CO_2.

RECOMENDACIONES:

- Es importante seguir analizando las tendencias recientes y los cambios futuros en los lagos y turberas de alta montaña desde un punto de vista que incluya tanto los factores climáticos como los antrópicos, a escala global (deposición de nutrientes, contaminación) como local (efectos del turismo específico de cada zona).

- Establecer y mantener redes de observación y monitorización detallada de estos ecosistemas y promover en su seno proyectos integrados con la participación de todos los agentes del territorio.

- Potenciar un turismo ecológico con el mínimo impacto en espacios protegidos y la máxima integración de la ciudadanía en su conservación.

- Ofrecer incentivos para la adecuación de las empresas de turismo de montaña a los objetivos de conservación sostenible y manejo de estos ecosistemas.

4.5 Ciclo hidrológico y recursos hídricos

Embalse de Bubal. Fuente: Etienne Valois

El cambio climático podría provocar cambios en los ríos y lagos de los Pirineos, y especialmente en las aportaciones anuales de los ríos.

El cambio climático ha generado cambios en las aportaciones medias anuales de muchos ríos de los Pirineos en las últimas décadas. Sin embargo estos cambios se atribuyen tanto a causas climáticas como a cambios en los usos del suelo y de la cubierta vegetal, resultando complicado cuantificar la influencia de cada factor por separado.

- En la cuenca del Ebro se han detectado descensos significativos del caudal anual en más del 50% de las estaciones de aforo estudiadas entre 1950-2010.

El calentamiento global también podría estar generando cambios en el régimen mensual de los ríos.

- El descenso de la acumulación invernal de nieve, a causa de las temperaturas más altas y el menor número de precipitaciones en forma de nieve, está provocando un aumento de los caudales durante el invierno.

- En cambio, la mayor frecuencia e intensidad de las sequías está provocando la disminución de los caudales de los ríos en verano y otoño.

- La acumulación de nieve por debajo de los 1.500 m podría llegar a reducirse en un 78% en el último cuarto del siglo XXI.

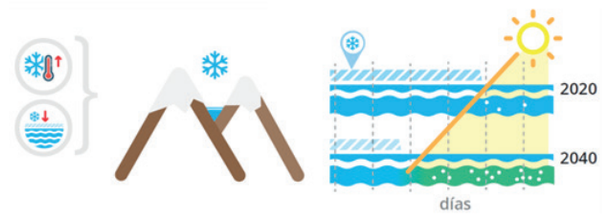
El cambio climático también podría incidir en la calidad y cantidad de las aguas subterráneas.

- Los acuíferos superficiales y poco profundos son especialmente sensibles a los cambios en las condiciones climáticas.

- Es previsible que los cambios en el balance hídrico anteriormente mencionados influyan también en la recarga y descarga de los acuíferos, pudiendo causar escasez de agua en las zonas sin suficiente capacidad de embalse.

- La recarga de los acuíferos podría disminuir hasta un 20% en algunas zonas de la cordillera a mediados de siglo. Esto podría suponer una reducción del caudal de muchos manantiales.

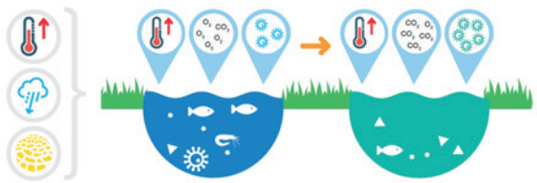
El aumento de las temperaturas y los cambios en el ciclo del agua inducidos por el cambio climático pueden alterar las características físicas y químicas de las aguas pirenaicas, influyendo en su calidad.



Las sequías y los períodos de estiaje más largos tienen un efecto directo en la composición química de las aguas, ya que al disminuir la cantidad de agua aumenta la concentración a la que se encuentran los contaminantes, disminuyendo la calidad de las aguas. Por otro lado, la mayor frecuencia e intensidad de riadas y avenidas podría desembocar en un incremento de los aportes de nutrientes y sustancias contaminantes de origen humano en los ríos. Esta estrecha relación entre calidad (química y ecológica) y el caudal ha sido plenamente reconocida e integrada en la Directiva Marco del Agua Europea.

- La combinación de bajos caudales y la presencia de sustancias tóxicas que afectan a las comunidades biológicas acuáticas está provocando problemas estructurales y funcionales en los ecosistemas fluviales.

Los varios impactos del cambio climático en las masas de agua pueden desencadenar efectos graves en la composición biológica de las masas de agua.



A medida que los ríos y arroyos se vuelven más cálidos, los peces de aguas cálidas desplazan a los peces de aguas más frías de su hábitat.

- Como consecuencia del cambio climático, se ha constatado una redistribución generalizada de diferentes especies de las aguas continentales hacia altitudes más elevadas.

- El cambio climático también está afectando a las comunidades de algas y en general a la productividad de las aguas a causa de la mayor concentración de nutrientes, temperaturas más altas y un mayor número de horas de luz en el caso de los lagos de alta montaña.

RECOMENDACIONES:

- Para abordar los retos del cambio climático en relación a los recursos hídricos es necesario adoptar una visión integradora de la gestión del territorio, que replantee la distribución territorial del uso del agua.

- En cuanto a las lagunas de conocimiento, será necesario reorientar los estudios del impacto del cambio climático en el ciclo hidrológico en los Pirineos para que consideren la cordillera en su totalidad, integrando ambas vertientes en una misma unidad.

- También es necesario promover el desarrollo y mantenimiento de redes de seguimiento del cambio climático, incluyendo indicadores que faciliten el seguimiento y caracterización del impacto del cambio climático sobre el balance hidrológico.

5. Impactos del cambio climático en los sectores socioeconómicos

Esquí de fondo en el Pirineo aragonés. Fuente: Mikel Ortega

5.1 Turismo

El cambio climático y sus efectos en la duración de la capa de nieve podrían desembocar en la reducción del atractivo turístico invernal de algunas estaciones de esquí en los Pirineos.

En las últimas décadas ha disminuido el número de días esquiables (días con una acumulación de nieve de 30 cm, suficiente para poder esquiar con normalidad en las estaciones de esquí). Además, la línea de acumulación de la nieve también ha subido progresivamente a cotas superiores. La producción de nieve artificial a gran escala como medida de adaptación, además de poner en riesgo la rentabilidad económica de las estaciones de esquí, conlleva una serie de externalidades ambientales que también han de considerarse, especialmente bajo un escenario futuro de mayor escasez de recursos hídricos

- Entre 1960 y 2010 el número de días al año con un grosor de la capa de nieve inferior a 30 cm ha aumentado notablemente en todas las estaciones de esquí y a todas las cotas, pero especialmente en las estaciones a baja cota (del 5 al 70% en las estaciones a cotas bajas y del 4 al 20% en las estaciones a cotas medias).

- También se ha ido retrasando progresivamente la fecha de inicio de la temporada de esquí (en consideración a la disponibilidad de nieve natural), con retrasos de entre 5 y 55 días en las estaciones a baja cota y entre 5 y 30 días en las estaciones a cotas medias.

El cambio climático podría tener efectos irreversibles en algunos elementos iconográficos del paisaje pirenaico.

El cambio climático puede desencadenar cambios importantes en el paisaje, derivados de la aceleración del proceso de degradación de algunos elementos iconográficos del paisaje de alta montaña como las turberas, los glaciares y los ibones entre otros.

- Los cambios en la composición y distribución de la flora y fauna de los ecosistemas de alta montaña podrían contribuir a la reducción del atractivo visual de algunos paisajes típicos de los Pirineos.

- Desde 1984 hasta 2016 han desaparecido más de la mitad de los glaciares pirenaicos contabilizados en 1984 y los que quedan han visto menguada su masa y superficie considerablemente, encontrándose en un estado acelerado de retroceso.

La influencia del cambio climático en los principales riesgos naturales puede afectar particularmente a la integridad de las infraestructuras turísticas y seguridad de los turistas.

La influencia del cambio climático sobre los riesgos hidrológicos, geológicos y los riesgos derivados de los eventos climáticos extremos se configura como un elemento de inestabilidad capaz de generar daños importantes a las infraestructuras relacionadas con el sector turístico.

- Las inundaciones repentinas o avenidas provocadas por la mayor frecuencia de precipitaciones intensas y los corrimientos y deslizamientos de tierra ligados al aumento de los ciclos de hielo y deshielo, podrían ser los elementos más críticos para el sector.

El calentamiento progresivo y en particular las temperaturas más suaves en otoño y primavera, podrían derivar en una prolongación de la estación del turismo de montaña en los Pirineos.

La extensión de la estación estival y la ocurrencia de temperaturas tendencialmente más suaves en primavera y otoño, junto con el descenso de las temperaturas mínimas, podría suponer un incremento de la elección de los destinos turísticos de montaña en detrimento de otros destinos menos confortables, debido a las altas temperaturas.

RECOMENDACIONES:

- Readaptar los modelos de desarrollo turístico para potenciar la resiliencia del sector frente a la probable disminución del número de días esquiables y la mayor presión ambiental de su actividad, a la vez que potenciar las oportunidades emergentes para el turismo de naturaleza y montaña (concepto de estaciones de montaña).

- Reducir la vulnerabilidad de las infraestructuras turísticas al posible incremento de eventos hidrológicos, geológicos y climáticos extremos, y asegurar la integridad física de los turistas.

- Promover una gestión equilibrada de los recursos hídricos en el sector turístico, con especial atención a las cuencas alimentadas por agua de lluvia.

- Asegurar la integridad física de las personas frente a los riesgos hidrometeorológicos y climáticos que puedan verse agravados por el cambio climático (avenidas, olas de calor, empeoramiento de la calidad del aire, del agua y degradación del permafrost).

5.2 Cultivos agrícolas y agropastoralismo de montaña

"Colors d'estiu" en Andorra. Fuente: Soraya Cristina

El cambio climático puede tener impactos tanto positivos como negativos en el sector agrícola de los Pirineos.

La disminución de los días con heladas y el incremento de las temperaturas medias podría favorecer a algunos cultivos de ámbito más mediterráneo. En cambio, los cultivos de secano podrían verse afectados negativamente por la menor disponibilidad de agua.

- Se ha estimado que el número de días con heladas en los Pirineos ha disminuido alrededor de 0,3 días por década durante el período comprendido entre 1985 y 2014.

- Cultivos como la vid o el olivo podrían verse beneficiados en zonas de montaña por el calentamiento global.

- Los eventos meteorológicos extremos cada vez más frecuentes como las heladas tardías, olas de calor y sequías podrían revertir parte de estos efectos positivos.

Es muy probable que la menor disponibilidad de agua, los cambios en el calendario de los cultivos y el incremento del riesgo de daños por eventos climáticos extremos hagan que en conjunto disminuya la productividad de los cultivos.

- El cambio climático ha sido considerado como uno de los principales factores asociados al estancamiento del rendimiento de los cultivos de cereales, a pesar de los continuos progresos tecnológicos.

- La floración del trigo se ha anticipado un promedio de 0,3 días por año entre 1985 y 2014.

- A causa de las olas de calor estivales de los años 2003 y 2010, se estima que hubo un 20% más de pérdidas respecto a la media de otros años.

El cambio climático podría favorecer la expansión de algunas plagas y enfermedades de los cultivos.

La mayor susceptibilidad a las enfermedades causada por las condiciones de estrés climático puede propiciar una variación en los patrones de distribución y difusión de las actuales plagas y enfermedades de los cultivos, así como aumentar el riesgo de expansión de nuevas enfermedades.

- Las nuevas condiciones climáticas podrían crear zonas climáticamente idóneas para la expansión de nuevas plagas previamente introducidas desde zonas más cálidas.

- Los eventos climáticos extremos inducen estados de estrés en los cultivos, aumentando su sensibilidad al ataque de plaga y enfermedades.

Las nuevas condiciones climáticas pueden influir en la productividad y calidad de los pastos de los Pirineos.

Siempre y cuando las sequías en verano y otoño no sean severas, el incremento de las temperaturas y la mayor concentración de CO_2 atmosférico pueden tener un efecto fertilizante en los pastos de alta montaña, aumentando su productividad. Sin embargo, este fenómeno podría incidir en la composición del forraje y por lo tanto en su calidad como alimento para el ganado.

- Se ha demostrado que, tras sequías muy intensas durante la temporada estival, es muy difícil la recuperación del rebrote de los pastos en otoño.

- El incremento de las concentraciones de CO_2 atmosférico también tiene efectos negativos en los pastos, alterando su composición. También las sequías y las olas de calor tienen efectos negativos en los pastos, ya que los vuelve menos apetecibles y digeribles por el ganado.

Otra consecuencia del cambio climático en los pastos incluye la alteración de la composición florística de las comunidades de los pastos y de su diversidad de especies.

El cambio climático está propiciando la expansión de algunas especies herbáceas y de arbustos que son muy competitivas y desplazan al resto de especies provocando una pérdida de diversidad florística.

- El cambio climático está actuando en sinergia con la actual tendencia de degradación de los agro-ecosistemas y el abandono progresivo del agropastoralismo de alta montaña en muchas zonas de los Pirineos.

El incremento de las temperaturas medias y las olas de calor influyen de manera directa en el estado de salud y bienestar de los animales.

Las altas temperaturas afectan a los animales reduciendo la ingesta de alimentos, alterando su estado de nutrición y rendimiento productivo. Esto podría incidir en el rendimiento económico de algunas explotaciones ganaderas intensivas de media montaña.

- Es altamente probable que en futuro las situaciones de estrés térmico para el ganado sean más frecuentes e intensas también en los Pirineos.

Las nuevas condiciones climáticas podrían aumentar la difusión y prevalencia de enfermedades del ganado.

El cambio climático, junto con la mayor movilidad de bienes y personas, es el principal factor implicado en la mayor aparición y difusión de enfermedades del ganado y de sus vectores de difusión.

- Enfermedades originariamente tropicales, como la lengua azul, se han expandido progresivamente en la vertiente norte en los últimos años, en parte a causa del cambio climático.

RECOMENDACIONES:

- Reducir las incertidumbres sobre los mayores riesgos, posibles efectos negativos y futuras presiones sobre los ecosistemas agropastorales de los Pirineos.

- Incrementar la resiliencia de los sistemas agropastorales de montaña frente a las presiones del cambio climático.

- Favorecer medidas de gestión del sector que garanticen un uso sostenible de los recursos hídricos en el marco de una gestión integral.

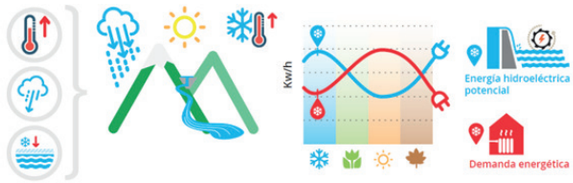
- Potenciar los sistemas de vigilancia de organismos patógenos y enfermedades emergentes del ganado y los cultivos.

- Limitar el abandono del sector e incentivar su diversificación y modernización en consideración a los desafíos del cambio climático y global.

5.3 Energía

Presa Estany De Cavallers, Pirineos

El impacto del cambio climático en el ciclo hidrológico puede afectar a la capacidad de las centrales hidráulicas para producir energía en algunos períodos del año.



El cambio en el régimen de las precipitaciones y la modificación del calendario del deshielo, inciden en la capacidad de acumulación de los embalses destinados a la producción de energía hidráulica.

Las sequías del 2003, 2005, 2007 y 2012 provocaron disminuciones considerables de la producción de energía hidráulica tanto en la cuenca del Ebro como en la del Haute-Garonne.

La fusión anticipada de la nieve, a causa de las altas temperaturas, está anticipando el pico primaveral del caudal de los ríos pirenaicos. Esta situación a menudo provoca que se colme la capacidad de acúmulo de muchos embalses durante las épocas de lluvia.

La producción de energía solar podría verse favorecida en el futuro por un incremento del índice de la irradiación solar en toda la cordillera pirenaica.

Los cambios previstos en la nubosidad y contenido de vapor de agua atmosférico causados por el cambio climático, podrían derivar en un incremento de la radiación solar total, con efectos positivos en la producción de energía de origen solar.

- La capacidad potencial de producción de energía fotovoltaica podría aumentar en un 10 % a mediados de siglo respecto a la capacidad actual.

- No obstante, este incremento podría verse alterado por el incremento de las temperaturas, que afecta negativamente a los sistemas fotovoltaicos, y por los daños causados por los eventos meteorológicos extremos.

La producción de energía eólica podría verse negativamente afectada en las próximas décadas a causa del cambio climático

Los cambios previstos en el patrón de los vientos y la esperada reducción de su velocidad media en superficie (hasta un 9% más lentos) podría reducir el potencial de producción de energía eólica en alrededor de - 1 MWh/día respecto a los valores actuales durante el transcurso de este siglo.

Es previsible que la demanda estacional de energía varíe considerablemente en las próximas décadas debido al aumento de las temperaturas medias y a las olas de calor.

Los inviernos cada vez más suaves y los veranos más calurosos y marcados por las olas de calor están provocando provocado cambios en la estructura de la demanda energética para calefacción y refrigeración.

- Es muy probable que en los próximos años aumente la demanda energética para cubrir las necesidades crecientes de enfriamiento en verano (picos de demanda).

- Además, este aumento de demanda podría coincidir con el momento en que la capacidad de generar energía hidroeléctrica es más baja a causa de las sequías típicas de los meses de verano y de la demanda creciente de agua para otros usos (agricultura y consumo humano).

- Si las olas de calor se hacen cada vez más frecuentes e intensas como prevén los principales modelos climáticos, los picos de demanda durante el verano podrían agudizarse y generar problemas de abastecimiento y conflictos con el sector agrícola.

Las infraestructuras de producción y transporte de energía podrían verse afectadas por el incremento previsto de los riesgos naturales.

Muchas de las infraestructuras energéticas y sistemas de transmisión y transformación de energía en ambas vertientes de los Pirineos están particularmente expuestas a los riesgos climáticos y a los riesgos naturales inducidos o potenciado por estos.

RECOMENDACIONES:

- Diversificar las fuentes de energía priorizando las fuentes de energías renovables.

- Fomentar la transición a un modelo de generación de energía renovable y distribuida en sustitución al modelo de producción centralizada actual.

- Optimizar el uso de recursos hídricos en la producción de energía hidroeléctrica y termoeléctrica.

- Adecuar la gestión del sector energético a las posibles variaciones de la demanda.

- Fomentar el uso racional de la energía en todos los sectores socioeconómicos de los Pirineos, en especial durante los picos de afluencia turística.

- Profundizar sobre las potenciales debilidades del sistema energético actual frente a los desafíos climáticos.

- Asegurar una buena capacidad de respuesta y recuperación de la red de distribución

5.4 Riesgos naturales

Estany Gerbert

Es altamente probable que los Pirineos sufran un aumento de los fenómenos meteorológicos extremos.

Aunque la evolución mejor documentada es la de las olas de calor, es muy probable que las sequías, las lluvias intensas y olas de frío también aumenten su frecuencia e intensidad durante las próximas décadas, mientras que las granizadas aumenten sólo su intensidad.

El calentamiento global podría influir en la frecuencia e intensidad de inundaciones y crecidas.

El cambio en el régimen de las precipitaciones junto con el anticipo en el calendario del deshielo primaveral podría provocar tanto un aumento del número de inundaciones como un incremento de su intensidad en las próximas décadas. Sin embargo no hay una tendencia clara para todo el territorio debido a la gran cantidad de factores en juego: en particular el fenómeno de la reforestación y los cambios en los usos de suelo podrían estar enmascarando dicha tendencia.

- En las últimas décadas las inundaciones de carácter "extraordinario" han sido más frecuentes en buena parte de los Pirineos, aunque los daños provocados por estas han sido menores gracias a los esfuerzos realizados en la disminución de los niveles de exposición.

- A causa del continuo proceso de despoblación rural y del aumento de la cubierta forestal, es muy probable que en el futuro la problemática afecte sobre todo a determinadas zonas turísticas de los Pirineos.

La mayor variabilidad del clima que deriva del cambio climático podría desencadenar una mayor frecuencia de eventos tipo deslizamientos de terreno, desprendimientos de roca y avalanchas.

Es previsible que eventos naturales generalmente detonados por factores meteo-climáticos (altas temperaturas, precipitaciones intensas) sean más frecuentes en futuro.

- El incremento de las temperaturas y las olas de calor han provocado un aumento de fenómenos tipo deslizamientos de rocas, aludes, así como de corrimientos de tierra.

- En algunas zonas de los Pirineos ha habido un incremento del número de aludes de gran magnitud en los últimos años.

- Sin embargo, todavía resulta complicado definir con exactitud la relación entre la intensidad de las precipitaciones o el aumento de las temperaturas con el incremento de eventos como caídas de piedra, deslizamientos o derrumbes.

El aumento de las temperaturas medias podría provocar un incremento de los riesgos asociados a la aceleración del proceso de degradación de los glaciares y zonas heladas.

Es probable que el calentamiento global altere la dinámica de las zonas heladas y glaciares de los Pirineos, alterando su estabilidad. Esto podría aumentar el riesgo de que ocurran más episodios potencialmente peligrosos como caídas de roca o desprendimientos de materiales, especialmente en zonas con pendientes pronunciadas.

- En la cara noroeste del monte el Vignemale por ejemplo, se ha detectado un aumento de los desprendimientos durante los últimos años asociados a un deterioro del permafrost (tierras permanentemente heladas) debido seguramente a procesos de degradación causados por las altas temperaturas.

RECOMENDACIONES:

- Potenciar estudios de caracterización local de los riesgos naturales incorporando en la medida de lo posible las proyecciones futuras del clima (ej. sustituir los actuales valores de referencia por otros que incorporen las posible evolución climática en los modelos de cálculo de riesgos).

- Priorizar la selección de medidas "robustas" en cuanto a que resultan eficaces para la reducción de la vulnerabilidad a los riesgos naturales, cuyos resultados sean positivos independientemente de la evolución del clima y de las incertidumbres (ej. combinar soluciones basadas en la naturaleza con medidas estructurales y medidas de gestión).

- Mejorar el conocimiento del impacto del cambio climático sobre los desastres naturales y, en particular: llevar a cabo un inventario de las medidas existentes para la prevención de inundaciones, elaborar mapas de riesgos naturales, crear herramientas de ayuda a la toma de decisión que integren las proyecciones climáticas.

- Mantener y optimizar los actuales sistemas de seguimiento de los diferentes peligros naturales de manera que permitan una mejor monitorización en las zonas ubicadas en altura y/o de difícil acceso, potenciando además la cooperación transfronteriza para mutualizar esfuerzos en la obtención de datos y en su procesado.

6. Conclusiones: los 10 desafíos del cambio climático en los Pirineos

1. Preparar a la población para afrontar los extremos climáticos

En las últimas décadas Europa ha sufrido un aumento en la frecuencia e intensidad de las olas de calor sin precedentes. Sobre todo en las ciudades se ha registrado un aumento considerable de la mortalidad vinculado a este evento extremo como consecuencia del efecto "isla de calor". Según la UE, durante las olas de calor del verano del 2003, en Europa se produjeron alrededor de 70.000 muertes prematuras asociadas al estrés térmico. La comunidad científica coincide en que a lo largo de este siglo aumentarán los fenómenos climáticos extremos como lluvias torrenciales, sequías severas, olas de calor y olas de frío. Si bien las zonas de montaña como los Pirineos, más frescas y menos pobladas, se han visto menos afectadas hasta la fecha, es probable que las canículas tengan una mayor incidencia en futuro. Esto no sólo podría afectar a la salud de sus habitantes sino que también podría incidir potencialmente en el sector energético (picos de demanda para refrigeración), en el agropastoralismo de montaña (calidad y productividad de los pastos), en el estado de salud de los ecosistemas más sensibles e incluso en el turismo.

2. Aumentar la seguridad frente a los riesgos naturales

El régimen de las precipitaciones ha sufrido cambios en las últimas décadas, traduciéndose en un incremento de las precipitaciones intensas y de las sequías. El posible incremento futuro de lluvias especialmente intensas, unido al anticipo del deshielo primaveral podría incidir en un incremento del riesgo de inundaciones, avenidas y deslizamientos de tierra, sobre todo a finales de la estación invernal y comienzos de la primavera.

Entre 2010 y 2016, las pérdidas anuales en Europa debido a los riesgos naturales rondaron los 12.800 millones de euros y representaron aproximadamente el 83% de las pérdidas monetarias en los Estados miembros. Entre 1981 y 2015 ocurrieron 77 inundaciones en Cataluña. El 23% de ellas fueron catastróficas y el 51% fueron "extraordinarias", con un total de 100 fallecidos. En paralelo, 97 eventos catastróficos ocurrieron entre 1981 y 2010 en las regiones de Occitanie y Nouvelle-Aquitaine, con un total de 94 fallecidos. En Andorra se produjeron inundaciones extraordinarias en 1907, octubre de 1937 y noviembre 1982. Esta última causó víctimas mortales. Por otro lado, la aceleración de los procesos de deglaciación y la fusión de suelos permanentemente congelados (permafrost), podrían aumentar las situaciones de riesgo en alta montaña: áreas hasta ahora estables podrían volverse cada vez más inestables y susceptibles de episodios potencialmente calamitosos como colapsos, derrumbes, avalanchas mixtas y deslizamientos de tierra en las laderas más inclinadas. Estos fenómenos pueden poner en peligro algunos enclaves turísticos, centros de población y otras infraestructuras (transporte, energía o esquí) especialmente en los valles de alta montaña. Ligado a las sequías y olas de calor, también podría aumentar la frecuencia e intensidad de los incendios forestales, con implicaciones potenciales en la salud, los ecosistemas forestales y las infraestructuras.

3. Acompañar a los actores del territorio frente a la escasez hídrica y las sequías

Los principales modelos climáticos prevén un aumento en la intensidad y frecuencia de las sequías en las próximas décadas. Es previsible que estos cambios indican sobre los recursos hídricos de los Pirineos tanto en términos de suministro (cantidad y calidad) como desde el punto de vista d ela demanda (necesidades de agua).

Se han detectado descensos significativos de los caudales anuales y estacionales en las cuencas del Ebro y de la Garona. Por otra parte, la recarga y descarga futura de los acuíferos podría disminuir de manera sensible. Estos fenómenos afectarían lógicamente a la disponibilidad de recursos hídricos (superficial y subterráneo), así como a su calidad.

Las crisis hídricas afectan a varios sectores socioeconómicos y biofísicos a la vez, causando impactos en la agricultura y el agropastoralismo (menor disponibilidad hídrica para el riego, menor productividad y calidad del forraje), en la producción de electricidad hidroeléctrica (reservorios hidroeléctricos), en el desarrollo del turismo (restricciones hídricas) y en la salud de los ecosistemas.

4. Garantizar la calidad de las aguas superficiales y subterráneas

El cambio climático y los cambios en los usos del suelo han afectado, y se prevé que afecten en futuro, a los caudales de los ríos pirenaicos y a la calidad de las aguas. Las sequías y los períodos de estiaje reducen el

factor de dilución de los contaminantes que llegan a los ríos, dando lugar a un aumento en la concentración de contaminantes y al consecuente empeoramiento de la calidad del agua. Por otro lado, las inundaciones promueven el arrastre y la removilización de contaminantes retenidos en los sedimentos. El incremento de las temperaturas, en sinergia con la mayor concentración de contaminantes, a manudo altera los procesos químicos y biológicos

5. Mantener el atractivo turístico de los Pirineos

El cambio climático podría ser decisivo en la determinación de las condiciones necesarias para la práctica de ciertas actividades turísticas en los Pirineos. En particular, la mayor variabilidad en el espesor y duración de la cubierta de nieve podrían suponer un desafío para las estaciones de esquí alpino, que deberán adaptarse para mantener operativas las estaciones y asegurar la sostenibilidad de su actividad. Por otro lado el cambio climático está causando alteraciones ambientales con efectos contextuales negativos en algunos ambientes pirenaicos. En particular, aspectos como la presencia o no de ciertas especies de fauna y flora emblemática, la calidad de los ecosistemas y el estado de las formaciones naturales iconográficas como los glaciares podrían verse afectados por el cambio climático, resultando en una pérdida de interés turístico. Por otro lado, el incremento de las temperaturas podría afectar positivamente al turismo de montaña, alargando la temporada y favoreciendo la elección de destinos de montaña relativamente frescos en detrimento de las zonas de sol y playa.

6.Hacer frente a los cambios en la productividad y calidad de los cultivos y aprovechar las oportunidades emergentes

La disminución del período de heladas y el incremento de las temperaturas medias podría favorecer la expansión de cultivos no habituales en los Pirineos, como los cultivos de ámbito mediterráneo o los de origen subtropical. En cambio, otros cultivos principalmente de secano podrían ver restringida su área de distribución potencial a causa de una mayor variabilidad en el régimen de las precipitaciones y las temperaturas extremas.

El mayor estrés hídrico y térmico en los cultivos, la pérdida de tierras agrícolas debido al incremento de los riesgos hidrológicos y el mayor riesgo de propagación de plagas, podría limitar la productividad de algunos cultivos, en mayor o menor medida según las zonas. Por otro lado, la mayor frecuencia e intensidad de las sequías y olas de calor podría afectar a la ganadería extensiva a través de cambios en la composición y productividad del forraje, mientras que el estrés térmico podría impactar en el estado de salud del ganado en las explotaciones intensivas de media montaña.

7. Prever cambios irreversibles del paisaje

El cambio climático está acelerando el proceso de degradación de algunos paisajes iconográficos como los glaciares, los lagos o las turberas de alta montaña. Esto y otros cambios ambientales como los cambios en la distribución de algunas especies de animales, bosques y vegetación alpina, a menudo actúan en sinergia con la acción humana como los cambios en los usos del suelo, generando alteraciones a menudo irreversibles en los paisajes típicamente pirenaicos.

8. Considerar la posible pérdida de biodiversidad y los cambios en los ecosistemas

Los ecosistemas pirenaicos, caracterizados por una alta riqueza de especies endémicas con estrechos rangos de distribución, requisitos específicos de hábitat y capacidades limitadas de dispersión, son particularmente vulnerables a las variaciones de las condiciones climáticas. El cambio climático favorece la pérdida de biodiversidad y la extinción de especies a través de cambios en la fisiología y fenología de plantas y animales, cambios en la duración de la temporada de crecimiento, cambios en la distribución de las poblaciones y el incremento del riesgo de diseminación de especies exóticas. La acción combinada de los impactos antrópicos y los impactos del cambio climático puede ocasionar la modificación de algunos procesos ecológicos clave en los ecosistemas de alta montaña, lo que podría limitar su capacidad para proveer bienes y servicios además de comprometer su propia pervivencia a largo plazo.

9. Adaptarse a los desequilibrios entre oferta y demanda energética

El aumento de la variabilidad en la distribución espacial y temporal de las precipitaciones, la reducción del caudal de los ríos y los cambios en el calendario del deshielo, podrían incidir de manera negativa en la capacidad de producción hidroeléctrica en los Pirineos. Respecto a la demanda, es previsible que el cambio climático incida en su estructura a lo largo de las estaciones del año: el aumento de las temperaturas podría reducir la demanda de energía para calefacción en invierno y otoño. Sin embargo, es previsible un aumento significativo de la demanda energética media estival y demandas pico, en respuesta a las necesidades crecientes de energía para aclimatación de las

viviendas, a causa de los veranos cada vez más cálidos y de las olas de calor más frecuentes e intensas.

10 Hacer frente a la mayor difusión de enfermedades, plagas y especies invasoras

Las interacciones entre las plantas y sus enemigos naturales están influenciadas por las condiciones ambientales y, en gran medida, por las temperaturas. La eventual modificación de las áreas de distribución de algunos cultivos y la mayor susceptibilidad de estos a causa del estrés climático pueden generar cambios en los patrones de distribución y difusión de las enfermedades más comunes, así como un mayor riesgo de expansión de enfermedades emergentes y raras hasta la fecha. Por otro lado, el cambio climático podría fomentar el establecimiento de nuevas especies exóticas en los Pirineos, facilitando su transporte y posterior asentamiento a través del establecimiento de condiciones climáticas favorables para su desarrollo. Dado que las especies exóticas invasoras son por lo general oportunistas y generalistas, tienden a adaptarse mejor a las rápidas variaciones climáticas en comparación con la mayoría de las especies nativas. Además, el aumento de las temperaturas desplaza las barreras climáticas a altitudes mayores, aumentando la probabilidad de que ocurran nuevas invasiones (especialmente de plantas) así como de que se establezcan (naturalicen) algunas especies ya presentes.

Colaboradores

Comité técnico y Comité ejecutivo de la CTP

Comité coordinación y Socios del proyecto OPCC2

Con el apoyo de

Este informe se ha realizado en el marco del proyecto OPCC2 por iniciativa de la Comunidad de Trabajo de los Pirineos. El proyecto OPCC2 está asociado a los proyectos CLIMPY, FLORAPYR, REPLIM, CANOPEE y PIRAGUA. Todos estos proyectos están cofinanciados por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional, FEDER a través del programa POCTEFA 2014-2020.

Descarga el informe completo y el resumen ejecutivo en ES, FR, CAT o EN en el portal de información del Observatorio Pirenaico del Cambio Climático: https://opcc-ctp.org/