

# INFORME FINAL 2019



Resultados del proyecto OPCC2 y proyectos asociados:  
CLIM'PY, REPLIM, CANOPEE, FLORAPYR, PIRAGUA.  
Octubre 2019





Comité técnico y Comité ejecutivo de la CTP



Comité coordinación y Socios del proyecto OPCC2



Con el apoyo de



Los proyectos OPCC2, CLIM'PY, CANOPEE, REPLIM, PIRAGUA et FLORAPYR han sido cofinanciados al 65% por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) a través del Programa Interreg V-A España-Francia-Andorra (POCTEFA 2014-2020). El objetivo del POCTEFA es reforzar la integración económica y social de la zona fronteriza España-Francia-Andorra. Su ayuda se concentra en el desarrollo de actividades económicas, sociales y medioambientales transfronterizas a través de estrategias conjuntas a favor del desarrollo territorial sostenible.

## Prefacio

En nombre de la Comunidad de Trabajo de los Pirineos, CTP, tengo el placer de presentarles este resumen de los resultados de 3 años de trabajo de cooperación territorial transfronteriza entre España, Francia y Andorra, en materia de cambio climático.

Gracias a esta cooperación a gran escala, la CTP ha movilizado a más de 100 científicos para consensuar el Informe OPCC 2018: “El cambio climático en los Pirineos: impactos, vulnerabilidades y adaptación”, con el objetivo de ayudar a definir políticas públicas de adaptación al cambio climático para los Pirineos. Este informe ha sido motivo de más de 80 artículos en prensa online y escrita, 45 entrevistas radiofónicas y ha tenido un valor del indicador de impacto mediático “OTS” (Oportunities to see) de 19,34 millones en Francia, España y Andorra en noviembre de 2018, fecha en que se publicó.

Además, en 2019 la CTP ha tenido la ocasión de presentar las conclusiones de este informe en la sede de las Naciones Unidas, gracias a la invitación de la Embajada de Andorra en Nueva York. Además, en la publicación de las Naciones Unidas del 20 de julio de 2019, “Montañas y desarrollo sostenible”, se menciona a la CTP destacando el informe del OPCC.

El OPCC2, proyecto liderado por el Observatorio Pirenaico del Cambio Climático, se ha financiado al 65% con fondos FEDER a través del programa INTERREG POCTEFA 14-20. Este proyecto ha marcado un precedente en cuanto a la dinámica de trabajo en red en esta materia en todo el territorio pirenaico con otros 5 proyectos del mismo programa, CLIMPY, REPLIM, FLORAPYR, CANOPEE y PIRAGUA.

Este trabajo en red seguirá durante los próximos años a través nuevos proyectos, como OPCC ADAPYR, en el que se buscará institucionalizar y sistematizar los trabajos de seguimiento de los impactos del cambio climático y, sobre todo, se seguirán comunicando conclusiones y recomendaciones de adaptación de manera sectorial y a través de ejemplos de buenas prácticas que inspiren a los actores del territorio a actuar.

La CTP consolida el Observatorio Pirenaico del Cambio Climático como instrumento clave para el desarrollo del eje estratégico 1, acción por el clima, de la Estrategia Pirenaica (EPI), sirviendo este de modelo de gobernanza para nuevas unidades operativas de trabajo de dicha estrategia. Este informe sintetiza los innumerables resultados de todos estos proyectos temáticos sobre climatología, flora, bosques, recursos hídricos, lagos y turberas de alta montaña.

Todo este trabajo no habría sido posible sin la colaboración de los miembros del Comité Ejecutivo de la CTP, Secretaría General y Dirección de la CTP, referentes territoriales del OPCC, miembros del Consejo Asesor del OPCC, socios y financiadores. Por todo ello, mi más sentido agradecimiento.

D.Francisco Javier Lambán Montañés  
Presidente de la Comunidad de Trabajo de los Pirineos



# El Observatorio Pirenaico del Cambio Climático

El OPCC es una iniciativa transfronteriza de cooperación territorial en materia de cambio climático de la Comunidad de Trabajo de Pirineos (CTP), lanzada en 2010 bajo la presidencia de Midi-Pyrenees. Los miembros de la CTP y por lo tanto del OPCC, son el Principado de Andorra y los Gobiernos de Nouvelle-Aquitaine, Aragón, Catalunya, Euskadi, Navarra, y Occitanie.

## Objetivos

El objetivo principal del OPCC es comprender la evolución del clima y hacer un seguimiento de los efectos del cambio climático en los Pirineos, para así generar y poner a disposición del territorio información y herramientas que faciliten la adaptación de este territorio montañoso. Su visión principal es ser la plataforma de conocimiento de referencia sobre el cambio climático en los Pirineos y facilitar la adaptación de los elementos más vulnerables tanto de los sectores socio-económicos como de la gestión de los ecosistemas de montaña.



Figura 1: territorio de la Comunidad de Trabajo de los Pirineos

## Gobernanza

Desde su nacimiento, el OPCC ha trabajado en red con las principales centros de investigación de ambas vertientes de la cordillera y ha funcionado como un puente entre la comunidad científica, los sectores socioeconómicos y la políticas públicas. Gracias al proyecto OPCC2 se ha consolidado una dinámica de trabajo transfronteriza en red con los actores clave del territorio y se han generado nuevas herramientas y protocolos de seguimiento de los impactos del cambio climático. Gracias a una ambiciosa estrategia de comunicación, el Observatorio ha alcanzado una visibilidad sin precedentes y es cada vez más conocido tanto en el territorio como en Europa e incluso a nivel internacional.

El funcionamiento del OPCC se articula en torno a un Comité Técnico, un Comité de Coordinación y un Comité Asesor. El comité técnico está formado por los referentes técnicos especialistas en cambio climáticos de los 7 miembros de la CTP y tiene como función orientar y fijar prioridades técnicas.

El comité de coordinación lo conforman los socios del proyecto OPCC-2 y su labor es coordinar y velar por la correcta ejecución de las acciones de los proyectos. El comité asesor está formado por científicos y representantes de los sectores socioeconómicos de relevancia en el Macizo. Su misión es garantizar el rigor científico y dar orientaciones estratégicas al trabajo del OPCC.



Figura 2: esquema de gobernanza del Observatorio Pirenaico del Cambio Climático

## 1. OPCC2 y la estrategia del Observatorio

### El trabajo en red

Uno de los principales valores añadidos del proyecto OPCC-2 es el trabajo en red. En particular, se ha fomentado la colaboración transversal con otros proyectos temáticos, por lo que parte de sus acciones han consistido en coordinar y capitalizar los resultados de los principales proyectos enfocados en el estudio de los impactos del cambio climático en sectores y temáticas clave en los Pirineos: clima y variabilidad climática, ciclo hidrológico, bosques, flora, ecosistemas sensibles o especialmente vulnerables como los lagos y las turberas y de manera transversal en los sectores socioeconómicos.

El trabajo en red con los proyectos satélite cuyos coordinadores son a su vez socios del proyecto OPCC2, ha permitido desarrollar metodologías comunes, el empleo de una misma base de datos climática homogeneizada y transfronteriza para todos los proyectos, aumentar el impacto mediático del observatorio y recopilar en una misma plataforma web la información y resultados de todos los proyectos y temáticas.



Figura 3: trabajo en red entre el OPCC y sus proyectos asociados.

### Objetivos

El objetivo general del proyecto OPCC-2 ha sido estudiar y comprender la evolución del clima en los Pirineos - así como sus efectos en los ecosistemas y sectores más vulnerables - para reducir la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos a los impactos del cambio climático. Para ello el proyecto se ha centrado la generación y transferencia de conocimiento relevante para mejorar la resiliencia y proceso de adaptación de en la cordillera.

Para alcanzar este objetivo general, el OPCC-2 se ha fijado 3 objetivos estratégicos:

- Identificar, analizar y facilitar las bases del conocimiento científico sobre los principales impactos del cambio climático en los Pirineos, así como sobre la vulnerabilidad de los principales sistemas naturales y socioeconómicos a estos impactos;
- Desarrollar herramientas y metodologías que faciliten la toma de decisiones en materia de adaptación al cambio climático, y difundir los resultados de las investigaciones de referencia a los distintos actores socioeconómicos enlace del territorio;
- Dar visibilidad europea e internacional al macizo pirenaico en materia de observación y adaptación al cambio climático, en un contexto de cooperación transnacional.

## Acciones y resultados

### 1. Coordinación del proyecto

En el transcurso de los 3 años de proyecto, se han llevado a cabo 6 reuniones de coordinación con todos los socios del proyecto, así como 7 reuniones de comité técnico con los referentes territoriales de los miembros de la CTP. El conjunto de acciones de coordinación han sido cruciales para dinamizar las interacciones con y entre proyectos asociados, así como para mantener informados a los referentes territoriales y vincular las acciones del proyecto con las políticas de cambio climático de los 7 territorios de la CTP.

### 2. Portal de información del OPCC

La comunicación es fundamental para asegurar la transferencia de conocimientos sobre el cambio climático en los Pirineos, dar visibilidad al Observatorio y concienciar a la sociedad sobre la necesidad de actuar urgentemente ante este desafío.

Uno de los hitos del proyecto ha sido la renovación del portal de información online ([www.opcc-ctp.org](http://www.opcc-ctp.org)), en 4 idiomas (castellano, francés, catalán e inglés) que integra:

- un geoportal (<https://www.opcc-ctp.org/es/geoportal>) con información cartográfica específica de indicadores de cambio climático en los Pirineos, con más de 90 capas de información y una sección que permite realizar análisis dinámicos y personalizados sobre la evolución del clima.
- los principales resultados de los proyectos de los asociados al OPCC2 (<https://www.opcc-ctp.org/es/projects>),
- 2 iniciativas de ciencia ciudadana (<https://www.opcc-ctp.org/es/contenido/ciencia-ciudadana>), una sobre seguimiento fenología en especies de flora y forestales y otra sobre lagos y turberas. El portal del OPCC aloja 2 dispositivos informáticos para recoger los datos de las personas voluntarias que participan y que permite además visualizarlos gráficamente.
- 9 secciones específicas con información sobre impactos, vulnerabilidades y adaptación al cambio climático en 9 sectores clave de los Pirineos enriquecidos con gráficas e infografías auto explicativas, además de recomendaciones para la adaptación (<https://www.opcc-ctp.org/es/contenido/sectores>).
- 1 base de datos de buenas prácticas de adaptación al cambio climático. Gracias a esta acción se ha conseguido aumentar la visibilidad de las iniciativas de adaptación que se están llevando a cabo en los Pirineos, y pueden servir como fuente de inspiración a responsables políticos y demás actores del territorio (<https://www.opcc-ctp.org/es/buenas-practicas>).

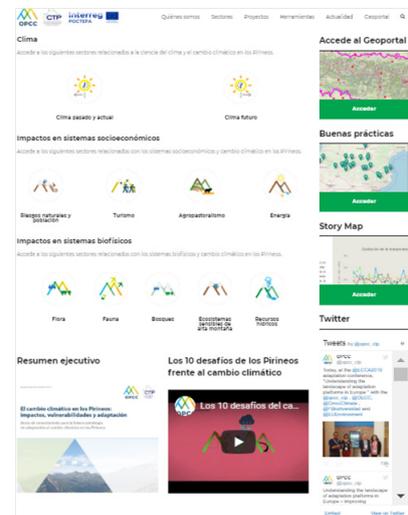


Figura 4: sección sectores de la página web del OPCC.

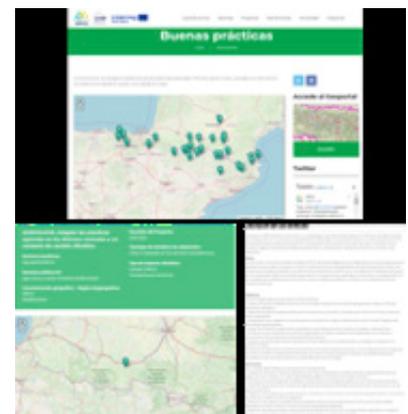


Figura 5: buscador de buenas prácticas de adaptación en los Pirineos.

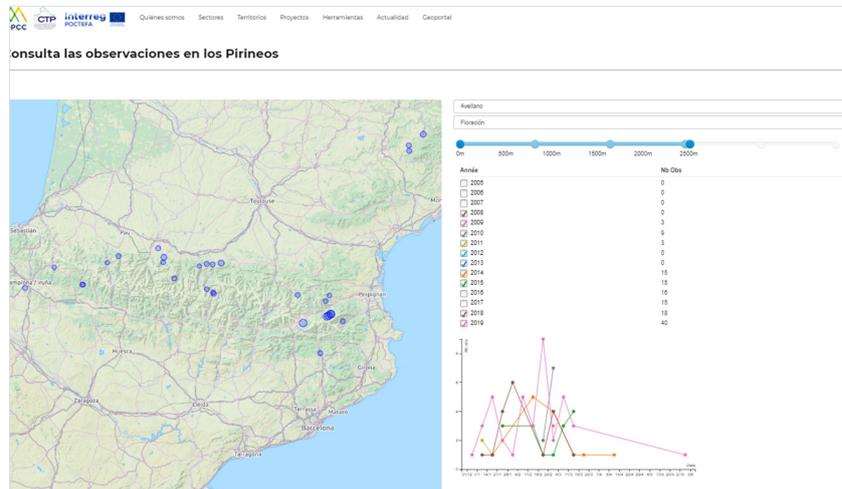


Figura 6: mapa de consulta de las observaciones de la iniciativa fenóclim Pirineos

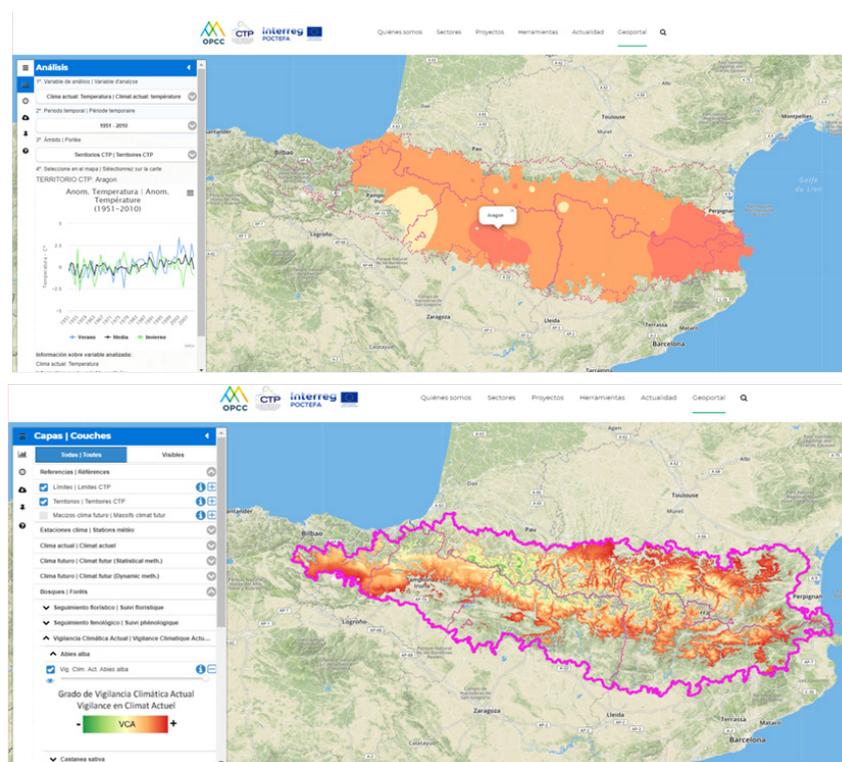


Figura 7: mapa de anomalía de las temperaturas medias.

También se ha creado un Storymap, aplicación intuitiva y visual que resume de manera amena y dinámica los resultados y herramientas generadas en el OPCC2 a través de un formato innovador (<https://www.opcc-ctp.org/es>).

**3. Organización de coloquios y talleres de participación en foros**

Se han organizado 2 coloquios internacionales sobre cambio climático en territorios de montaña. El coloquio internacional del OPCC 2017 celebrado en Biarritz con más de 200 participantes sobre y el coloquio internacional del OPCC 2019 celebrado en Jaca. Estos coloquios son un punto de encuentro importante no solo para los actores de los Pirineos que trabajan en cambio climático sino también para intercambiar con las otros organismos de referencia a escala nacional y europea. Durante estos coloquios hemos podido intercambiar experiencias y buenas prácticas con la Agencia Europea del Medio Ambiente, Comisión Europea, las Oficinas Estatales de Cambio Climático de España, Francia y Andorra y con organismos homólogos de otros macizos europeos como los Alpes y los Cárpatos.

Una de las cuestiones pendientes en materia de adaptación a nivel europeo es acercar el conocimiento científico a los sectores socioeconómicos de manera adecuada. En esta línea, el OPCC2 ha organizado 6 talleres regionales participativos dirigidos a los actores enlace y sectores socioeconómicos del territorio pirenaico más vulnerables al cambio climático.

El Observatorio ha participado en eventos y foros dentro y fuera del macizo como son las reuniones anuales de referentes nacionales sobre cambio climático de la Agencia Europea de Medio Ambiente, eventos de INTERACT, las Conferencias de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, COP 22, COP 23 y COP 24 e incluso se ha presentado el informe del OPCC 2018 en la sede de las Naciones Unidas de Nueva York en un evento organizado por la Embajada de Andorra.

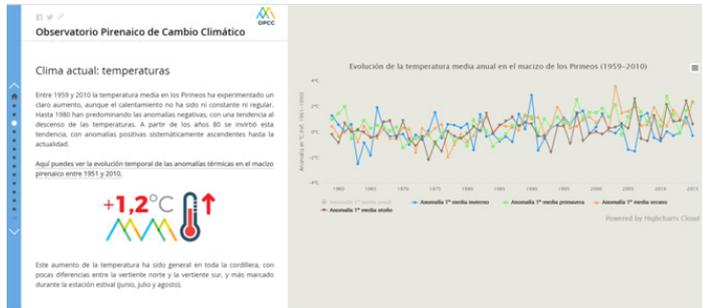


Figura 8: storymap OPCC2



Figura 9: sesión sobre cooperación internacional sobre cambio climático en zonas de montaña durante el coloquio PYRADAPT 2017, Biarritz.



Figura 10: talleres sectoriales regionales OPCC2.

#### 4. Informe OPCC-CTP 2018 sobre cambio climático en los Pirineos

El Informe OPCC-CTP 2018 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 (<https://www.opcc-ctp.org/es/documentos>).

Este documento busca servir de apoyo para una política basada en la evidencia científica. Este informe, en el que han participado más de 100 expertos de Aragón, Navarra, Catalunya, Euskadi, Nouvelle Aquitaine, Occitanie y Andorra, es el fruto de un amplio consenso entre la comunidad científica de los Pirineos. Para su redacción se han consultado más de 1.000 artículos científicos y se han resumido alrededor de 100 ideas clave. Incluye además una sección de recomendaciones sectoriales de adaptación y está disponible en francés, castellano, catalán e inglés.

Este informe ha tenido un impacto mediático sin precedentes, tanto en los Pirineos como a nivel internacional. Se ha mencionado en más de 100 medios de comunicación. Junto al informe, se publicó un resumen ejecutivo dirigido a un público más amplio, así como un video divulgativo que resume los 10 desafíos climáticos a los que se enfrenta la cordillera (<https://www.youtube.com/watch?v=D-KuebcpB4A&t=25s>).

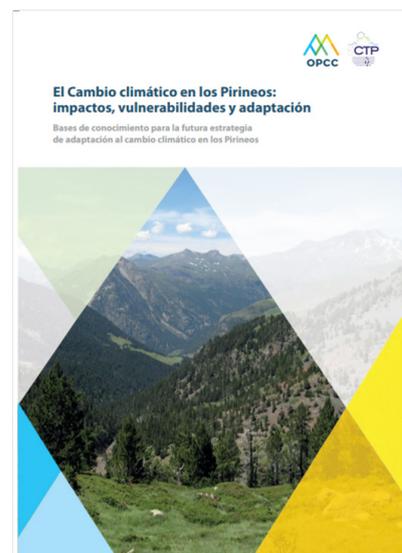


Figura 11: carátula del informe CTP-OPCC 2018.

## Conclusiones

El OPCC2 ha sido un proyecto federador y exitoso de coordinación de la cooperación en materia de cambio climático en el seno de los Pirineos. El desarrollo de herramientas de transferencia, implementación de la estrategia de comunicación y coordinación entre los principales proyectos asociados y sus acciones, ha permitido mutualizar esfuerzos y capitalizar los resultados de 5 proyectos POCTEFA del programa 14-20. El OPCC2 ha sido un pilar indiscutible para continuar desarrollando la estrategia del Observatorio Pirenaico del Cambio Climático de la Comunidad de Trabajo de los Pirineos en materia de cambio climático.

## Socios

Comité técnico y Comité ejecutivo de la CTP



Comité coordinación y Socios del proyecto OPCC2



Contacto: [info\\_opcc@ctp.org](mailto:info_opcc@ctp.org)

## 2. El OPCC2 y sus proyectos asociados

### 2.1 CLIMPY: caracterización de la evolución del clima y provisión de información para la adaptación en los Pirineos

#### Resumen

El clima de los Pirineos ha experimentado un significativo cambio durante los últimos cien años, con progresivo ascenso de las temperaturas, superior al calentamiento general del planeta, variaciones en el régimen de las precipitaciones y aumento de la frecuencia de los eventos extremos, que tienen su reflejo en el fuerte retroceso de las masas de hielo y los glaciares, las modificaciones en la cobertura de nieve y los cambios en los ecosistemas. En este contexto, y a partir de la generación de una amplia base de datos homogeneizada, el proyecto CLIMPY ha analizado las condiciones climáticas recientes de la cordillera pirenaica y ha propuesto estimaciones de cambios en la temperatura, precipitación y nieve en un horizonte temporal que va hasta finales del siglo XXI.

#### Objetivos

El objetivo principal del proyecto CLIMPY ha sido conocer la evolución y tendencias del clima de los Pirineos en el contexto del cambio global, mediante la unificación y homogeneización de la información existente, el desarrollo de indicadores climáticos y la realización de proyecciones futuras, con objeto de reducir la vulnerabilidad a los impactos del cambio del clima y adaptarse mejor a sus efectos mediante la transferencia de conocimiento. Objetivos específicos del proyecto eran:

1. Crear y armonizar una base de datos de temperatura, precipitación y cubierta de nieve de los Pirineos, con control de calidad y homogeneizada del periodo 1959-2015.
2. Definir y calcular indicadores de temperatura, precipitación y nieve para el seguimiento de la señal climática y el diagnóstico de las tendencias del clima.
3. Realizar proyecciones climáticas adaptadas a los Pirineos con base en los nuevos escenarios del IPCC AR5.

#### Resultados (<https://opcc-ctp.org/es/climpy>)

- Climpy ha generado una amplia base de documentación climática diaria a partir de los bancos de datos de Meteo-France, la Agencia Estatal Española de Meteorología, el Servei Meteorològic de Catalunya y el Centre d'Estudis de la Neu i de la Muntanya d'Andorra. En total se ha utilizado la información de 1328 observatorios de precipitación y 1163 de temperatura (máxima y mínima), que cubren de forma óptima buena parte del territorio, con la excepción de las cotas elevadas, donde es escaso el número de estaciones meteorológicas.

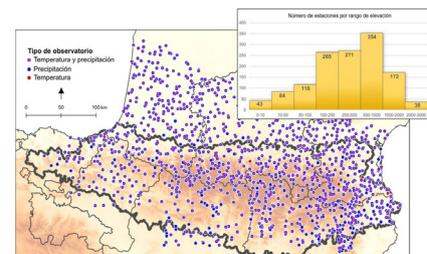


Figura 1: mapa de los observatorios y estaciones meteorológicas estudiadas.

- Este procedimiento ha permitido generar dos tipos de productos: (a) una base de datos en formato grid de toda el área de los Pirineos, con resolución espacial de 1 x 1 km, a escala diaria desde 1981 a 2015 y (b) una base de datos de un conjunto de estaciones individuales, seleccionadas por tener menos de un 10% de valores originales faltantes en el periodo 1959-2015.

- A partir de esta amplia base de datos se han calculado las anomalías climáticas para el periodo 1959-2015 definidos por el Expert Team on Climate Change Detection y la Organización Meteorológica Mundial (<https://opcc-ctp.org/es/geoportal>).

- El aumento de la temperatura es una de las señales más visibles del comportamiento del clima de los Pirineos en las últimas décadas. En el periodo 1959-2015 el valor medio anual muestra un ritmo de ascenso de +0,28 oC por década. Este incremento es general en toda la cordillera, con pocas diferencias entre la vertiente norte y la vertiente sur de la misma.

- En las precipitaciones la evolución no es tan clara y muestra señales menos robustas. La extraordinaria variabilidad espacial y temporal de esta variable, unida a la fuerte dependencia del periodo de análisis seleccionado, generan gran heterogeneidad en las tendencias. Desde 1959 hasta el presente los datos indican un ligero descenso de la precipitación anual, del orden del 2,5% por década, pero con gran variabilidad interanual.

- En el caso de la nieve la señal climática más perceptible es la reducción de la innivación desde 1960, con ligero contraste entre la vertiente norte y la vertiente sur de la cordillera. No obstante, la limitada representatividad espacial de las series dificulta encontrar índices únicos que representen de forma adecuada la evolución del manto de nieve.

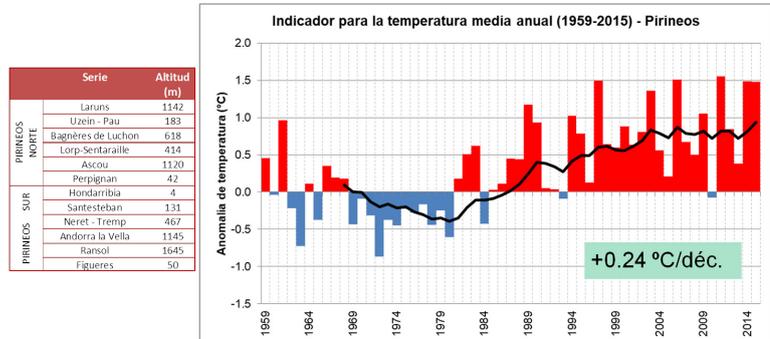


Figura 2: evolución de la temperatura media anual (1959-2015).

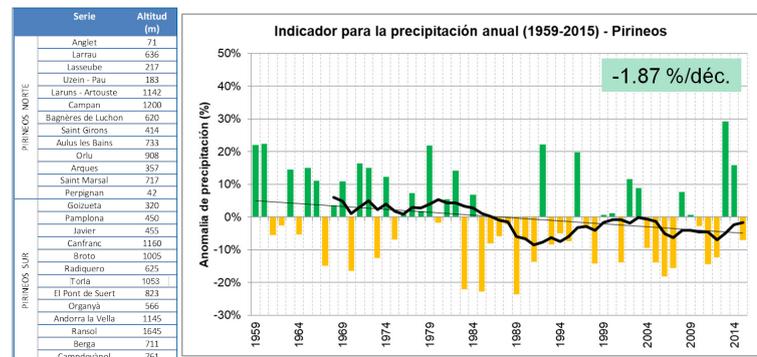


Figura 3: evolución de la precipitación media anual (1959-2015).



Figura 4: desviación estándar de la cobertura nival anual del periodo 2000-2017

- Las tendencias señaladas se mantendrán durante este siglo, con diferentes intensidades, según indican los modelos climáticos. En los tres escenarios analizados (RCP8.5, RCP6.0 y RCP4.5) la temperatura máxima diaria aumentará entre 4.0°C y 6.3°C con respecto a los valores del periodo 1986-2005, y la mínima podría alcanzar valores entre 3.2 °C y 4.9°C.

- En las precipitaciones no se proyectan cambios significativos. En este caso, la incertidumbre asociada a los modelos es mayor que la incertidumbre asociada a los escenarios de emisión.

- Las proyecciones para la nieve muestran una disminución continuada de la misma, pero con fuerte variabilidad interanual, en la que alternarán momentos de nevadas copiosas con innivación cada vez más débil hacia final del siglo XXI.

## Conclusiones

Las variaciones y tendencias observadas del clima de los Pirineos ofrecen una visión preliminar de los retos a los que se enfrentan los ecosistemas, los hábitats y la población, y sugieren la necesidad de poner el estudio de las áreas de montaña en el núcleo de la discusión, por su vulnerabilidad y especial sensibilidad frente al cambio climático. Por otra parte, el análisis de los indicadores muestra la complejidad geográfica de la cordillera y la variedad de condiciones climáticas existentes en la misma, razón por la cual, la información meteorológica merece un apoyo particular y la evaluación del clima debe inscribirse en una iniciativa duradera que permita realizar diagnósticos útiles de amplia proyección futura.

## Socios



Contacto: [cuadrat@unizar.es](mailto:cuadrat@unizar.es)

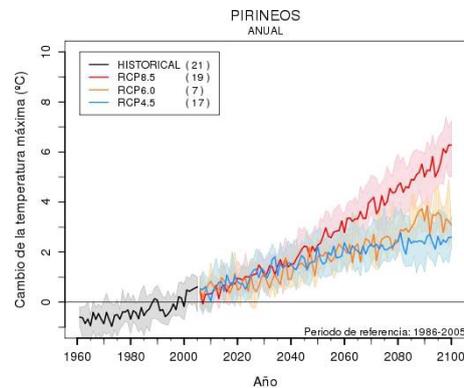


Figura 5: evolución estimada de la temperatura máxima anual para toda la cordillera.

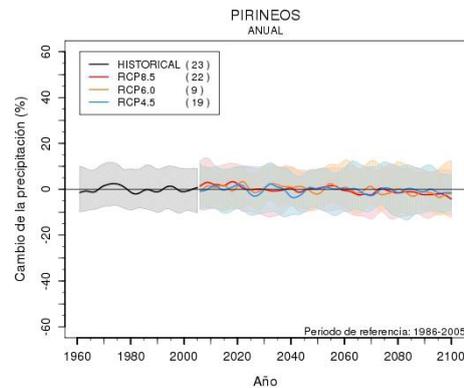


Figura 6: evolución estimada de las precipitaciones medias en los Pirineos.

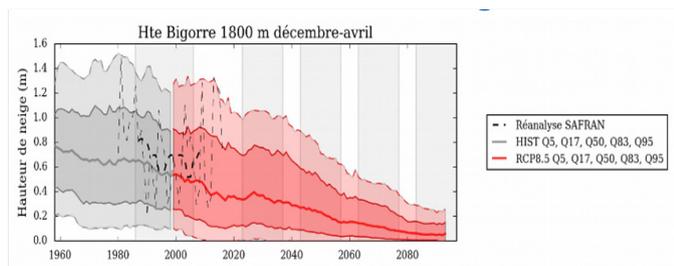


Figura 7: evolución estimada del espesor de la nieve durante la estación invernal en la estación de Bigorre, a 1800 m.

## 2.2. FLORAPYR: el atlas de la flora de los Pirineos

### Resumen

El Cordillera pirenaica es particularmente sensible a los principales desafíos climáticos. La biodiversidad pirenaica y en general los ecosistemas de alta montaña son particularmente vulnerables a las variaciones de las condiciones climáticas. La flora y la vegetación de los Pirineos son susceptibles de verse afectadas por la evolución climática con consecuencias tanto sobre el mantenimiento de este patrimonio excepcional (especies, comunidades, paisajes, y condiciones de vida) como sobre el valor de los recursos que representan. El proyecto FLORAPYR ha permitido mantener y completar las bases de conocimiento sobre la flora pirenaica, evaluar la situación actual de la flora vascular y desarrollar sistemas de monitoreo para la producción de indicadores.

### Objetivos

Para estudiar y entender los efectos del cambio climático, es necesario contar con bases de conocimiento y observaciones de seguimiento a medio y largo plazo. Los objetivos del proyecto FLORAPYR han sido : 1- Completar, sintetizar y facilitar el acceso a los conocimientos sobre el estado de la flora y la vegetación de los Pirineos para relacionarlos con los de la evolución del clima, 2- Delimitar los principales problemas de conservación de la diversidad vegetal, seleccionar las especies y comunidades prioritarias para la conservación y orientar políticas de conservación comunes para el conjunto del territorio pirenaico, 3- Producir y completar los indicadores para el seguimiento de la flora y la vegetación pirenaicas en relación con el clima.

### Resultados

**El atlas de la flora de los Pirineos** <http://www.atlasflorapyrenaea.eu>

Gracias al proyecto el atlas recoge ahora más de 2,3 millones de datos de más de 6.200 plantas vasculares (5068) y briofitas (1182) en una renovada interfaz en línea que permite su actualización en tiempo real. El atlas dispone de una ficha en español y francés que proporciona información general y ecológica de cada especie, además del el mapa de distribución.

Las capas de síntesis también pueden consultarse en el geoportal del OPCC (10 x10 km de tamaño de cuadrícula para toda la flora y otros indicadores).

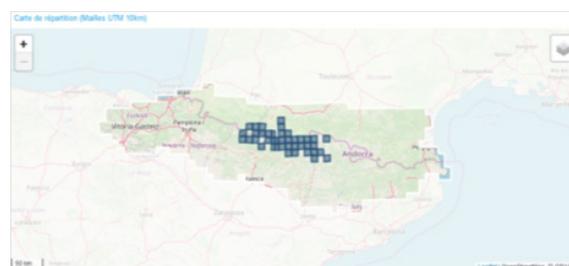


Figura 1: mapa de distribución de la *Androsace ciliata* (*Androsace ciliata* DC.), endémica de los Pirineos

#### **El catálogo de comunidades vegetales de altitud de los Pirineos**

El catálogo de vegetación de altitud incluye más de 170 tipos de vegetación, para cada uno de los cuales se ha creado una ficha explicativa y un mapa de. Este catálogo servirá de base para integrar datos más precisos y alertar sobre cuestiones clave para la conservación.

### La lista roja de la flora vascular de los Pirineos

Esta lista roja se emplea para evaluar el riesgo se ha podido elaborar la lista a escala de toda la Cordillera pirenaica empleándola metodología de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). La situación de más de 4000 plantas fue examinada por expertos del proyecto y expertos externos para determinar que algo más del 2% de la flora de los Pirineos está amenazada. La mayor o menor vulnerabilidad de estas especies a la variabilidad climática depende de los escenarios de evolución de las temperaturas y de las precipitaciones considerados.

### Seguimiento de los neveros pirenaicos

Desde 2011, este dispositivo ha permitido el seguimiento de estos hábitats singulares y especialmente sensibles desde un punto de vista climático. Gracias a la participación de 7 socios ha sido posible realizar el seguimiento de 14. Se ha mejorado el inventario de los 14 sitios, donde las observaciones se llevan a cabo cada año. Además, se han desplegado 4 dispositivos tipo “open top chamber” que permiten simular el efecto del aumento de las temperaturas en estos ecosistemas sensibles.

### Dos nuevos sitios de seguimiento del programa GLORIA <https://gloria.ac.at>

El dispositivo internacional GLORIA, (Global Observation Research Initiative In Alpine Environments) de vigilancia de la flora de alta montaña a nivel internacional, cubre actualmente 100 macizos de montaña en todo el mundo. Además de los dos emplazamientos ya existentes en Aragón, se han creado y consolidado dos localidades adicionales en el Pirineo francés.

### La implantación del programa de ciencia ciudadana Phénoclim en todos los Pirineos <https://opcc-ctp.org/fr/contenido/science-citoyenne-phenoclim>

Phenoclim es un programa científico y educativo que invita al público a medir el impacto del cambio climático en la vegetación de montaña mediante observaciones participativas del desarrollo fenológico (ciclo de vida) de 13 especies objetivo. Se ha desplegado en toda la cordillera con el apoyo del CREA Mont-Blanc y una animación dinámica de la red transfronteriza de educación ambiental Pyrénées Vivantes, gestionada por la LPO. Actualmente, gracias a esta iniciativa se están siguiendo 42 zonas de observación.

### Indicadores <https://opcc-ctp.org/fr/florapyr>

**Distribución de especies:** evolución de la distribución de los grupos de especies sensibles (capas en desarrollo en el geoportel del OPCC2)

**Flora amenazada:** % y número de especies amenazadas o casi amenazadas en los Pirineos y capas de información cartográfica que han alimentado del geoportel OPCC2.

**Seguimiento de neveros:** evolución de la composición florística de los hábitats; evolución de la fenología de *Salix herbacea* y de las especies específicas; evolución de las temperaturas en los lugares de seguimiento; evolución de la duración de la cubierta de nieve.

**Fenología:** índices fenológicos de primavera y otoño (Phénoclim Pirineos).



Figura 2: la Dioscorée de Chouard (*Borderea chouardii* Gaussen), una planta en peligro crítico de extinción.



Figura 3: dispositivo Open Top Chamber ubicado en Andorra.



Figura 4: foto del nuevo emplazamiento GLORIA en los Pirineos Centrales.

### Conclusiones

La complejidad de las interacciones entre los diferentes elementos del cambio global dificulta la evaluación de los efectos directos del cambio climático en la flora pirenaica. Se necesitan conjuntos de datos y series de observaciones suficientemente largas para poder ser compadas con los datos climáticos, especialmente para los dispositivos ubicados en altura. El trabajo del proyecto FLORAPYR ha permitido la obtención de datos preliminares, pero constituye sobre todo una base esencial para el seguimiento y el análisis del fenómeno del cambio climático y global a medio y largo plazo. Hay una fuerte dinámica en marcha que los socios desean continuar.

### Socios



Contacto: [gerard.largier@cbnmpm.fr](mailto:gerard.largier@cbnmpm.fr)

### 2.3. REPLIM: red de monitorización transfronteriza de los lagos y turberas de los Pirineos

#### Resumen

Los lagos y turberas de alta montaña son elementos icónicos del paisaje de los Pirineos muy vulnerables al cambio climático y a la creciente presión antrópica. Durante milenios, han sostenido una compleja biodiversidad y cumplido una función de almacenamiento de carbono además de proporcionar recursos hídricos, hábitats para el pastoreo y más recientemente recursos para el turismo. Su conservación en el marco de un desarrollo sostenible de la montaña es un reto y una oportunidad para concienciarnos de los efectos del cambio global en territorios considerados prístinos.

#### Objetivos

Para conocer los efectos del actual cambio climático en los lagos y turberas necesitamos series de observación más largas que las disponibles. El principal objetivo de REPLIM ha sido el establecimiento de una red transfronteriza de monitorización de lagos y turberas en los Pirineos que sirva como observatorio de los impactos del cambio climático y las actividades humanas en alta montaña. Esta aproximación transfronteriza ha permitido sintetizar y divulgar el conocimiento y facilitar la participación de todos los interesados desde la ciencia, administraciones, empresas, ciudadanía y usuarios de la montaña.

## Resultados

- Descripción de la red: nodos, instrumentalización

La red está constituida por lagos y turberas que cuentan con programas de monitorización de las aguas y sedimentos con periodicidad anual o bianual.

En los lagos seleccionados se han instalado termómetros a distintas profundidades que realizan mediciones horarias, además de trampas de sedimentos.

En las turberas se han incluido piezómetros para medir el nivel del agua y se está midiendo la calidad del agua estacionalmente el balance del ciclo del carbono y gases de efecto invernadero.

La información de cada nodo de la red se ha sintetizado en una ficha disponible en el geoportal en 5 idiomas.

- **Actividades de comunicación sobre la red.**

El proyecto REPLIM ha editado una Newsletter en cinco idiomas con periodicidad cuatrimestral. Se han realizado talleres con presencia de científicos, gestores, empresarios, ciudadanos en varias localidades para dar a conocer las oportunidades que brinda la red. La APP REPLIM (<http://www.ipe.csic.es/proyecto-replim>) permite a los ciudadanos enviar observaciones de los lagos y turberas y apoyar las tareas de investigación y divulgación de la red. En colaboración con el grupo musical O'Carolan (<http://www.ocarolanfolk.com>) y científicos de la Universidad de Zaragoza, se ha comisionado la “Breve Sinfonía de Marboré” que pone música a los últimos 15000 años de evolución ambiental y climática en los Pirineos (<http://www.ipe.csic.es/proyecto-replim>).

- **Revisión del estado de estos ecosistemas sensibles y de los impactos del CC**

Los lagos y turberas actúan como acumuladores de contaminantes orgánicos e inorgánicos (metales pesados) en sus sedimentos como demuestra la mayor concentración de plomo y mercurio en sedimentos de la época romana, medieval y contemporánea debidos a la minería y la metalurgia y el descenso a



Figura 1. La red REPLIM



Figura 2: trabajos de monitorización en lagos de los Pirineos.



Figura 3: la turbera de Bernadouze. Visión general, equipamiento, trabajo de campo. Series temporales de las salidas de carbono orgánico disuelto (DOC (a) y carbono orgánico particulado (POC) y del carbono orgánico total (TOC) (c) durante tres años en la salida de la turbera de Bernadouze.

partir de finales del siglo XX. Más del 75 % de los lagos estudiados muestran factores de enriquecimiento en metales por encima del 1.5, mayor en los Pirineos centrales y orientales que en los occidentales. La fusión de glaciares y de suelos permanentemente helados (permafrost) puede aumentar la removilización de metales traza y contaminantes orgánicos persistentes.

El aumento de las temperaturas en los Pirineos ha causado:

- una tendencia clara al aumento de la temperatura en aguas superficiales de los lagos, mayor en el verano y particularmente en el otoño, que han favorecido cambios en las comunidades de diatomeas y que podrían afectar la composición química de las aguas (incremento de la alcalinidad y de la concentración de nutrientes).
- una aceleración del proceso de descomposición de la turba, incrementando como consecuencia las emisiones de CH4 y CO2, principales gases responsables del calentamiento global

El aumento de la variabilidad en las precipitaciones en alta montaña y de la frecuencia e intensidad de las sequías e inundaciones podría disminuir considerablemente la disponibilidad de agua, reducir las áreas inundadas de las turberas y aumentar la tasa de erosión de las turberas, que además podría verse amplificado por el drenaje de las mismas y el efecto del sobrepastoreo.

¿Cómo se comparan estos cambios recientes observados en la red REPLIM con los que han experimentado estas montañas en los últimos milenios? Los estudios paleoambientales realizados en la red REPLIM muestran que los cambios en estos ecosistemas desde mediados del siglo XX debidos a las sinergias entre el Calentamiento Global y la Gran Aceleración han sido de rango similar o mayor a los asociados al final de la Pequeña Edad del Hielo (ca. 1850) y a los de la época medieval.



Figura 4: geoportal OPCC, sección red REPLIM.

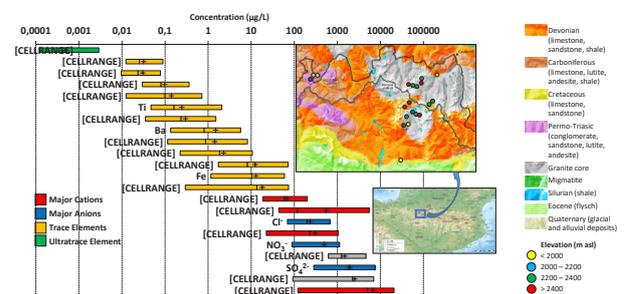


Figura 5: Concentración de elementos químicos y aniones medidos en aguas subsuperficiales tomadas en 20 lagos de los Pirineos (círculos en el mapa geológico) localizados a diferentes altitudes (indicados por diferentes colores en los círculos) en las zonas de Ossau y Bachimaña-Cauterets durante las campañas de campo de Julio y Octubre de 2017 y 2018.

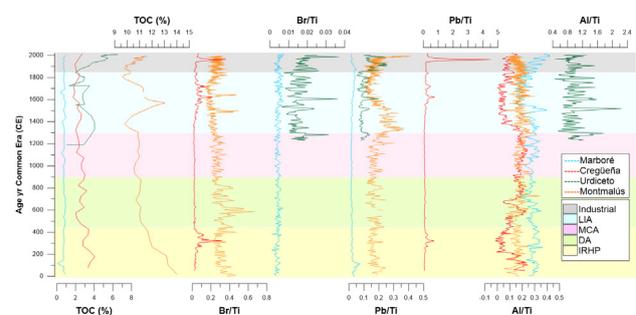


Figura 6: los cambios recientes en cuatro lagos pirenaicos comparados con los de los últimos milenios.

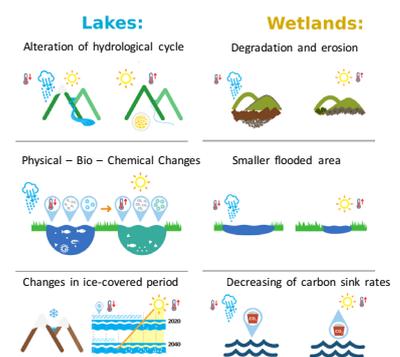


Figura 7: cambios previsibles en turberas y lagos de los Pirineos.

## Indicadores

**Manual de protocolos REPLIM:** El Manual de Protocolos REPLIM es una propuesta de indicadores necesarios para evaluar el impacto del CC y la actividad humana en ibones y turberas pirenaicos (descargable en <https://opcc-ctp.org/es/replim>). Propone realizar mediciones automáticas de temperatura en profundidad de los lagos y de caudales en turberas y análisis anuales o estacionales de la composición química de las aguas y sedimentos, con perfiles físico-químicos en profundidad. Estos datos de monitorización básica permitirán una visión transpirenaica del estado y evolución de estos ecosistemas.

## Conclusiones

- Se han producido cambios importantes durante el último siglo en lagos y turberas de los Pirineos, probablemente debidos a retroalimentaciones positivas entre el incremento de las actividades humanas y el calentamiento global.
- Las observaciones en la red REPLIM permiten disponer de datos instrumentales en emplazamientos distribuidos en todo el territorio pirenaico. El mantenimiento de una red de observación y monitorización es esencial para prevenir cambios en su estado ecológico y para concienciar sobre los impactos del CC y de las actividades humanas en alta montaña.
- La participación ciudadana es esencial para la dinamización de las redes de observación, pero es fundamental que las administraciones sean responsables de su mantenimiento a largo plazo.

## Socios



Contacto: blas@ipe.csic.es

### 2.4 CANOPEE: seguimiento de los impactos del cambio climático sobre los bosques pirenaicos

El bosque ocupa más de la mitad de la superficie del macizo Pirenaico y provee numerosos bienes y servicios a su población. El contexto actual de cambio climático puede afectar de modo importante esta multifuncionalidad provocando el decaimiento, la desaparición de especies, de hábitats notables, o el deterioro del paisaje forestal.

Por ello, se hace cada vez más patente necesario que los gestores forestales del macizo se anticipen a los cambios a través del desarrollo de herramientas comunes para la mejora del conocimiento y la posterior implementación de acciones de adaptación en el territorio.

En este contexto el proyecto CANOPEE proponía:

- potenciar el seguimiento de la fenología de las principales especies del Pirineo;
- desarrollar una herramienta para caracterizar el vigor de los árboles del Macizo y su vulnerabilidad frente al cambio climático;
- cartografiar la distribución y vulnerabilidad de las principales especies forestales del Pirineo bajo distintos escenarios de cambio climático;
- desarrollar e implementar acciones de gestión forestal adaptativa para minimizar los impactos esperados.

### Objetivos

El proyecto CANOPEE ha sido estructurado en tres ejes principales:

#### Observar

Consiste en mejorar el conocimiento de los efectos del cambio climático sobre las principales especies forestales pirenaicas, mediante la toma de muestras y análisis fenológicos.

#### Diagnosticar

Esta acción se articula en torno a dos ejes de diagnóstico:

**El primero, fisiológico**, a escala del individuo, mediante el desarrollo de claves de identificación ARCHI y de su uso en una red de parcelas.

Estas claves permiten diagnosticar el estado de los árboles, así como establecer un pronóstico sobre sus capacidades para superar un estrés o trauma, en particular climático. El propósito de este eje ha sido el desarrollo de cuatro claves, formar a los profesionales para su uso, e implementar los seguimientos para las especies de mayor importancia en los Pirineos.

**El segundo** eje tenía como objetivo evaluar el impacto de los diferentes escenarios de cambio climático en las áreas potenciales de distribución de las principales especies forestales de los Pirineos y el desplazamiento gradual previsto de estas especies.

#### Actuar

El propósito de esta acción fue avanzar en la comprensión de cómo reducir la vulnerabilidad de los bosques frente al cambio climático. Se seleccionaron una serie de masas representativas del macizo, donde se implementaron varias acciones de gestión forestal para reducir su vulnerabilidad y, finalmente, medir los efectos de estas acciones sobre los recursos hídricos.

## Resultados

### • Seguimientos de la fenología como “vigía” del cambio climático.

Esta red de seguimiento fenológico nace de la ampliación de las acciones del proyecto OPCC, y ha permitido ampliar la red en la vertiente sud del Macizo, permitiendo además:

- Identificar las especies que, a priori, se consideran más sensibles a la mayor variabilidad climática (aparente estabilidad interanual de brotación del haya, del abeto y las quercíneas, pudiendo variar entre 2 y 3 semanas)
- Señalar las primeras tendencias de evolución. Si las curvas no coinciden, esto hace pensar que existe una ligera tendencia al avance de las fechas de inicio de la brotación.

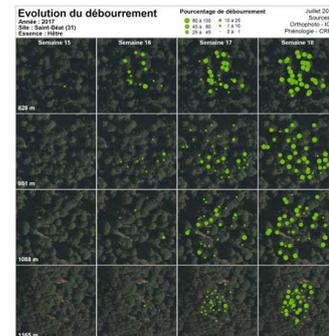


Figura 1: seguimiento fenológico como “centinela” del cambio climático.

### • Método de diagnóstico del estado sanitario de los árboles.

Los árboles pueden sufrir alteraciones en su estado de salud que se pueden deberse al cambio climático (en particular los episodios de sequía o las olas de calor). Sin embargo, no todos los árboles sufren por igual, sino que algunos disponen de una capacidad de reacción y de una resiliencia que hasta el momento no se había tenido en consideración. Es por este motivo que el proyecto CANOPEE emplea la metodología de diagnóstico sanitario ARCHI para 4 nuevas especies (*Fagus sylvatica*, *Pinus sylvestris*, *Pinus nigra*, *Pinus uncinata*). Basada en la arquitectura de los árboles, permite identificar los individuos susceptibles de eludir las perturbaciones, ya sean físicas o climáticas.

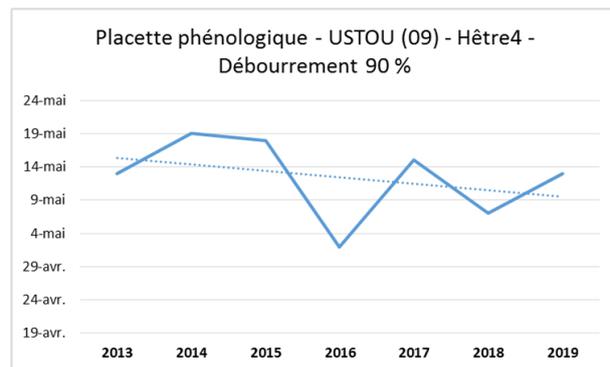


Figura 2: gráfico de la evolución de la fecha de brote del haya (al 90%).

### • Mapa de Balance Hídrico Climático (BHC-sequía)

Establecido a partir de estándares climáticos entre 1981-2015 (proyecto CLIMPY), con una interpolación de resolución fina (50 m de tamaño de cuadrícula, MNT y gradientes climáticos altitudinales) con el fin de integrar la distribución altitudinal de las especies en una ladera. Precipitación, temperatura y radiación (exposición, pendiente, etc.) determinan el balance hídrico climático anual (BHC).

### • Mapas de Vigilancia Climática Relativa (VCR)

La VCR es una variable estandarizada del BHC para cada especie y sobre la zona de distribución de la especie considerada. Para un mismo balance hídrico, una especie puede estar fuertemente limitada (debido a sus exigencias ecológicas) mientras que otra puede encontrarse todavía en una situación “confortable” para ella. La utilización de la VCR se basa en la hipótesis de que los lugares que se verán impactados por las sequías son aquellos que actualmente presentan un índice de sequía más elevado. El mapa propone una clasificación relativa de la situación de cada especie: mayor vigilancia allí donde el mapa indica un clima más seco que en el resto de la distribución pirenaica de la especie.

## 2. El OPCC2 y sus proyectos asociados



El mapa de VCR no pronostica decaimiento a corto o medio plazo, sino que muestra aquellas las zonas más secas (fuerte vigilancia) que serán, a priori, las primeras afectadas por una intensificación de las sequías. A su vez, una vigilancia relativa baja no garantiza la supervivencia de la especie.

### • Acciones demostrativas de gestión adaptativa realizadas

Se han implementado un conjunto de acciones estratégicas (12 en total, 6 en cada vertiente de los Pirineos) en diferentes masas forestales representativas del macizo pirenaico, con el objetivo de mejorar su adaptación frente al cambio climático y en particular, reducir su vulnerabilidad frente al aumento del estrés ligado a la sequía.

Los áreas seleccionadas para la aplicación de las acciones se localizan en zonas de gran vulnerabilidad potencial.

Las acciones se han implementado sobre al menos 2 hectáreas, con la identificación sistemática de una zona control sin actuación de 1 ha.

Antes y después de las intervenciones, se han medido una serie de variables para caracterizar las formaciones forestales y evaluar las consecuencias de los tratamientos sobre las masas.

### • Evaluación del impacto de las acciones para la adaptación sobre el balance hídrico

Se ha utilizado el modelo MEDFATE, desarrollado entre otros por los investigadores del *Centre Tecnològic Forestal de Catalunya*, para evaluar el impacto actual y futuro de las actuaciones sobre el recurso hídrico (estrés hídrico de las especies forestales). Las variables climáticas de entrada del modelo se han obtenido del proyecto CLIMPY. Aquellas relativas a la estructura y composición de las masas se han tomado de los inventarios realizados por los socios, antes y después de las intervenciones.

### • Manual de buenas prácticas

Se ha desarrollado un manual de buenas prácticas de gestión para la adaptación de los rodales de los bosques pirenaicos al cambio climático. Este manual presenta:

- I. las bases ecológicas y técnicas de diferentes estrategias de adaptación: cambios en las especies y procedencias, diversificación de la composición de los rodales, reducción de la densidad, refuerzo de la resistencia al fuego;
- II. un mapa de sitios de demostración donde se llevaron a cabo acciones de adaptación a escala de los Pirineos;
- III. fichas descriptivas de las acciones y sus consecuencias para el balance hídrico.

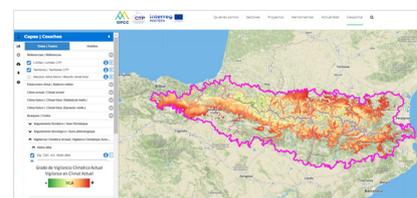


Figura 3. mapa de Vigilancia Climática Relativa del abeto común en los Pirineos.  
<https://www.opcc-ctp.org/es/geoportal>



Figura 4: Saint-Laurent de Cerdans, estado del ensayo antes del tratamiento (izquierda) y después del tratamiento (derecha).

## Indicadores

### OBSERVAR

- **Para los propietarios y gestores forestales:** Una red de 63 parcelas dirigidas a 6 especies (Pinus uncinata, Abies alba, Fagus sylvatica, Pinus sylvestris, Quercus petraea, Pinus nigra Salzmannii) entre 600 y 2.200 m de altitud. Desarrollo del método ARCHI para 4 especies pirenaicas (*Fagus sylvatica*, *P. nigra Salzmannii*, *P. sylvestris*, *P. uncinata*). 2 sesiones de formación.
- **Para el público en general:** concienciación de la realidad del cambio climático a través de la evolución fenológica de cada especie y cada sitio inventariado, accesible mediante el portal de mapas OPCC.

### DIAGNOSTICAR

- **Para propietarios y gestores forestales:** mapas de Vigilancia Climática Relativa por especie (*Abies alba*, *Castanea sativa*, *Fagus sylvatica*, *Pinus halepensis*, *P. nigra*, *P. pinaster*, *P. radiata*, *P. sylvestris*, *P. uncinata*, *Quercus ilex*, *Q. petraea + pubescens + robur*, *Q. pyrenaica*, *Q. suber*).
- **Para el público en general:** conocimiento a través de mapas del nivel de empeoramiento del balance climático del agua para diferentes escenarios de aumento de temperatura.

### ACTUAR

- **Para propietarios y gestores forestales:** recomendaciones técnicas y ejemplos *in situ* de acciones silvícolas para aumentar las capacidades de adaptación de los rodales en los Pirineos.
- **Para el público en general:** popularización del potencial de las acciones silvícolas para adaptar las masas forestales a los efectos del cambio climático mediante la instalación de paneles de información en los sitios de intervención.

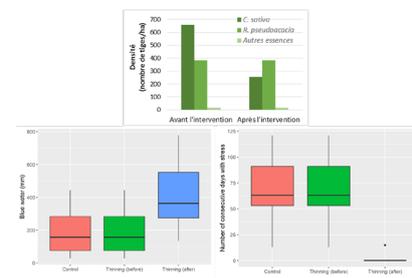


Figura 5: evaluación del impacto de las diferentes acciones de adaptación en el balance hídrico. Saint-Laurent de Cerdans, efectos de la operación sobre la densidad, el número de días de estrés hídrico y el agua azul (agua exportada).

## Conclusiones

La construcción de estrategias de adaptación requiere un alto nivel de conocimiento:

- sobre el fenómeno del cambio climático en sí mismo;
- sobre sus impactos, variables según las especies y regiones y con un alto nivel de incertidumbre (según CLIMPY, el aumento de las temperaturas máximas estaría entre 1.9 y 7.1 ° C para 2100);
- sobre la capacidad de adaptación de los bosques, sobre los métodos de adaptación y su efectividad.

Frente a este inmenso desafío, el objetivo de CANOPEE ha sido articular las primeras respuestas posibles, en términos de conocimiento práctico y herramientas de toma de decisiones en los Pirineos.

Por lo tanto, el establecimiento del seguimiento fenológico y de su salud permite comprender mejor las consecuencias reales del cambio climático. Las herramientas desarrolladas brindan los medios técnicos para identificar especies, y regiones potencialmente afectadas y así priorizar las intervenciones para adaptarse de manera efectiva mediante prácticas y elecciones silvícolas.

Los mapas de Vigilancia Climática Relativa permiten optimizar el seguimiento de la salud y priorizar acciones de adaptación sin demora en función de los gradientes de estrés: pruebas comparativas de especies más o menos adaptadas a la sequía, o prácticas de silvicultura destinadas a aumentar la resiliencia de los bosques. Como resultado de estas herramientas, el proyecto propone bases técnicas y científicas sólidas al sector forestal pirenaico con el fin de construir una estrategia de adaptación efectiva. Esto se consigue a través de pruebas locales que permiten adaptar las recomendaciones generales a cada caso particular.

Estas respuestas se basan en:

- el establecimiento de una red de enclaves de demostración en diferentes formaciones forestales, en los que se han aplicado diversas acciones de adaptación;
- el análisis de los impactos de estas acciones en los recursos hídricos *in situ*.

Estos resultados y herramientas constituyen una base sólida que deberá continuar construyéndose para permitir la adaptación de los bosques pirenaicos al cambio climático.

### Socios



Información de contacto: [raphael.delpi@forespir.com](mailto:raphael.delpi@forespir.com)

## 2.5. PIRAGUA: evaluación de ciclo hidrológico de los Pirineos en un contexto de cambio climático

### Introducción

Desde el mar Mediterráneo hasta el océano Atlántico, los Pirineos representan la principal fuente de recursos hídricos del noreste de España, Andorra y el suroeste de Francia. Además de satisfacer las crecientes necesidades de agua humana como riego, agua potable, producción de hidroelectricidad y turismo; la escorrentía y la recarga de acuíferos que se producen en los Pirineos son clave para mantener el equilibrio ecológico tanto en la cabecera como en muchos kilómetros aguas abajo de esta cordillera. Por lo tanto, en un contexto climático cambiante con una importante componente de incertidumbre, la identificación de opciones de adaptación robustas para los Pirineos y territorios circundantes es clave para garantizar la sostenibilidad del ciclo del agua en la región.

### Objetivos

El objetivo del proyecto PIRAGUA es abordar, a través de la cooperación transfronteriza, la evaluación del ciclo hidrológico de los Pirineos dentro de un contexto de cambio climático, unificar y homogeneizar la información existente, anticipar escenarios futuros, desarrollar indicadores y proponer estrategias de adaptación con impacto en el territorio. El objetivo final es apoyar la inversión destinada a la adaptación al cambio climático en relación con los recursos hídricos, incluidos eventos extremos como inundaciones y sequías. Además, el proyecto está alineado con los objetivos del Observatorio Pirenaico del Cambio Climático (OPCC), cuyo objetivo es ser la plataforma de conocimiento de referencia sobre la adaptación al cambio climático en ecosistemas de montaña.

### Resultados

PIRAGUA combina datos de todos los actores relacionados con el agua, dentro de los territorios influenciados por los Pirineos, para desarrollar una base de datos regional sin precedentes de recursos y usos de aguas superficiales y subterráneas, así como la primera base de datos de inundaciones que cubre toda la región pirenaica. Se utilizarán las proyecciones de cambio climático producidas por el proyecto CLIMPY, junto a escenarios socioeconómicos, para forzar varios modelos de simulación y obtener un conjunto de efectos futuros sobre los recursos de aguas superficiales y subterráneas. Asimismo, se evaluarán los impactos futuros en las principales actividades económicas en el territorio de los Pirineos a través de la implementación de siete casos de estudios. Todos estos resultados ayudarán a identificar opciones de adaptación innovadoras, robustas y sostenibles que beneficien a todo el territorio sin atender a límites administrativos, estimulando soluciones comunes a problemas comunes.

### Cambios recientes y futuros en la hidrología de los Pirineos

El análisis espacio-temporal de los componentes del equilibrio hidrológico de los Pirineos es un aspecto central del proyecto y representa un aspecto novedoso en la gestión de los recursos hídricos dado que considera todos los aspectos del equilibrio hidrológico. Se ha realizado un análisis estadístico preliminar de valores y tendencias de caudales históricos. Posteriormente, se utilizará un conjunto de modelos para evaluar el balance hidrológico y la disponibilidad de recursos hídricos recientes y futuros.

El análisis estadístico y de tendencias de la evolución de caudales en los ríos se ha realizado para una selección de estaciones hidrométricas con la menor influencia antrópica desde 1960. En general, los resultados muestran que el caudal mediano (q50) de los ríos pirenaicos experimentó disminuciones significativas en el período 1961-1990 (Figura 1a), que continuó en el período 1981-2010, aunque con menos significancia (Figura 1b).

La estimación de la disponibilidad futura de agua en los Pirineos se llevará a cabo mediante un conjunto de herramientas de modelado que utilizarán los resultados del proyecto CLIMPY como forzamientos climáticos. Estos escenarios permitirán estudiar las posibles tensiones que puedan ocurrir con respecto a los recursos hídricos en el futuro.

### Gestión de recursos hídricos en cuencas de origen pirenaico

El uso de los recursos hídricos está claramente diferenciado entre el norte y el sur de los Pirineos (Figuras 2 y 3). La extracción de agua es más intensa en el sur, especialmente en el Pirineo central, en la cuenca del río Ebro, donde la mayor parte del agua extraída se destina al regadío. La extracción de agua en el lado norte de la cordillera está más equilibrada entre el uso urbano y agrícola, con cierta relevancia de los usos industriales en cuencas con presencia de producción hidroeléctrica.

La gestión y asignación de los recursos disponibles producidos en los Pirineos está a cargo de cinco entidades públicas, dos en Francia ('Agence de l'eau Adour-Garonne' y 'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée & Corse') y tres en España ('Agencia Vasca del Agua', 'Agencias Catalana del Agua' y 'Confederación Hidrográfica del Ebro'). Tras la implementación de la Directiva Marco Europea en Francia y España, todas ellas desarrollaron sus respectivos planes de cuenca con el objetivo de lograr el buen estado ecológico de las masas de agua dentro de sus territorios. Sin embargo, mientras que los planes españoles consideran aspectos cuantitativos, los planes franceses abordan principalmente aspectos relacionados con la calidad del agua, lo que conlleva el desarrollo de estrategias de adaptación para el cambio climático futuro diferentes.

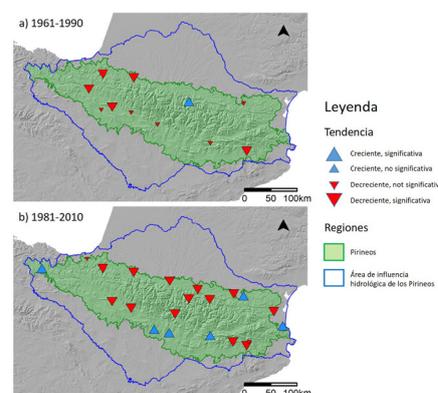


Figura 1. tendencia de los caudales medianos (q50) en estaciones seleccionadas del Pirineo en los periodos 1961-1990 (a) y 1981-2010 (b).

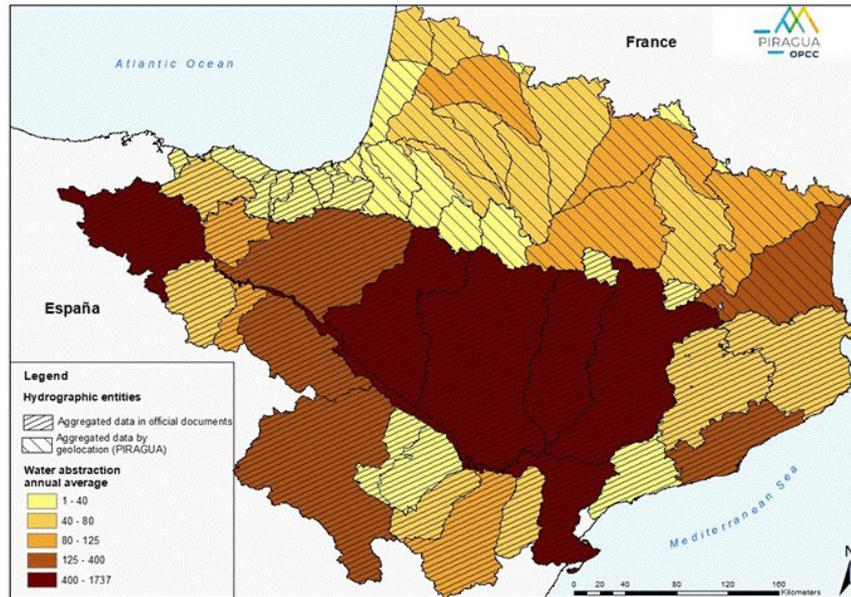


Figura 2. extracciones anuales promedio (hm<sup>3</sup> / año) a escala de las unidades hidrográficas o cuencas de referencia (los períodos durante los cuales se promediaron los volúmenes difieren de una cuenca a otra, aunque todos están comprendidos entre los años 2013 y 2016).

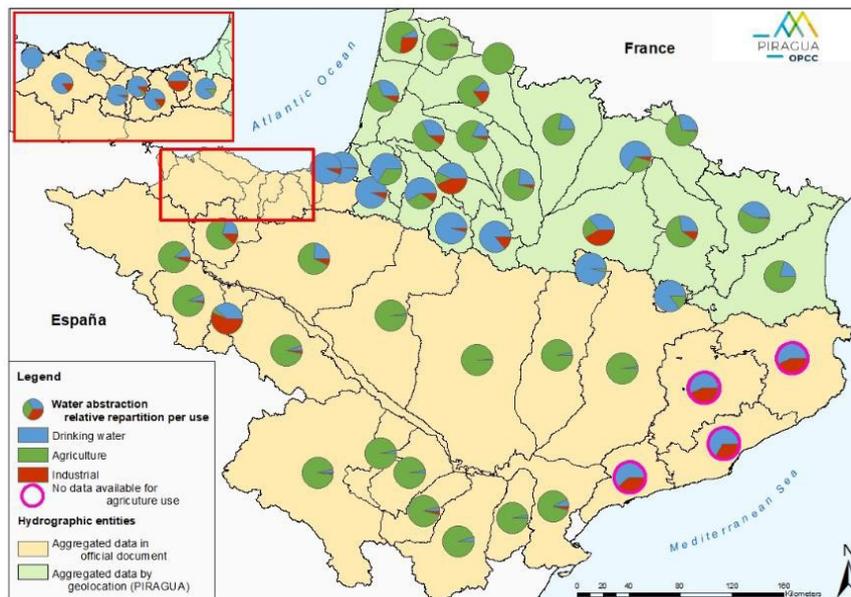


Figura 3. distribución promedio de los usos del agua extraída (suministro de agua potable, riego, industrial) para cada unidad hidrográfica a escala de los Pirineos (los períodos en los que se promediaron los volúmenes difieren de una cuenca a otra, aunque todos están comprendidos entre los años 2013 y 2016).

### Ocurrencia de inundaciones

PIRAGUA también analizó el número de eventos de inundación (tanto inundaciones repentinas como de aguas superficiales) que han afectado a cada municipio en los Pirineos entre 1981 y 2015 (Figura 4), aunque la información registrada y disponible para las diferentes regiones no es homogénea. Por ejemplo, en el caso de Andorra y Cataluña están disponibles todos los eventos, incluidos los menores. Hasta ahora, no se ha encontrado una tendencia significativa común.

### Impactos potenciales y oportunidades para la adaptación en sectores dependientes del agua

PIRAGUA aborda la adaptación al cambio climático a través de siete casos de estudio distribuidos a lo largo de los Pirineos, desde turberas de cabecera hasta el sistema regable más grande de España y la Unión Europea (Figura 5). El objetivo de cada caso de estudio es analizar los efectos del cambio climático, valorar posibles estrategias de adaptación, y estimar la posibilidad de extrapolarlos a otras zonas del territorio, dentro de los Pirineos.

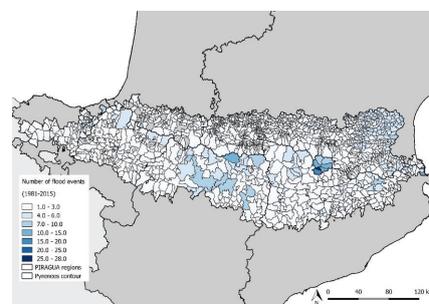


Figura 4. número total de inundaciones que han afectado a cada municipio de los Pirineos en el periodo 1981-2015.

## Conclusiones

PIRAGUA ha demostrado la necesidad de la cooperación transfronteriza en asuntos como el monitoreo e inventario de recursos hídricos en una región compartida por ocho administraciones territoriales diferentes y siete agencias de agua. Igualmente importante es el uso de datos climáticos futuros para generar resultados que capturen adecuadamente las incertidumbres inherentes en el proceso de evaluación de los impactos del cambio climático. Sólo así es posible tomar decisiones de inversión de adaptación más sólidas y consensuadas por todos los actores involucrados. Finalmente, el proyecto destaca la importancia de considerar el impacto del cambio climático en diferentes sectores económicos y servicios ecosistémicos que se ven afectados, o tienen un efecto, sobre los recursos hídricos para identificar futuras estrategias de adaptación.

PIRAGUA es un proyecto en curso que se extiende hasta diciembre de 2020. Todos los resultados e informaciones sobre los casos prácticos estarán próximamente disponibles en <https://www.opcc-ctp.org/es/piragua>

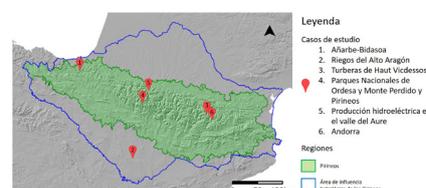


Figura 5. ubicación de los casos de estudio considerados en PIRAGUA (el séptimo caso de estudio corresponde al análisis de inundaciones a nivel de todo el Pirineo)

## Socios



Contacto [santiago.begueria@csic.es](mailto:santiago.begueria@csic.es)



## Agradecimientos

---

Al comité Técnico del OPCC y a sus respectivas instituciones

- Meritxell CUYAS,  
Ministeri de Medi Ambient, Agricultura i Sostenibilitat, Govern d'Andorra
- Toni MOLNE,  
Ministeri de Medi Ambient, Agricultura i Sostenibilitat, Govern d'Andorra
- Nélida GARCÍA,  
DG Sostenibilidad y Medio Ambiente – Gobierno de Aragón
- Lluís GUITARD,  
Oficina Catalana del Canvi Climàtic - Departament de Territori i Sostenibilitat - Generalitat de Catalunya
- Iñaki AIZPURU,  
Ihobe, Ingurumen Jarduketarako Sozietate Publikoa / Sociedad Pública de Gestión Ambiental
- Marian BARQUIN,  
Ihobe, Ingurumen Jarduketarako Sozietate Publikoa / Sociedad Pública de Gestión Ambiental
- Pedro ZUAZO,  
Dirección general de Medio Ambiente y Agua - Gobierno de Navarra
- Jokin DEL VALLE,  
Dirección general de Medio Ambiente y Agua - Gobierno de Navarra
- Gloria PAULHE,  
Direction des Relations Européennes et Internationales, Site de Toulouse, Région Occitanie
- Judith MALLET,  
Direction de la Transition écologique et énergétique
- Ludovic LAREYNIE,  
Pôle Affaires Européennes et Internationales Conseil Régional Aquitaine
- Yohana CABARET,  
Comité Scientifique Régional sur le Changement Climatique, ENSEGID





**Interreg**  
POCTEFA



UNIÓN EUROPEA  
UNION EUROPÉENNE