

# V JORNADA DE INVESTIGACIÓN

## Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido

19 DE DICIEMBRE DE 2019

100

ORDESA Y  
MONTE PERDIDO

PARQUE NACIONAL  
1918-2018



MINISTERIO  
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA

ORGANISMO  
AUTÓNOMO  
PARQUES  
NACIONALES



GOBIERNO  
DE ARAGON

## ÍNDICE

|  |   |
|--|---|
| Presentación. Elena Villagrasa Ferrer.....   | 3 |
| 1. El glaciar de Monte Perdido y las cuevas de hielo en el PNOMP:<br>registros paleoclimáticos de los últimos milenios<br>Ana Moreno Caballud.....   | x |
| 2. Monitorización del régimen térmico y propiedades físico-químicas<br>del ibón de Marboré... ¿Algo está cambiando?<br>Alejandra Vicente de Vera.....  | x |
| 3. Refugios microclimáticos en el PNOMP en un contexto<br>de cambio climático<br>Begoña García González.....   | x |
| 4. Valorando los bosques maduros pirenaicos:<br>potencial de PP. NN. como el de Ordesa y Monte Perdido<br>Jesús Julio Camarero .....   | x |
| 5. LLuvia de aerosoles atmosféricos sobre el Parque Nacional<br>de Ordesa y Monte Perdido<br>Jorge Pey Betrán .....  | x |
| 6. Evolución del pasto tras quemas prescritas de matorral de erizón<br>en el Parque Nacional<br>Ponentes: Daniel Gómez y David Badía .....   | x |
| 7. Relación planta-suelo subyacente al mosaico de pastos supra-forestales<br>en el PNOMP<br>Daniel Gómez y David Badía .....   | x |
| 8. Avance de resultados sobre el impacto del cambio climático<br>en los recursos hídricos del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido<br>(Proyecto EFA 210/16 PIRAGUA)<br>Javier Lambán Jiménez..... | x |
| 9. Campaña espeleológica del grupo Otxola en el Parque Nacional en 2019<br>Silvia Martínez de Olcoz Malo .....   | x |
| 10. Plan del Paisaje del Bien “Pirineos-Monte Perdido”<br>y Red del observatorio fotográfico<br>Paloma Ibarra y Daniel Ballarín .....  | x |

## Presentación

Elena Villagrasa Ferrer  
Directora del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido

fdgnafbgapiñfugha



# 1. El glaciar de Monte Perdido y las cuevas de hielo en el PNOMP: registros paleoclimáticos de los últimos milenios

Ana Moreno Caballud  
Instituto Pirenaico de Ecología. CSIC, Zaragoza

En el marco del proyecto PaleoICE hemos llevado a cabo una investigación multidisciplinar en el emblemático glaciar del Monte Perdido en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido. Con este trabajo queríamos demostrar si el calentamiento global de los últimos 50 años está o no fuera del rango de la variabilidad natural del clima de los últimos milenios y, gracias sobre todo al esfuerzo desarrollado en establecer una cronología del hielo glaciar, hemos podido reconstruir las etapas de avance y retroceso en respuesta a los cambios climáticos de los últimos 2000 años observando que el calentamiento de la Anomalía Climática Medieval (900-1300 años AD) no supuso tanta fusión del glaciar como el ocurrido en las últimas décadas. Las dataciones absolutas ( $^{14}\text{C}$  AMS,  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ) se han obtenido de varios sondeos de hielo extraídos en el glaciar del Monte Perdido y de 100 muestras recuperadas en un transecto altitudinal en una de las zonas más estables. La cronología nos muestra el hielo más antiguo de hace 2000 años, en época romana, cuando el glaciar estaría ya muy mermado comparado con su situación en el periodo Neoglaciar (hace unos 5000 años). Posteriormente, se observa un periodo importante de fusión de hielo y retroceso del glaciar asociado a la Anomalía Climática Medieval y una recuperación posterior. Desafortunadamente, el glaciar de Monte Perdido no cuenta ahora con hielo de la Pequeña Edad del Hielo (1400 -1850 años AD) puesto que se ha fundido prácticamente en su totalidad en las últimas décadas. Otros indicadores de carácter geoquímico como el contenido en mercurio, en plomo o en hollín que son claros marcadores de la Era Industrial no aparecen (o lo hacen en muy baja cantidad) en el hielo glaciar preservado hoy en día apoyando la cronología anterior que indicaba la ausencia del Periodo Industrial. La comparación de estos elementos con el registro sedimentario del cercano Lago de Marboré corrobora estos resultados cronológicos. Por lo tanto, como conclusión final de este proyecto de investigación llevado a cabo en el PNOMP, podemos decir basándonos en dataciones de la secuencia de hielo del glaciar de Monte Perdido que otros periodos recientes no fueron tan cálidos (o tan secos) como las últimas décadas y prueba que estamos ante un periodo sin precedentes en cuanto al retroceso de los glaciares pirenaicos.

## 2. Monitorización del régimen térmico y propiedades físico-químicas del ibón de Marboré... ¿Algo está cambiando?

Alejandra Vicente de Vera García, Blas L. Valero Garcés,  
Ana Moreno, María Pilar Mata Campo y equipo REPLIM

### 1. La red REPLIM

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. 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.



Figura 1. Localización de los lagos y turberas monitorizados en la red REPLIM

Para ello, se creó REPLIM, la Red de Observatorios de Ecosistemas sensibles (Lagos y Turberas) al Cambio Climático en el Pirineo (<https://www.opcc-ctp.org/es/replim>) dentro del proyecto REPLIM financiado en la convocatoria POCTEFA 2016. El principal objetivo de este proyecto 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 establecer una red con nodos en todos los territorios pirenaicos con ecosistemas de alta montaña, consensuar protocolos de estudio e instrumentalizar algunos sitios

característicos. La red quiere ser la herramienta para sintetizar y divulgar el conocimiento y facilitar la participación de todos los interesados desde la ciencia, administraciones, empresas, ciudadanía y usuarios de la montaña (Informe final 2019 OPCC2).

## 2. Tareas de monitorización en el nodo de Marboré.

Un ejemplo de todo el trabajo que se está realizando en la red REPLIM es la investigación en el Ibón de Marboré. El Ibón de Marboré (Lat: 42.695 Long: 0.040) se sitúa a 2600 m de altura, a los pies del Glaciar de Monte Perdido en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido. La superficie de la cuenca en la que se encaja es de 95.7 Ha, la superficie del lago es de 8.8 Ha y su profundidad máxima es de 26m.



Figura 2. Fotografías del lago de Marboré y localización del mismo (en rojo) junto al resto de zonas de estudio de la red REPLIM

En Marboré se realizan labores de monitorización de las aguas y sedimento con periodicidad anual que incluyen tres aspectos:

### 1. Análisis físico-químico de las aguas:

- Análisis de muestras de agua a diferentes profundidades para medir la composición química en aniones y cationes principales (Fig. 6).

—Perfiles continuos mediante el uso de una sonda multiparamétrica de temperatura, conductividad, sólidos disueltos, oxígeno disuelto, pH y potencial oxidación-reducción de las aguas (Fig. 7).



Figura 3. Fotos del muestreo en campo de agua a diferentes profundidades (izquierda).  
Botellas rotuladas para tomar muestras en campo (derecha)

## 2. Régimen térmico

En la zona más profunda del lago se ha colocado un sistema con una boya superficial y un anclaje al fondo para mantener una cuerda vertical y fija en la que se han instalado unos termómetros HOBO a diferentes profundidades (cada 5 m) que registran las temperaturas a escala horaria (Fig. 8). Con estos datos se pueden reconstruir la variación de temperaturas en profundidad a lo largo de la columna de agua del lago durante todo el tiempo de medición.

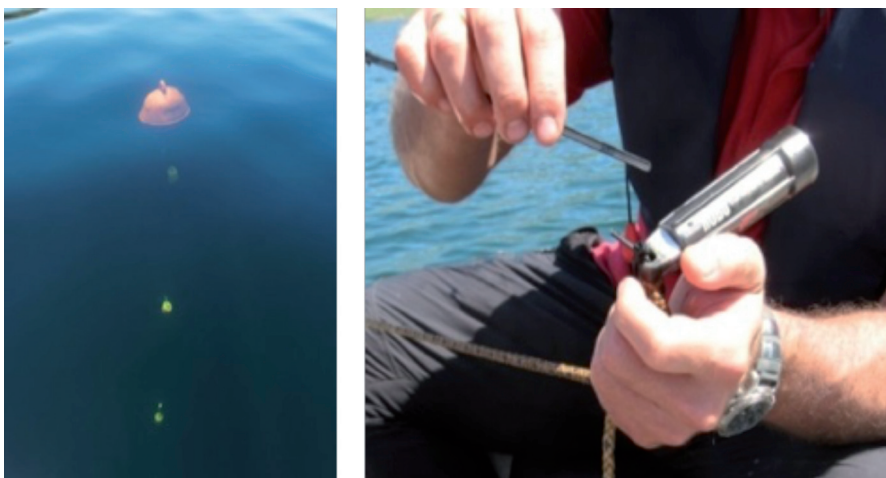


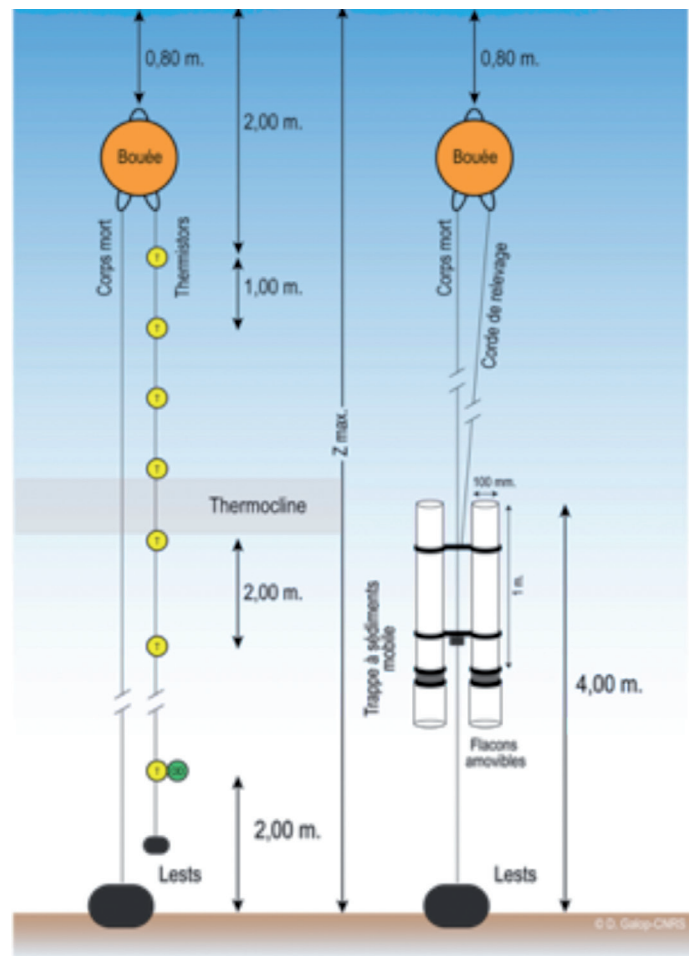
Figura 4. Fotografía de la boya sumergida en el agua con los diferentes termistores colgados de ella a diferentes profundidades (izquierda), termistor HOBO (derecha)



### 3. Trampas de sedimento

En el mismo sistema de cuerdas donde están colocados los termistores, se ha colocado en el fondo una trampa doble para capturar sedimento (Fig. 5). En Marboré se ha instalado otra trampa adicional en una zona más distal. El material almacenado nos permite caracterizar los flujos de sedimentos (anuales o estacionales), el tipo de sedimento y sus propiedades físicas, químicas y biológicas. En el sedimento recogido se analiza el contenido en materia orgánica, isótopos de  $\delta^{15}\text{N}$  y  $\delta^{13}\text{C}$  en materia orgánica y análisis texturales (granulometrías).

Figura 5. Esquema del sistema de boya, termistores y trampa de sedimento que se coloca en los lagos de la red REPLIM. Todas las diferentes partes están sujetas a una cuerda que se fija entre una boya y un peso al fondo



## 3. Resultados de la monitorización en Marboré

La monitorización en el ibón de Marboré durante los últimos años ha permitido establecer las condiciones basales de los procesos de sedimentación en el lago, la composición de las aguas y el régimen térmico. Los datos que se han obtenido del proceso de monitorización son coherentes con los que aparecen publicados en Sánchez-España *et al.*, 2018.

### Análisis físico-químico de las aguas de lagos

— Muestras anuales de las aguas

El objetivo de estos análisis es continuar con la caracterización general de la composición química de las aguas iniciada en proyectos anteriores. En la Figura 6 se muestran

los perfiles en profundidad de algunos cationes y aniones principales en las dos campañas de muestreo en el verano de 2017 y 2018.

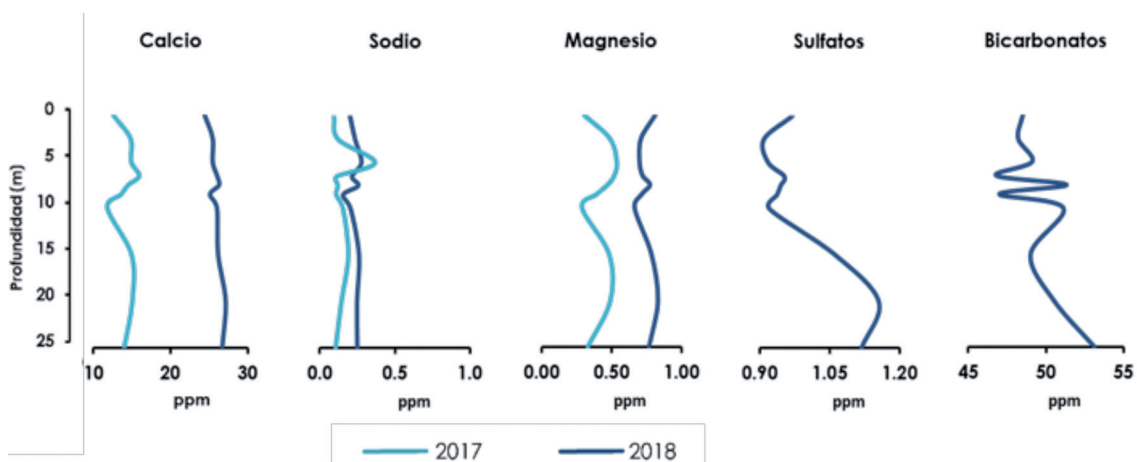


Figura 6. Composición de cationes y aniones principales de las muestras de aguas en profundidad

— Perfiles continuos de la columna de agua.

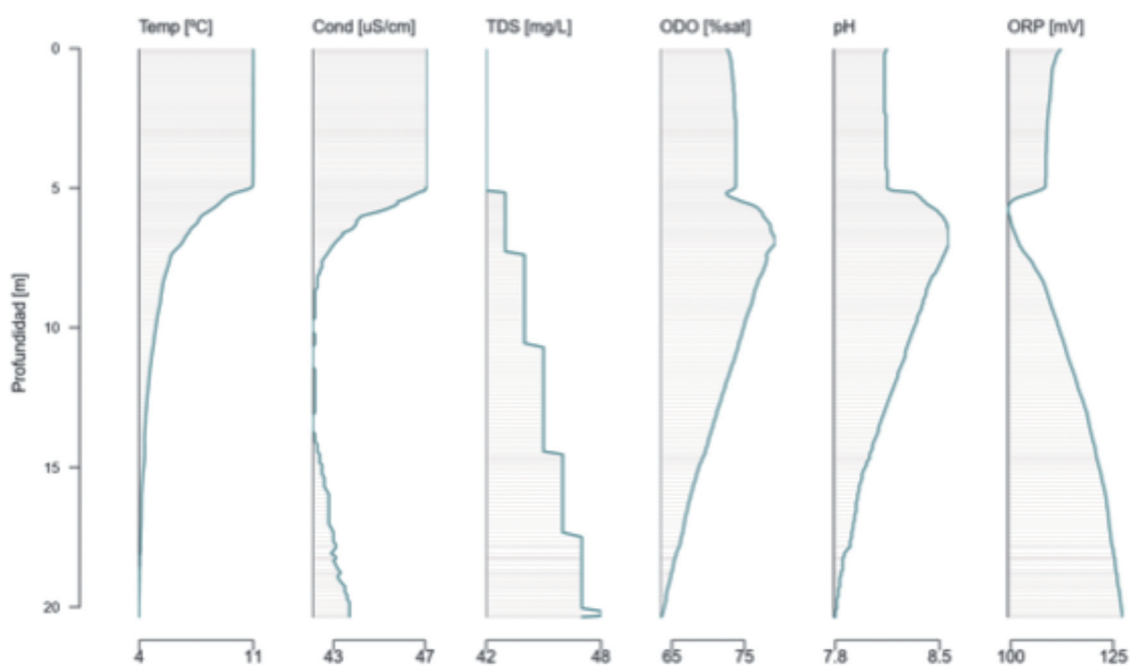


Figura 7. Resultados obtenidos en Marboré, en septiembre de 2018, mediante sonda multiparamétrica YSI EXO 1.

En las gráficas de la figura 7, se muestran algunos resultados de las mediciones de la sonda multiparamétrica que ilustran el estado del lago (estratificado, mezcla) en el

momento de las mediciones. A finales del verano de 2018, en torno a una profundidad de 6m todos los parámetros muestran una inflexión (termoclina), marcando que el lago se encontraba térmicamente estratificado en ese momento. La concentración de oxígeno disuelto (ODO), en este momento de estratificación del lago, aumenta en la termoclina para ir disminuyendo hacia fondo, de forma similar al pH. El potencial redox aumenta de forma general con mayor profundidad, pero disminuye marcadamente en la termoclina. Estas observaciones son coherentes con previas mediciones que indican que el ibón de Marboré desarrolla una estratificación leve de las aguas en el periodo sin hielo (Sánchez-España et al. 2018). Los valores de pH se mantienen en rangos similares a los medidos previamente.

### Régimen térmico

En la figura 8 se presentan gráficos con el detalle de las variaciones de temperatura durante los periodos en los que han funcionado los termistores. Se observan los ciclos anuales, las transiciones estacionales y cómo estos cambios se transmiten en profundidad. Se pueden ver cambios entre años más cálidos y más fríos, por ejemplo, se aprecia que el año 2016 fue un año relativamente más cálido: en verano las temperaturas máximas de las aguas alcanzaron los 14°C y se prolongaron durante más días y alcanzaron mayor profundidad. El invierno del 2016-2017 fue menos frío que los anteriores y las temperaturas en

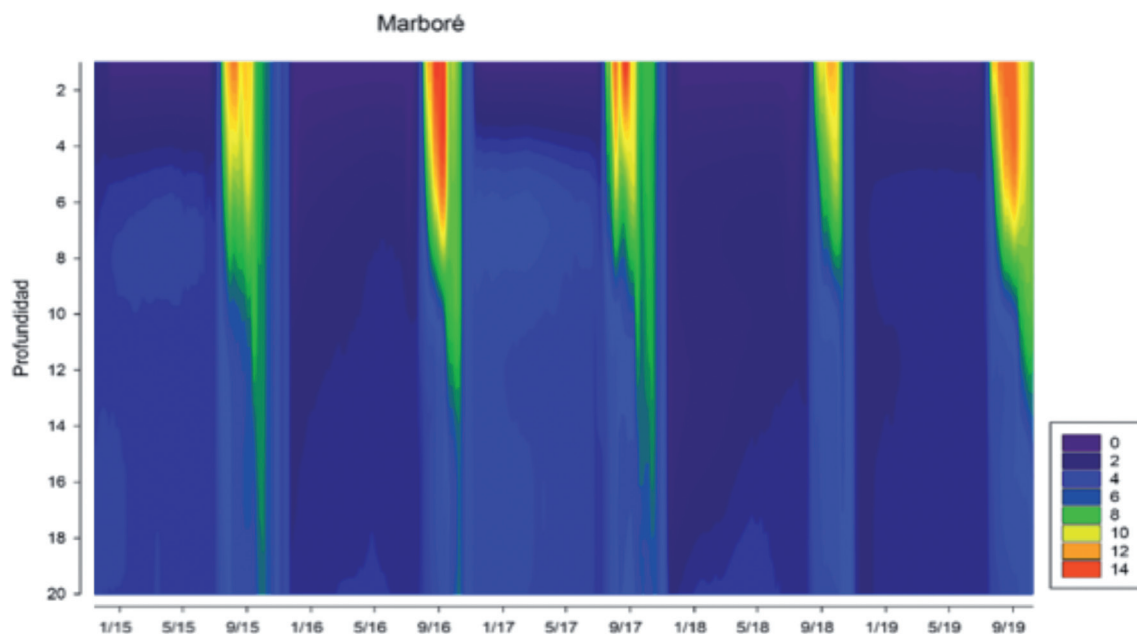


Figura 8. Régimen térmico obtenido del ibón de Marboré a partir de los termistores de temperatura colocados a 1,5,10,15 y 20 metros de profundidad

la columna de agua fueron ligeramente mayores en profundidad (hasta 7°). La isoterma de 0° en superficie del lago Marboré (hielo) tiene menos espesor que en años anteriores. Por el contrario, el año siguiente fue más frío y durante el invierno del 2017-2018, en profundidad no se superaron los 4°C; durante el verano las temperaturas máximas son menores, durante menos días y alcanzan menor profundidad (12°C). Los perfiles muestran que el ibón de Marboré presenta una fase de estratificación normal en verano y de estratificación inversa en invierno.

Considerando todos los lagos de la red REPLIM, se aprecia una alta variabilidad interanual (especialmente para las tendencias de invierno), un aumento de la temperatura superficial en verano en la mayoría de los casos, y cambios más discretos en las zonas profundas.

En el gráfico se puede ver en detalle el periodo de estratificación térmica y el momento de mezcla.

Durante el verano el ibón se encuentra estratificado, con temperaturas más altas en superficie que van decreciendo hacia el fondo. Al comienzo del otoño, en un periodo breve de tiempo (unos días), la temperatura de superficie desciende y rápidamente se mezcla con el agua del fondo, unificando la temperatura en toda la columna de agua. En invierno, la temperatura superficial es menor que en profundidad, de manera que se produce una estratificación inversa.

### Trampas de sedimento

— Cálculo de flujos de sedimento

Con los datos del material acumulado en las dos trampas de sedimento colocadas en 2017 y 2018 Marboré se ha calculado el flujo de sedimento (gr/m<sup>2</sup>/año) que aparece en la figura 9.

| LAGO                   | Flujo sedimento<br>g/m <sup>2</sup> /año |
|------------------------|--|
| MARBORE P.1 (Proximal) | 394.3                                    |
| MARBORE P.2 (Distal)   | 258.7                                    |

Figura 9. Resultados del flujo de sedimentos al ibón de Marboré en el año 2017-2018

Marboré es, de los lagos de la red REPLIM, el que tiene un flujo de sedimentos mayor, debido en parte al tipo de cuenca en la que se encaja (Formaciones carbonatadas del Cretácico Superior y Eoceno), más fácilmente erosionables y a la presencia de abundantes canchales superficiales que rodean al lago y algunos barrancos constituyen la mayor fuente de sedimentos.

— Análisis isotópicos de materia orgánica

En el material recogido en las trampas se han realizado análisis del contenido en materia orgánica, relación C/N e isotopía en materia orgánica. En la figura 10 se puede ver los resultados de isotopía obtenidos en Marboré, incluyendo muestras de sedimento del barranco de entrada al lago desde el NW, vegetación del entorno y trampas de sedimento. Los valores de C/N en las trampas indican un origen fundamentalmente algal de la MO (valores menores que los de la vegetación) y es interesante que los valores de los sedimentos del arroyo de entrada al lago sean más coherentes con un origen algal que terrestre. Los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  están en el mismo rango en las trampas y la vegetación circundante, pero son ligeramente menos negativos en las trampas, mientras que los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  son más positivos en las muestras del lago y en el sedimento. Los valores menos negativos de  $\delta^{13}\text{C}$  del sedimento del barranco también sugieren actividad algal. Los valores del sedimento acumulado en las trampas indican un predominio de materia orgánica de origen lacustre o de actividad biológica algal en verano en los torrentes de acceso al lago, con una aportación menor de la vegetación de la cuenca (Valero-Garcés et al., 2019)

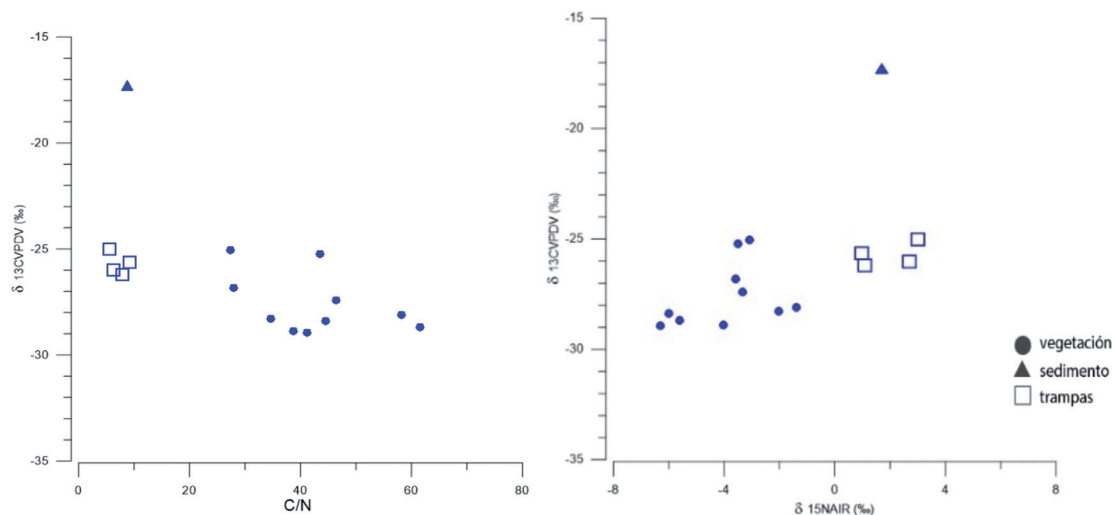


Figura 10. Relación entre  $\delta^{15}\text{N}$  y  $\delta^{13}\text{C}$ , y  $\delta^{13}\text{C}$  y C/N de las muestras recogidas en el entorno del lago (vegetación y sedimento de barranco de entrada al lago) y las trampas de sedimento de Marboré

## 4. Conclusiones

Necesitamos unas series temporales más largas para poder caracterizar mejor los procesos geoquímicos y sedimentarios recientes en el ibón de Marboré en un contexto temporal amplio que permita entender las tendencias actuales y los posibles escenarios futuros. Todavía no se observan cambios significativos en el régimen térmico y en la dinámica de la estratificación de las aguas, pero en el conjunto de la red REPLIM, con el breve periodo de tiempo monitorizado, se aprecia una tendencia clara al aumento de la temperatura en aguas superficiales de los lagos, mayor en el verano y particularmente en el otoño, en los años más cálidos, que podría afectar la composición química de las aguas (incremento de la alcalinidad y de la concentración de nutrientes).

La obtención de los datos de composición de las aguas y sedimentos y la instrumentalización y mantenimiento de la red ha supuesto una fuerte inversión económica y de personal que es fundamental rentabilizar, ya que solo las series largas de observaciones nos permiten prever cambios en el estado ecológico de los lagos. Estos datos son imprescindibles para documentar las tendencias actuales y modelar los impactos futuros previsibles y pueden ayudar a definir una estrategia de gestión integrada apropiada, además de concienciar sobre los impactos del cambio climático y de las actividades humanas en alta montaña.

## Bibliografía

- Equipo REPLIM. 2019 Informe final: Presentación de resultados del proyecto OPCC2 y proyectos asociados: CLIMPY, REPLIM, CANOPEE, PIRAGUA, FLORAPYR (<https://www.opcc-ctp.org/es/documentos>)
- Sánchez-España, Javier; Mata, Pili; Vegas, Juana; Morellón, Mario; Rodríguez, Juan A; Salazar, Ángel and Yusta, Iñaki (2018). «Limnochemistry of the remote, high mountain Lake Marboré (Ordesa and Monte Perdido National Park, Central Pyrenees): Stratification dynamics and trace metal anomalies». *Limnetica*, 37(1): 85-103.
- Valero-Garcés, Blas Lorenzo; Vicente de Vera, Alejandra; Mata, M. Pilar; Sociats, Ona; Felip, Marisol; Galofre, Marcel and Copons, Ramón (2019). *Carbon burial variability in high altitude Pyrenean lakes during the last two millennia*. Abstract Book. INQUA Dublín (Irlanda).

### 3. Refugios microclimáticos en el PNOMP en un contexto de cambio climático

María Begoña García  
& Raúl Hoffrén, Manuel Pizarro, Darío Domingo, Pablo Tejero,  
Daniel Gómez, Manuel Grasa, Javier Gómez, Carlos Benedé, Rafael Jiménez

El cambio climático es incontestable y global. Sin embargo, no tiene por qué ocurrir con la misma intensidad en todos los lugares. El concepto de “refugio climático” surgió a escala macrogeográfica (penínsulas del Mediterráneo por ej.), pero cada vez con mas frecuencia se reivindica a una escala geográfica menor, generalmente en el contexto de formas geológicas o relieves que promueven una mayor estabilidad climática frente a valores extremos (por ej. Menieri *et al* 2017).

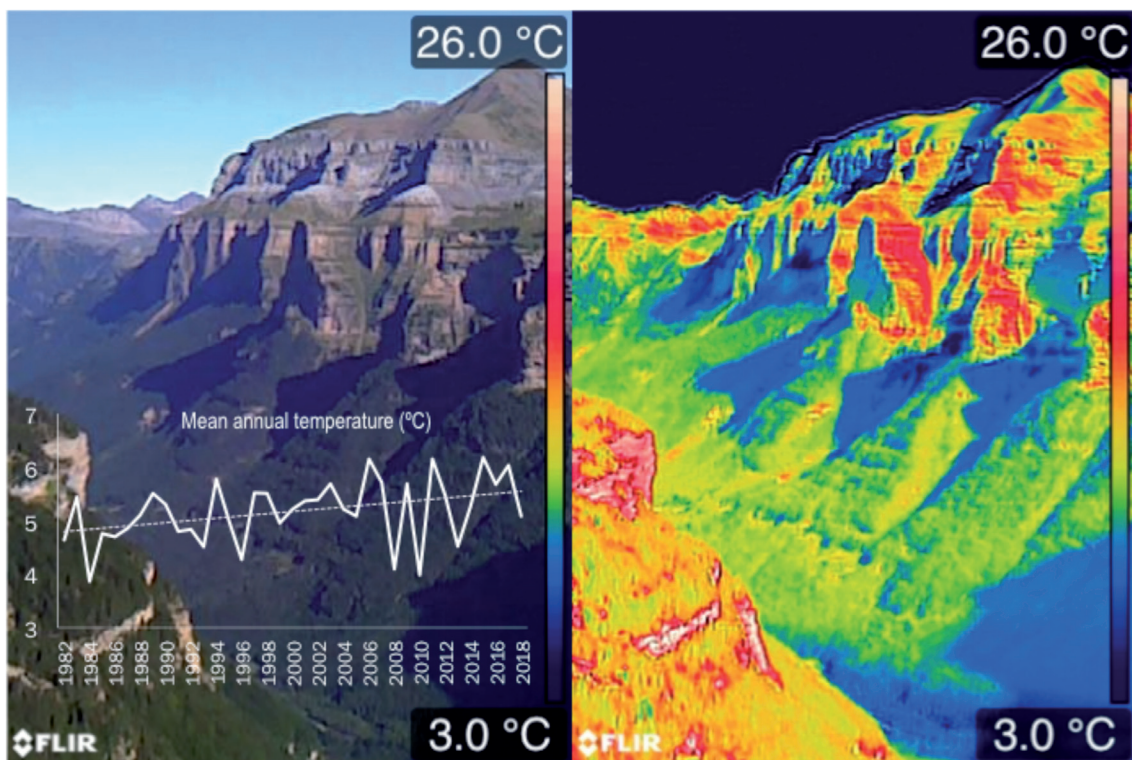


Fig. 1. Imagen digital (izda.) y térmica( drcha.) del valle de Ordesa, mostrando valores extremos de temperatura en un momento dado. La gráfica dentro de la imagen digital corresponde a la temperatura media registrada por la AEMET en el Refugio de Góriz, a 2200 m de altitud, desde su instalación en el año 1982.

Recientemente hemos analizado para el conjunto de Pirineos la frecuencia de especies de plantas cuya situación puede estar relacionadas con persistencia (endemismos y especies en límite de distribución), utilizando 18.000 inventarios florísticos y 400.000 registros de 2500 especies. El resultado ha mostrado una desproporcionada abundancia de estos elementos en ambientes rocosos, lo que sugiere el papel de este hábitat como refugio (García et al 2020). Dado que el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido contiene numerosos ambientes rocosos debido a la frecuencia de imponentes paredones y de roquedos en el piso alpino, hemos investigado en su interior la existencia de posibles mecanismos que promuevan este papel refugio de los ambientes rocosos. Para ello nos hemos centrado en dos lugares donde hemos tomado imágenes térmicas repetidas a lo largo de un día (con el fin de ver cómo variaba el paisaje térmico), e instalado una pareja de pequeños termómetros que registraron de forma continua durante más de un año la temperatura dentro y fuera del ambiente que consideramos “refugio”. Uno de los lugares correspondió a una pared rocosa donde vive una planta relictas orientada al S (*Androsace cylindrica*, endemismo del Pirineo central de gran antigüedad), y el otro a una zona de rocas orientada al N donde vive una comunidad con abundantes plantas endémicas y en límite. Encontramos que en ambos casos los roquedos donde viven las plantas relictas o endémicas soportaron temperaturas menos extremas que las zonas próximas y más expuestas, lo que podría explicar el efecto refugio de estos ambientes (García et al 2020).

Cabe preguntarse entonces cuán frecuentes son, y dónde se encuentran, los refugios climáticos en el PNOMP. Para investigar estos lugares excepcionalmente cálidos o fríos que pueden funcionar como refugios en épocas de cambios climáticos, hemos construido un modelo espacialmente explícito a partir de un modelo digital de elevación (5 m resolución) y diversas variables topográficas y biológicas como la cobertura vegetal. Los datos climáticos utilizados como variable dependiente provinieron de casi 100 pequeños registradores de temperatura desplegados por muy diversos ambientes (bosques, pastos, roquedos, humedales...) y altitudes (600 a 2700 m), que han recogido temperaturas cada 4 horas durante unos 3-4 años, y que han sido descargados semestralmente. Tras una minuciosa validación semiautomatizada de decenas de miles de datos con scripts escritos en lenguaje R, realizamos el ajuste de modelos lineares para predecir temperaturas extremas (mínimas y máximas) en invierno y verano con diversos conjuntos de variables topográficas y de vegetación, encontrando que el modelo “topoclimático” era siempre significativamente mejor que el modelo que sólo incluía la altitud o la altitud+cobertura vegetal (Fig. 2).



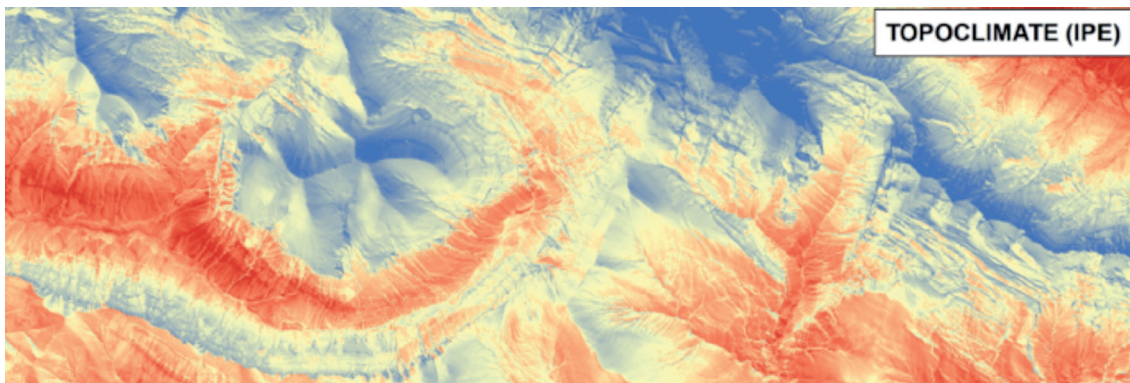


Fig. 2. Modelo topoclimático de alta resolución de una parte del PNOMP, mostrando lugares identificados como refugios cálidos (rojo) y fríos (azul).

Una vez espacializado el resultado de dicho modelo al conjunto del Parque se calculó también la variabilidad interanual de cada pixel y la diferenciación respecto al conjunto del Parque, y tras la estandarización de datos se calculó el “índice refugio combinado” para escenarios cálidos y fríos según Ashcroft et al (2012) y una modificación propia (RI combinado, Fig. 3). El resultado fue un mapa de refugios fríos y cálidos de muy alta resolución, que sirvió también como base de un video 3D en el que se pueden visualizar los refugios a través de un vuelo sobre el PNOMP: [https://www.youtube.com/watch?v=e\\_aqKo783z08&feature=youtu.be](https://www.youtube.com/watch?v=e_aqKo783z08&feature=youtu.be)

Como puede observarse en la Fig 3, además de destacar como refugios fríos las clásicas zonas de Monte Perdido por su elevación, aparecen numerosos parches dispersos tanto en laderas N como en cresteríos y pequeñas hondonadas en los paredones, además de los fondos de valle por efecto de inversiones térmicas. Respecto a los refugios cálidos, destaca el inicio del cañón de Añisclo y especialmente algunas laderas orientadas al S en el resto de los valles. Resulta muy interesante visualizar cómo ambos tipos de refugios pueden encontrarse a muy escasa distancia y en un amplio gradiente altitudinal. Este mosaico, promovido por la topografía, sin duda ha propiciado en el pasado la convivencia y persistencia de numerosos elementos corológicos dentro del Parque durante cambios climáticos como los ocurridos durante las glaciaciones, y resultará clave para la supervivencia de especies en el actual escenario de calentamiento climático (ver también Suggit et al 2018).

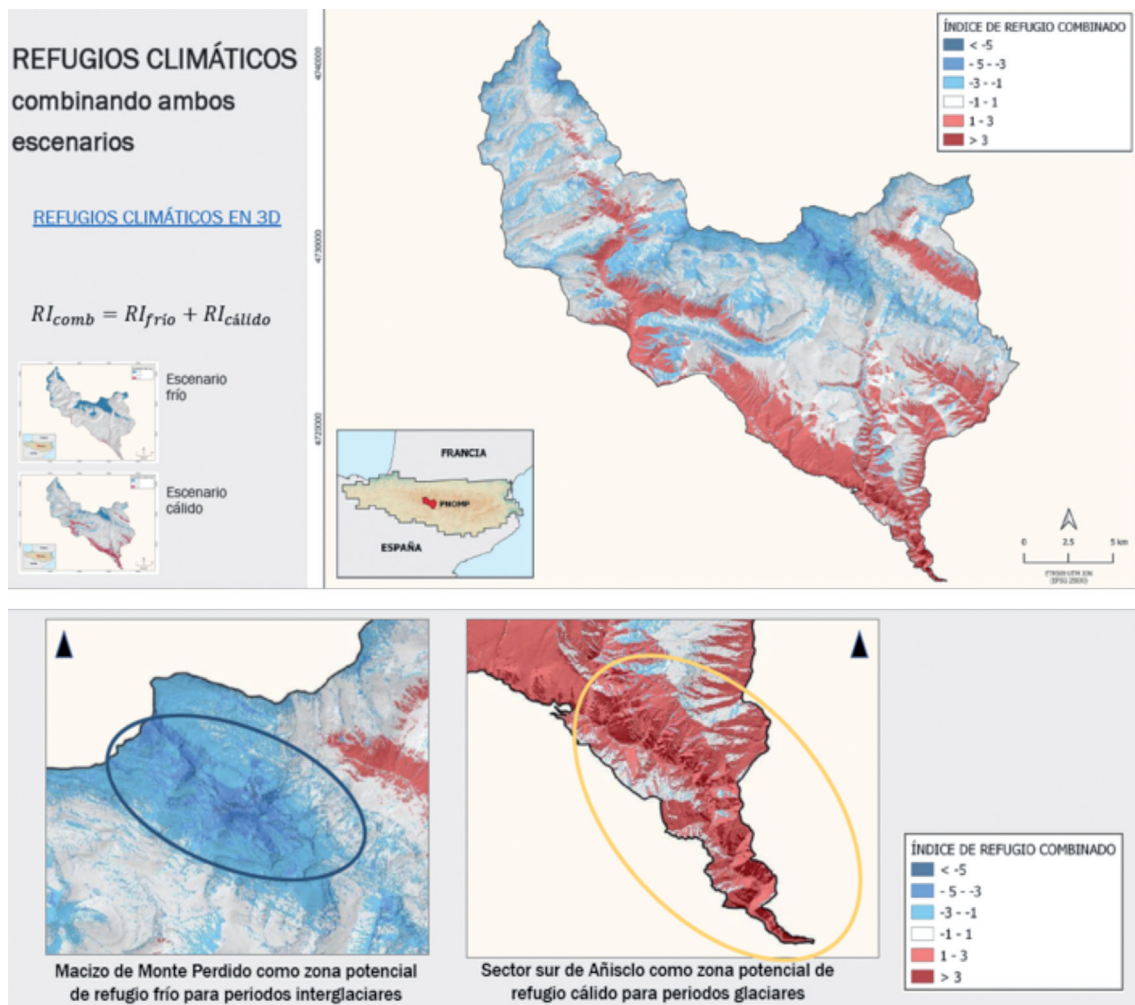


Fig. 3. Arriba: Identificación de refugios fríos y cálidos en el PNOMP según el índice de refugio basado en temperaturas extremas, variabilidad intranual, y diferenciación dentro del área de estudio. Abajo: detalle mostrando las dos zonas del PNOMP con valores más altos de índice de refugio.

## Bibliografía

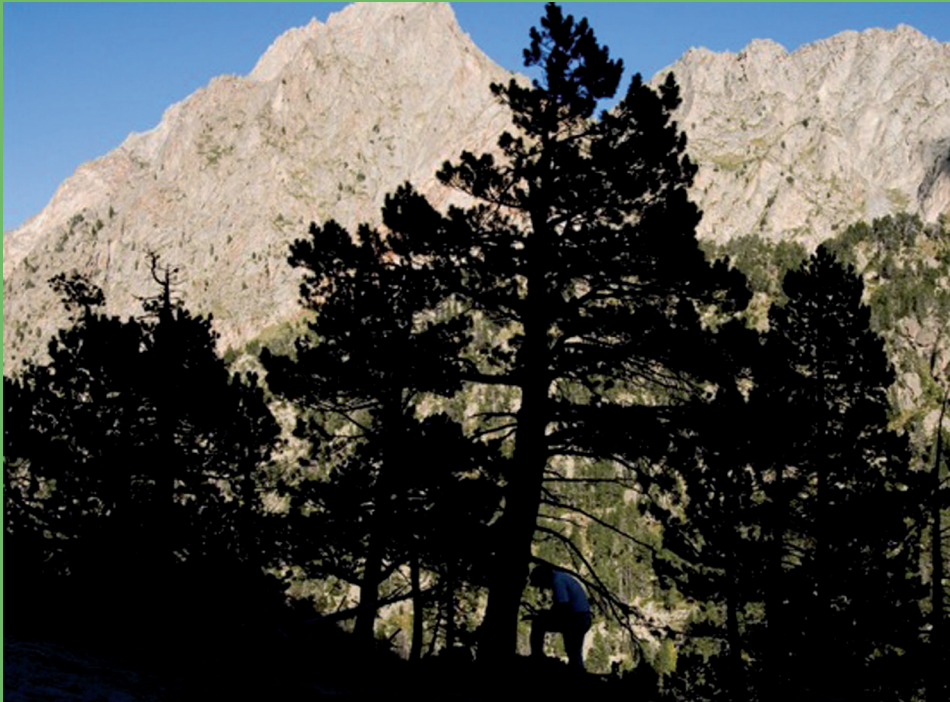
Ashcroft, M.B.; Gollan, J.R.; Warton, D.I.; Ramp, D. (2012): A novel approach to quantify and locate potential microrefugia using topoclimate, climate stability and isolation from the matrix. *Global Change Biology* 18, 1866-1879. doi: 10.1111/j.1365-2486.2012.02661.x.

García MB, D Domingo, X Font, M Pizarro, D. Gómez, J Ehrlén. 2020. A close-up thermal approach to the role of rocky habitats as microclimatic refuges for biodiversity. *Environmental and Experimental Botany* 170: 103886. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2019.103886>

- Hoffrén R. (2019). “*Identificación de micro-refugios mediante modelos topoclimáticos de alta resolución en el p.n. de ordesa y monte perdido*”. TFM, Fac. Geografía, Universidad de Zaragoza.
- Meineri, E., Hylander, K., 2017. Fine-grain, large-domain climate models based on climate station and comprehensive topographic information improve microrefugia detection. *Ecography* 40, 1003–1013. <https://doi.org/10.1111/ecog.02494>.
- Scherrer, D., Körner, C., 2010. Infra-red thermometry of alpine landscapes challenges climatic warming projections. *Glob. Chang. Biol.* 16, 2602–2613. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.02122.x>.
- Suggitt, A.J., Wilson, R.J., Isaac, N.J.B., Beale, C.M., Auffret, A.G., August, T., Bennie, J.J., Crick, H.Q.P., Duffield, S., Fox, R., Hopkins, J.J., Macgregor, N.A., Morecroft, M.D., Walker, K.J., Maclean, I.M.D., 2018. Extinction risk from climate change is reduced by microclimatic buffering. *Nat. Clim. Chang.* 8, 713–717. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0231-9>.

## 4. Valorando los bosques maduros pirenaicos: potencial de PP.NN. como el de Ordesa y Monte Perdido

J. Julio Camarero  
???



J. Julio Camarero

**VALORANDO LOS BOSQUES MADUROS PIRENÁICOS:  
POTENCIAL DE PPNN COMO ORDESA Y MONTE PERDIDO**

**V JORNADA DE INVESTIGACIÓN  
PARQUE NACIONAL DE ORDESA  
Y MONTE PERDIDO  
19 diciembre 2019, Torla (Huesca)**



**INSTITUTO  
PIRENAICO  
DE ECOLOGÍA  
CSIC**

## 5. Lluvia de aerosoles atmosféricos sobre el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido

J. Pey<sup>(1)</sup>, J. C. Larrasoaña<sup>(2)</sup>, A. de Vergara<sup>(2)</sup>, J. Reyes<sup>(2)</sup>, I. Vázquez<sup>(2)</sup>, T. Mochales<sup>(3)</sup>, N. Pérez<sup>(4)</sup>, J. C. Cerro<sup>(5,6)</sup>, M. L. Tobar<sup>(6)</sup>, E. Navarro<sup>(7)</sup>, M. C. Sancho<sup>(7)</sup>, M. P. Mata<sup>(2)</sup>, I. Rico<sup>(7)</sup>, J.I. López-Moreno<sup>(7)</sup>, A. Moreno<sup>(8)</sup>, S. Buisán<sup>(8)</sup>, A. Cazorla<sup>(9)</sup>, S. Castillo<sup>(9)</sup>, J. Herrero<sup>(10)</sup>, M.J. Polo<sup>(10)</sup>

<sup>1</sup>ARAID-Instituto Pirenaico de Ecología; <sup>2</sup>Instituto Geológico y Minero de España; <sup>3</sup>PLANAGEO-IGME  
<sup>4</sup>Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua – CSIC; <sup>5</sup>Universitat Illes Balears; <sup>6</sup>Consellería de Territorio, Energía y Movilidad; <sup>7</sup>Instituto Pirenaico de Ecología – CSIC; <sup>8</sup>Agencia Estatal de Meteorología  
<sup>9</sup>Universidad de Granada; <sup>10</sup>Universidad de Córdoba

### Resumen

En este trabajo se muestran algunos resultados relativos a la monitorización de la deposición de partículas atmosféricas en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (PNOMP), que comenzó el junio de 2016 gracias al proyecto DONAIRE. El PNOMP forma parte de una red de observatorios en los que se cuantifican y caracterizan las transferencias de aerosoles desde la atmósfera. Realizamos un seguimiento geoquímico, mineralógico y de propiedades magnéticas, a la vez que evaluamos los potenciales efectos tóxicos derivados de las partículas atmosféricas sobre la comunidad microbiana edáfica, o estimamos la aceleración de la fusión nival inducida por la deposición de polvo sahariano y hollín.

### 1. Introducción

Los aerosoles, una vez completado su ciclo atmosférico, vuelven a integrarse en la superficie del planeta donde interactuarán de diferentes formas en función de la tipología físico-química de los mismos y del medio donde se acaben depositando. Este fenómeno ocurre tanto por vía húmeda como por vía seca (Seinfeld y Pandis, 2006). Las diferentes formas de precipitación (lluvia, granizo, nieve, niebla) llevan intrínsecas una carga variable de aerosoles y gases que, al volver a la superficie terrestre, son integrados en ésta.

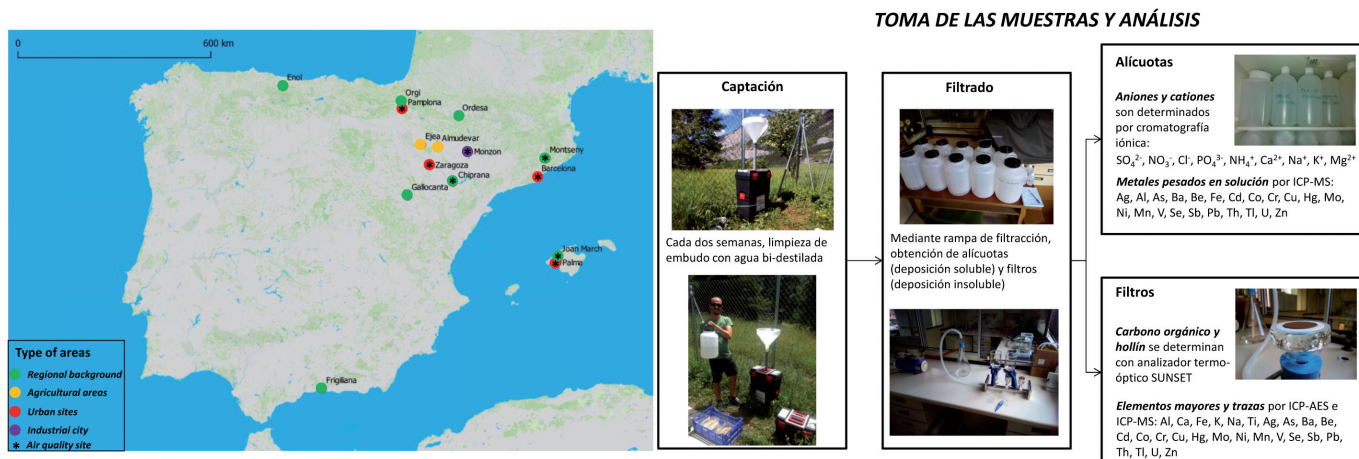
La transferencia por vía atmosférica de metales pesados y otras sustancias químicas al suelo es un proceso que ocurre de forma constante (Rossini Oliva y Fernández Espinosa, 2007) incluso en los lugares más prístinos (Camarero et al., 2009). Ello puede condicionar la utilización de éste para determinados usos, además de perturbar su equilibrio natural (Hernández et al., 2003). Los suelos contienen una gran diversidad biológica y

una heterogeneidad enorme de elementos químicos, tanto endógenos como exógenos, y por tanto puede resultar difícil establecer un umbral a partir del cual un elemento deja de ser beneficioso o no tóxico para el suelo y/o sus comunidades biológicas para convertirse en contaminante (Micó et al., 2007; Violante et al., 2008). Además, las superficies cubiertas por hielo o nieve presentan los valores de albedo más elevados del planeta. A medida que las impurezas son más frecuentes, los valores de albedo originales descienden (Qu et al., 2014), y la radiación que captan estas superficies incrementa. Dos tipos de aerosoles juegan un papel determinante en este sentido: el polvo mineral y el hollín. El polvo mineral de origen africano alcanza el PNOMP un 15% de los días del año en promedio (Pey et al., 2013), y el hollín es un componente ubicuo del aerosol.

Por todo ello, la caracterización de los aportes atmosféricos, la identificación de las fuentes que los originan y la evaluación de algunos de los efectos potenciales merecen nuestra atención. El seguimiento a largo plazo, como el que pretendemos llevar a cabo en el PNOMP, nos ayudará a entender mejor el alcance de las medidas de mitigación que se van adoptando y el posible impacto del cambio climático en la composición geoquímica de la atmósfera.

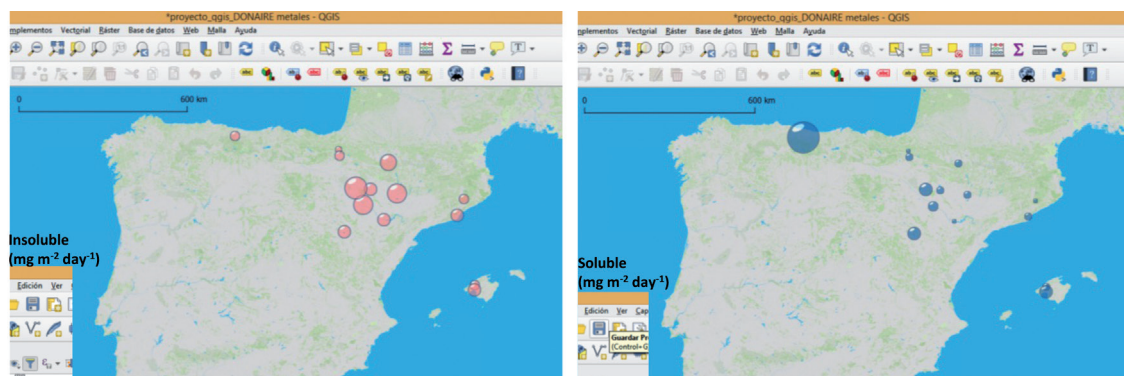
## 2. Métodos

DONAIRE centra su trabajo en la región Norte y Este de España en un total de 15 ubicaciones. En la figura adjunta se muestra la distribución geográfica de la red y el procedimiento de muestreo y análisis.

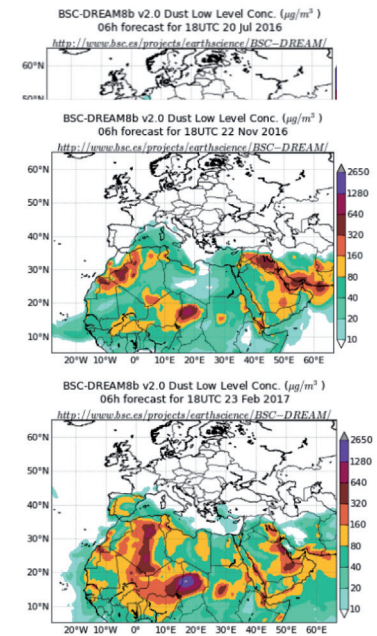
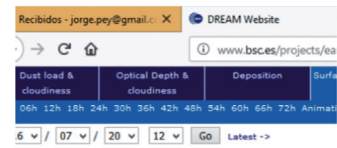
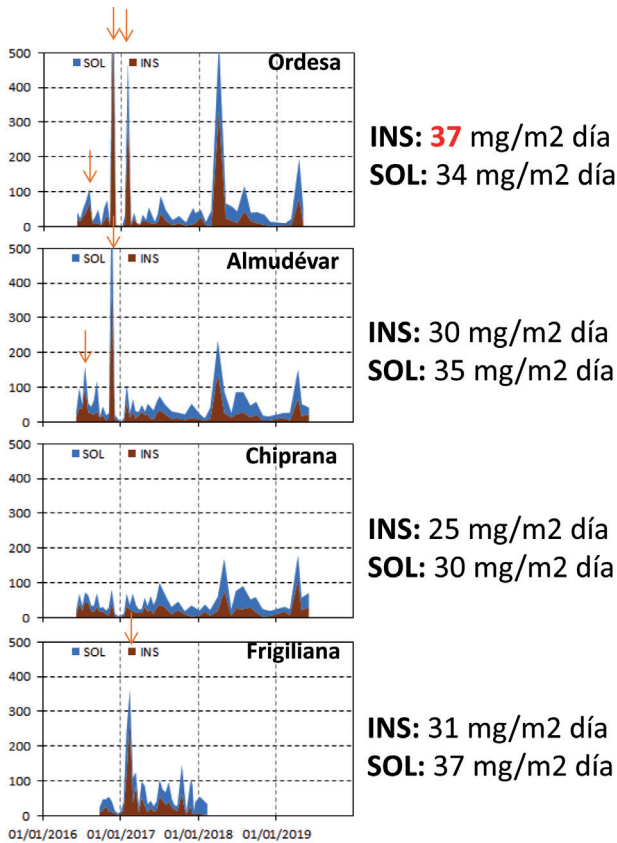


### 3. Resultados

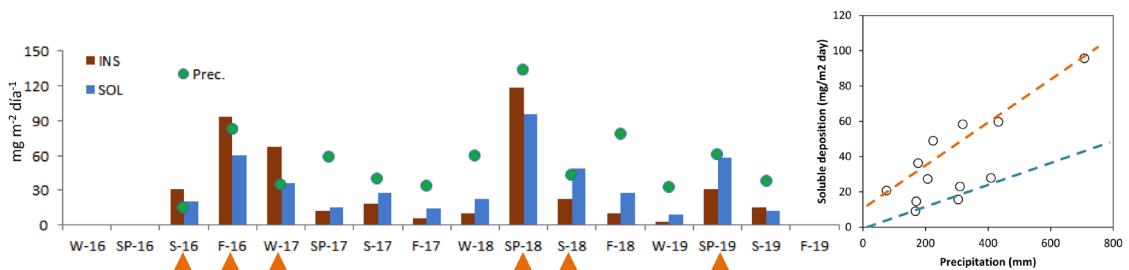
**Flujos de deposición.** Los casi cuatro años de medidas que acumula la red DONAIRE permite visualizar las zonas que registran mayor y menor flujo de aerosoles atmosféricos. El PNOMP registra concentraciones importantes de partículas insolubles, mucho mayores que las que se registran en otras zonas remotas como el Parque Nacional de Picos de Europa, el Bosque de Orgi, la Salada de Chiprana, la Laguna de Gallocanta, el Parque Natural del Montseny, o la Sierra de Tramuntana. En cambio, la cantidad de partículas solubles que se registran son inferiores a las que se observan en otras zonas. Destaca, por sus elevadas concentraciones, el entorno del Lago Enol, en el Parque Nacional de Picos de Europa. En los mapas adjuntos se reflejan los flujos promedio observados entre junio 2016 y junio 2019 en los diferentes observatorios de la red DONAIRE.



**Impacto del polvo sahariano.** El elemento que explica los elevados flujos de deposición de partículas insolubles en el PNOMP es el polvo sahariano. Hemos comprobado a lo largo de estos últimos años que la deposición de polvo sahariano en el Pirineo Central se intensifica con respecto a otras zonas debido al efecto Föhn que ejerce la cordillera frente a los vientos del Sur. En la figura adjunta se muestra un transecto Norte-Sur que refleja los diferentes episodios de polvo sahariano (señalados con flechas) en 4 observatorios. Se indican los flujos medios de deposición en cada uno de ellos, y se muestran mapas de concentración de polvo previstos. Como puede apreciarse, la intensidad de los episodios en el PNOMP es muy superior al resto.

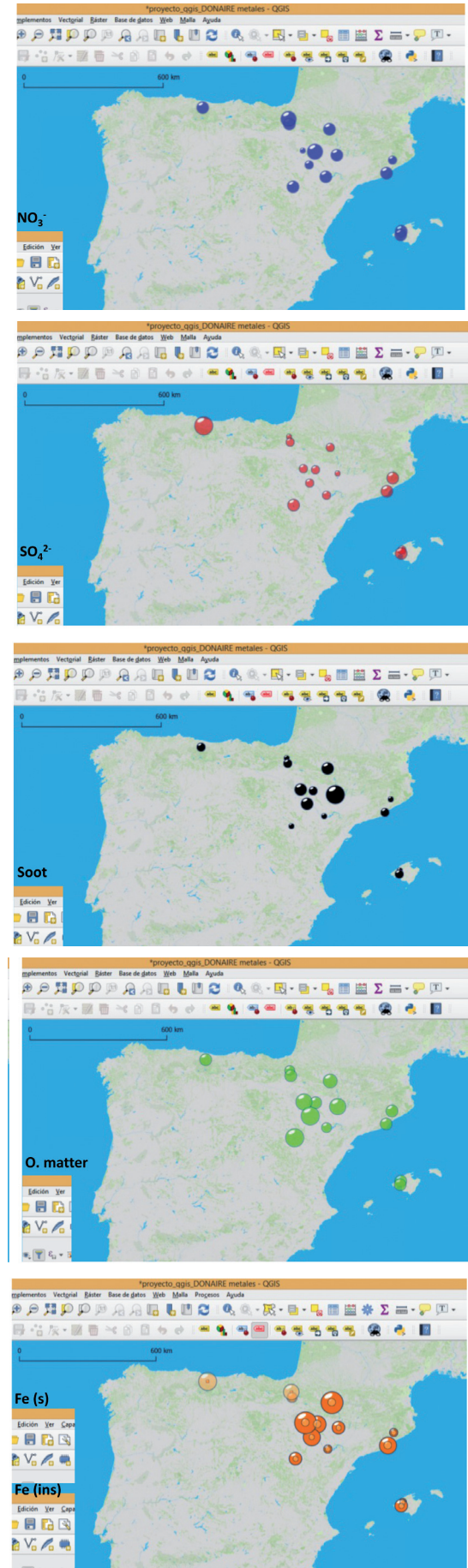


Una de las características que hemos podido observar es que parte del polvo sahariano se disuelve parcialmente, bien en los procesos atmósfera-nube, bien una vez depositado en los colectores (calcita y dolomita). Algunas áreas fuente del Norte de África, como el Sáhara occidental, son ricas en partículas carbonatadas. En ausencia de polvo sahariano la cantidad de partículas solubles por mm de precipitación se reduce a menos de la mitad. Ver imagen adjunta, que refleja los promedios estacionales de partículas solubles e insolubles en el PNOMP, señalados los periodos con impacto de polvo sahariano con triángulos naranjas.

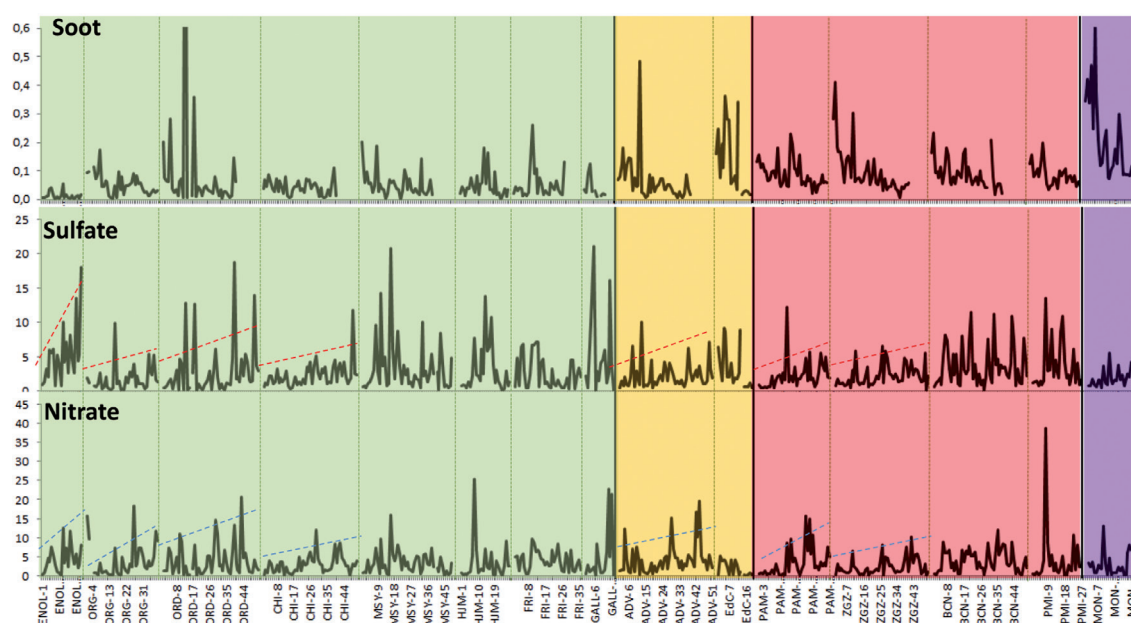




**Composición de aerosoles.** Las concentraciones de ciertos componentes como nitratos o sulfatos, que son compuestos que en su mayoría se forman a partir de emisiones de óxidos de nitrógeno y azufre, presentan una distribución geográfica particular. Mientras que el nitrato está distribuido de una forma relativamente homogénea, el sulfato tiende a localizarse en la zona mediterránea y sobre todo en el entorno del Lago Enol, donde las emisiones de la industria asturiana y la generación de energía a partir de la combustión de carbón son muy relevantes. Las concentraciones de hollín (soot) destacan en Monzón, y son de origen claramente industrial, pero zonas como el PNOMP registra aportes importantes aunque las fuentes de hollín están alejadas del Parque. La materia orgánica, que se deriva de procesos de combustión pero también de origen biogénico, se concentra en la zona del Valle del Ebro. No descartamos que el polen de los cultivos agrícolas pueda explicar las elevadas concentraciones. Finalmente, el hierro presenta una distribución dispar entre la fracción soluble y la insoluble. La parte soluble se concentra principalmente en las zonas que reciben emisiones industriales de la metalurgia, mientras que la insoluble se asocia con el polvo sahariano, y destacan las elevadas concentraciones registradas en el PNOMP, entre otros observatorios.

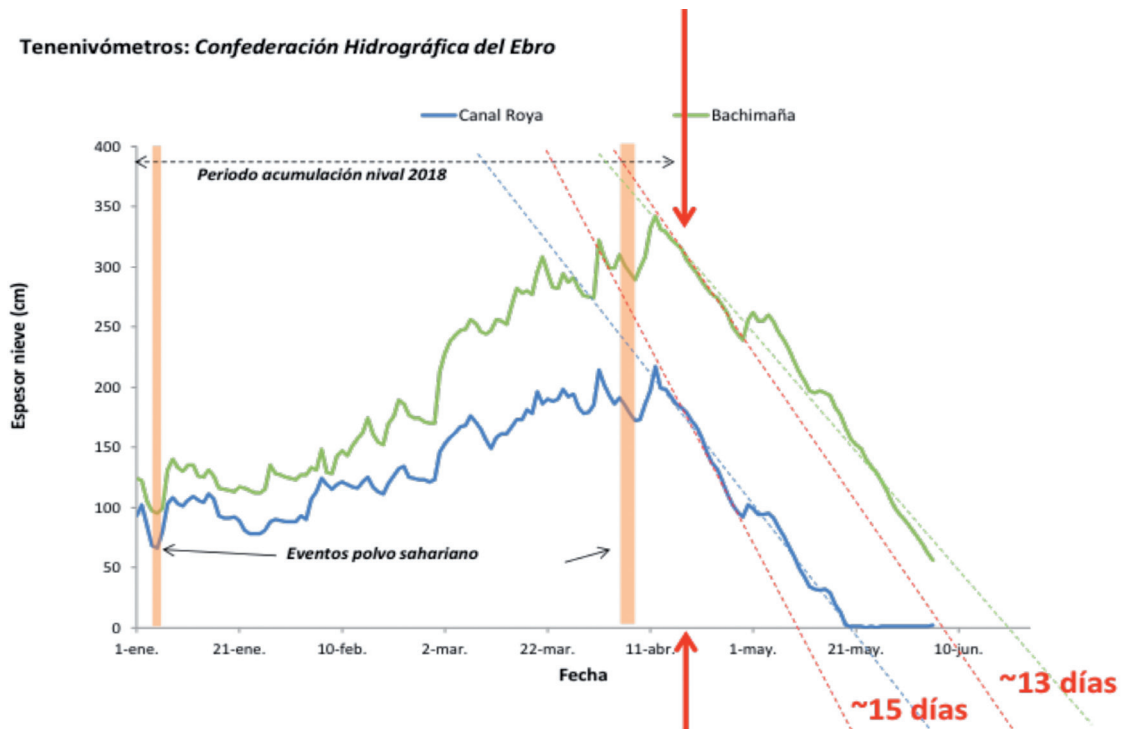


**Tendencias a medio plazo.** Algunos de los observatorios disponen de casi cuatro años de monitorización. Ello permite inferir algunas tendencias en las concentraciones de ciertas especies. Las concentraciones de hollín tienen una tendencia ligeramente decreciente en la mayoría de los emplazamientos, que de ser cierta la tendencia sería muy positivo al sugerir una disminución de las emisiones de este tipo de aerosol. En cambio, las concentraciones de sulfato y nitrato tienen, en algunos observatorios como el PNOMP, una ligera tendencia creciente, que podría indicar un aumento de las emisiones de sus precursores gaseosos. La continuidad del programa de monitorización permitirá seguir la evolución de estos resultados y poder relacionarlos con la implementación de ciertas políticas ambientales.



**Aceleración de la fusión nival.** En 2018 realizamos una serie de experimentos en las inmediaciones del PNOMP para evaluar hasta qué punto la deposición de polvo sahariano contribuye de una manera determinante a acelerar el ritmo de fusión de la nieve acumulada en nuestras montañas. Durante la temporada de acumulación nival observamos dos episodios de deposición de polvo, uno poco intenso en enero de 2018 y otro severo en abril de 2018. Los resultados que obtuvimos a partir de la valoración de las mediciones de espesor de nieve de telenivómetros próximos (datos procedentes de la Confederación Hidrográfica del Ebro) muestran un cambio en el ritmo de fusión tras aflorar en superficie la capa que contenía el polvo sahariano. El ritmo de fusión se incrementó desde los 6 cm

diarios hasta los 10 cm diarios entre el 12 y el 28 de abril, con el cambio de tendencia desde el día 19. El estudio concluyó que el polvo sahariano contribuyó a acelerar la fusión de la nieve unos 15 días antes de lo previsto.



#### 4. Conclusiones

- Hay una lluvia constante de partículas atmosféricas sobre el PNOMP. Medimos los flujos, su composición y evaluamos algunos efectos.
- Hemos comenzado en 2016 gracias a DONAIRE, y no queremos parar. Los resultados en red ofrecen información de conjunto que no se obtiene con medidas en un solo punto.
- El PNOMP recibe aerosoles naturales y antrópicos. Emerge como el observatorio con mayores tasas de deposición de polvo sahariano à Efecto Föhn en el Pirineo Central.
- La comunidad bacteriana edáfica que expusimos a la deposición de partículas en el PNOMP se mantuvo en condiciones saludables tras el experimento (no ocurrió lo mismo en Monzón à industria, o el las Cinco Villas à agricultura intensiva).

- Como esperábamos, el polvo sahariano contribuye a la fusión prematura de la nieve, aunque no podemos afirmar todavía cual es la dosis-respuesta ni los umbrales críticos.
- Se intuyen algunas tendencias o ciclos en algunos componentes que, solamente con medidas a largo plazo, podremos confirmar y atribuirles una relación causal.

## 5. Agradecimientos

A los proyectos de investigación DONAIRE (CGL2015-68993-R: <https://www.facebook.com/donaireproject/>), financiado por el Ministerio de Economía, Industria y Competitividad; y AERONIVAL (PRCV00464, <https://www.facebook.com/aeronival/>), que cuenta con el apoyo del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente a través de la Fundación Biodiversidad. También a la Dirección y al personal técnico del PNOMP, a los gobiernos autónomos de Navarra, Aragón, Cataluña y Baleares, a la Confederación Hidrográfica del Ebro, al Bosque de Orgi, al Consell de Mallorca, a Viesgo S.L. y al Parque Nacional de Sierra Nevada por su apoyo.

## 6. Bibliografía

- Camarero L., Botev I., *et al.* (2009). «Trace elements in alpine and arctic lake sediments as a record of diffuse atmospheric contamination across Europe». *Freshwater Biology* 54, 2518-2532.
- Hernandez L., Probst A., *et al.* (2003). «Heavy metal distribution in some French forest soils: evidence for atmospheric contamination». *Science of the Total Environment* 312, 195-219.
- Micó C., Peris M., *et al.* (2007). «Baseline values for heavy metals in agricultural soils in an European Mediterranean region». *Science of the Total Environment* 378, 13-17.
- Pey J., Querol X., *et al.* (2013). «African dust outbreaks over the Mediterranean Basin during 2001-2011: PM10 concentrations, phenomenology and trends, and its relation with synoptic and mesoscale meteorology». *Atmospheric Chemistry and Physics* 13, 1395-1410.
- Qu B., Ming J., *et al.* (2014). «The decreasing albedo of the Zhadang glacier on western

Nyainqentanglha and the role of light-absorbing impurities». *Atmospheric Chemistry and Physics* 14, 11117-11128.

Rossini Oliva S., Fernández Espinosa A.J. (2007). «Monitoring of heavy metals in topsoils, atmospheric particles and plant leaves to identify possible contamination sources». *Microchemical Journal* 86, 131-139.

Seinfeld J.H., Pandis S.N. (2006). *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change*, 2nd Edition. Wiley editorial, ISBN: 978-0-471-72018-8. 1232 pp.

Violante A., Huang P.M., et al. (2008). *Biophysico-Chemical Processes of Heavy Metals and Metalloids in Soil Environments*. Wiley editorial, ISBN: 978-0-471-73778-0. 658 pp.

## **6. Evolución del pasto tras quemadas prescritas de matorral de erizón en el Parque Nacional**

Daniel Gómez y David Badía  
???

dfgsdfgsdf

## 7. Relación planta-suelo subyacente al mosaico de pastos supra-forestales en el PNOMP

Badía-Villas, David<sup>1</sup>; Gómez-García Daniel<sup>2</sup>; Martí, Clara<sup>1</sup>; Mora, Juan Luis<sup>3</sup>; Ortiz-Perpiñá, Oriol<sup>1</sup>; Armas-Herrera, Cecilia<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dpto. Ciencias Agrarias y del Medio Natural, Escuela Politécnica Superior de Huesca, IUCA, Universidad de Zaragoza, Ctra. Cuarte s/n, 22071, Huesca, España. [\\*badia@unizar.es](mailto:*badia@unizar.es);

<sup>2</sup> IPE-CSIC, Av. Ntra. Sra. de la Victoria, S/N, 22700 Jaca, España;

<sup>3</sup> Dpto. Ciencias Agrarias y del Medio Natural, Facultad de Veterinaria, IUCA, Universidad de Zaragoza, C/ Miguel Servet 177, 50013, Zaragoza, España

### Introducción

Entre los pastos más extendidos en Europa y, en particular, en todo el piso subalpino del norte peninsular, en general, y del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (PNOMP), en particular, se encuentran dos alianzas fitosociológicas: *Nardion strictae* y *Bromion erecti*. El *Nardion* cubre totalmente el suelo a modo de denso tapiz, con el cervuno (*Nardus stricta*) como especie principal, mientras que el *Bromion* con mayor diversidad de especies y alto valor forrajero, alterna con el anterior. Tienen, por tanto, una composición florística, y, por tanto, un valor nutricional para el ganado muy diferente y, sin embargo, crecen sobre la misma litología, cota, orientación y pendiente de la ladera (Fig. 1). Su distribución podría ir ligada a variaciones en algunas propiedades del suelo. El objetivo de este estudio trata de confirmar dicha relación entre suelos y pastos.

### Material y métodos

La zona de estudio se localiza en A Estiba/La Estiba (Fanlo, PNOMP), situada en el piso subalpino, en concreto, a unos 1900 msnm. En la cercana estación meteorológica Fanlo-Góriz, que se encuentra a 2200 m.s.n.m., la temperatura media anual es de 5,1 °C y la precipitación media anual es de 1698,3 mm (para el período 1982-2017). Los suelos se desarrollan sobre calizas con sílex del Eoceno, Ilerdiense medio-Inferior (Fm. Goriz, Grupo Gallinera), fuertemente karstificadas. A una altitud ligeramente más alta, aparecen, además, margas y lutitas grises tanto del Ilerdiense Medio (Formación Millaris) como del Ilerdiense medio y superior (Fm Metils). En la zona, entre otros pastos, resultan muy abundantes los cervunales (*Nardion*), donde domina el cervuno o cerrillo (*Nardus stricta*), que forma un denso tapiz que cubre totalmente el suelo y otros pastos

mesófitos de menor cobertura (*Bromion*). *Nardion* es pobre en términos de riqueza de especies (<20 spp), de diversidad (Índice Shannon <2.5) y de calidad nutricional; *Bromion* alberga una alta riqueza de especies (> 40 spp), alta diversidad (Índice Shannon >4) en especial de leguminosas y, por tanto, tiene alto valor forrajero (por ejemplo, *Lotus corniculatus*, *Medicago suffruticosa*, *Trifolium montanum*, *Trifolium pratense*). Más detalles de la composición florística de ambas alianzas vegetales se incluyen en forma de tabla (Anexo). Se han muestreado los suelos en la zona de enraizamiento (0-5 cm y 5-10 cm) de los dos pastos (*Nardion* y *Bromion*), con 6 réplicas para cada profundidad y cada pasto, de forma pareada (Fig. 2). Se analizaron las propiedades químicas básicas del suelo siguiendo la metodología habitual. Para comparar si existen diferencias estadísticamente significativas en las propiedades edáficas entre cada pasto se ha usado el test t-Student, para cada profundidad de suelo muestreada. Además, se han obtenido los coeficientes de correlación de Spearman entre propiedades para cada comunidad vegetal.

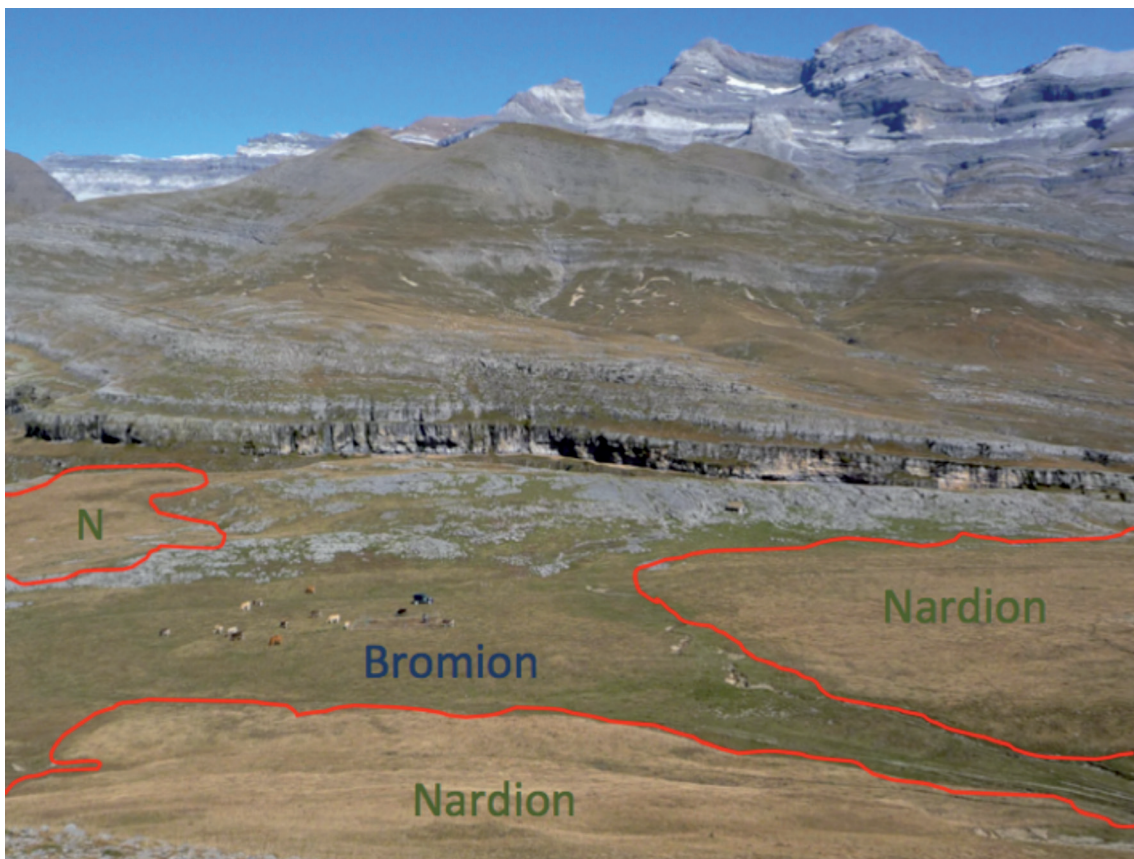


Figura 1. Distribución en mosaico de los pastos de *Nardion* y *Bromion* en A Estiba/La Estiva de Fanlo (PNOMP).



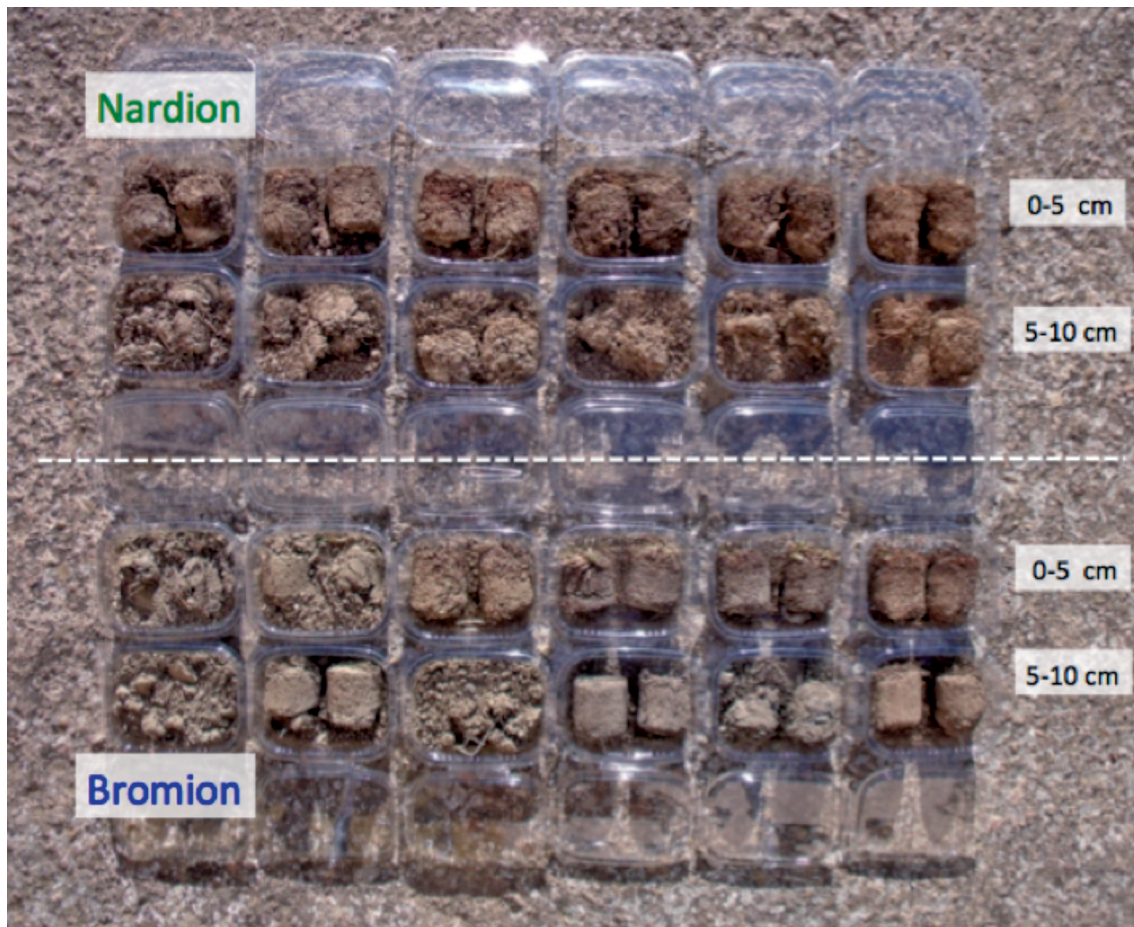


Figura 2. Muestras de suelos (n=6) para los dos pastos estudiados (*Bromion* y *Nardion*), tomadas a la profundidad de su sistema radicular (0-5 y 5-10 cm).

## Resultados y discusión

La reacción (pH actual y potencial) del suelo bajo *Nardion* es más ácida que en *Bromion*, en ambas profundidades (Fig. 3). El porcentaje de cationes basificantes del suelo bajo *Nardion* es significativamente menor que en *Bromion*, en ambas profundidades (Fig. 3), lo que se correlaciona con la concentración de calcio, el ion dominante en el complejo de cambio de estos suelos. La cantidad de materia orgánica tiende a ser mayor en *Nardion* que en *Bromion* y lo es significativamente su calidad, como demuestra la mayor relación C/N (Fig. 3). La capacidad de cambio catiónico de estos suelos depende fundamentalmente de la materia orgánica, teniendo un peso secundario las arcillas, aparentemente de baja calidad. Los nutrientes principales se correlacionan positivamente con la materia orgánica, al derivar de su mineralización.

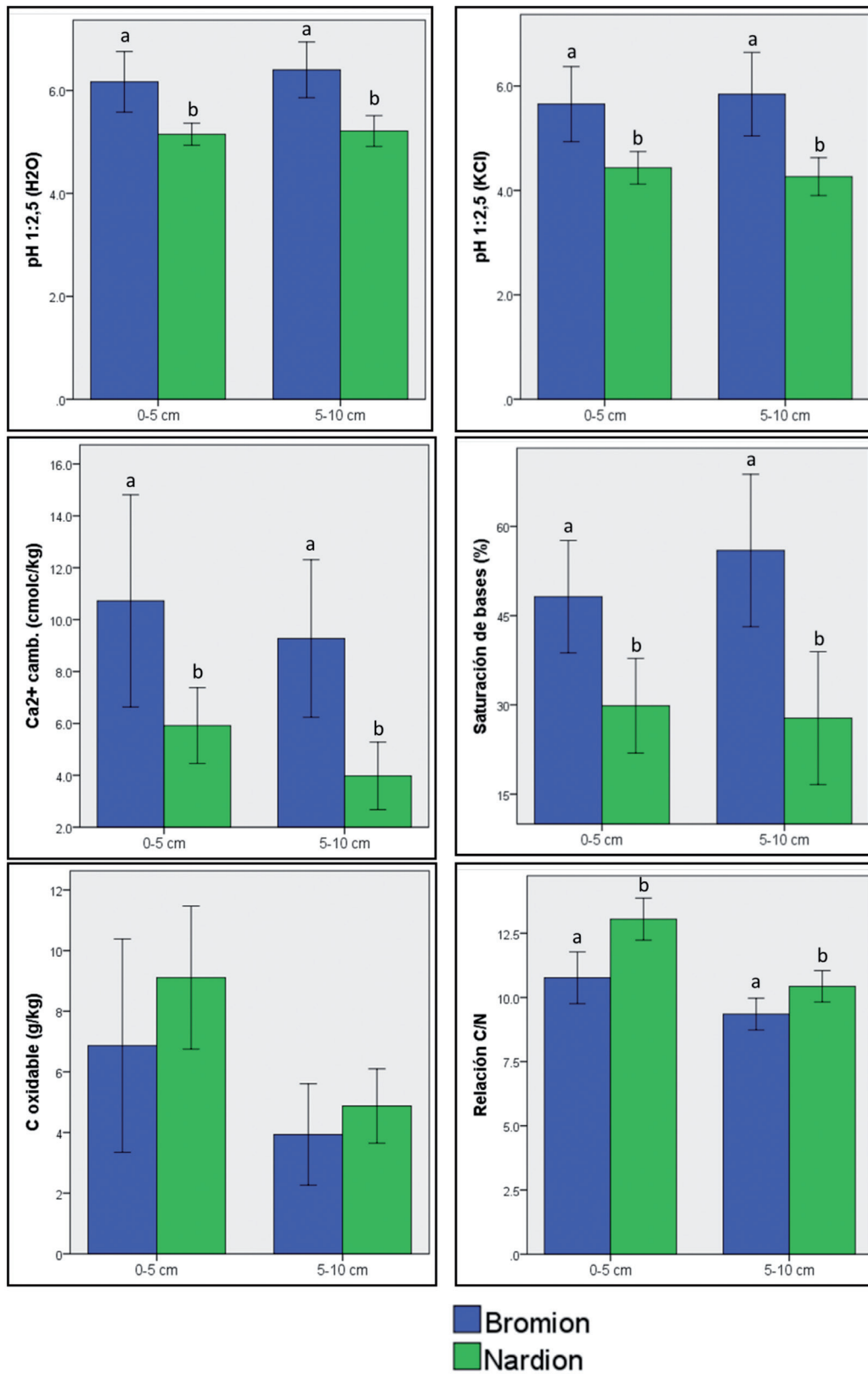


Figura 3. Análisis de propiedades químicas del suelo bajo formaciones de *Bromion* y *Nardion*. Las letras a y b indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

Las diferencias entre los suelos en la zona de enraizamiento de ambos pastos son muy claras en términos de propiedades químicas. Los resultados indican que los cervu-  
nales (*Nardion*) crecen sobre suelos más ácidos, más fuertemente desaturados en bases, y especialmente más pobres en calcio asimilable que los pastos de *Bromion*, de ahí su contrastado valor pastoral. En La Estiva estas diferencias se relacionan con dos niveles de acumulación diferentes: N1, superior, para *Nardion* y N2, inferior, para *Bromion*. El nivel N1, más viejo, debería cubrir una mayor superficie en el PNOMP pero algún tipo de perturbación (deforestación, cambio climático, o intensificación del uso del territorio) ha llevado a que su presencia quede limitada a retazos aislados. En el futuro es necesario determinar las edades de ambos niveles y las causas que originaron la degradación del paisaje edáfico original. Otros detalles ayudarían a explicar las diferencias encontradas en este trabajo, por ejemplo estudiando no solo el suelo a nivel superficial sino el perfil del suelo en su conjunto. Demostrada la relación suelo-pasto a términos de las propiedades químicas de los suelos, parece necesario ampliar el estudio a las propiedades físicas. Incluso, estudiadas las alianzas *Nardion* y *Bromion* parece necesario ampliar el estudio de los suelos bajo otras comunidades vegetales ampliamente representadas en el PNOMP. Dados los esfuerzos por conocer múltiples detalles sobre el PNOMP en los últimos años, resulta llamativa la falta de información sobre los suelos, esa delgada interfase entre las rocas y la atmósfera, que almacena Carbono, filtra el agua y permite el desarrollo de la vegetación y la vida de una amplia diversidad de organismos, que participan en los ciclos de nutrientes y el cambio climático.

**Anexo: Presencia (% casos) y cubierta (% de la superficie) de las especies por sitio (Bromion y Nardion). Las especies encontradas en menos de 3 inventarios se han excluido.**

|   | Bromion (n=6) |                  |      | Nardion (n=6) |                  |      |
|---|---------------|------------------|------|---------------|------------------|------|
|   | Presen (%)    | Cubierta (% sup) |      | Presen (%)    | Cubierta (% sup) |      |
|   |               | Media            | SD   |               | Media            | SD   |
| <i>Agrostis capillaris</i> L.                   | 33            | 2,5              | 4,2  | 50            | 2,8              | 4,0  |
| <i>Alchemilla</i> gr. <i>glaucescens</i> Wallr. | 83            | 8,8              | 11,0 | 67            | 10,0             | 11,0 |
| <i>Anthyllis vulneraria</i> L.                  | 67            | 2,0              | 2,4  | 17            | 0,2              | 0,4  |
| <i>Achillea millefolium</i> L.                  | 50            | 4,0              | 7,9  | 33            | 2,5              | 4,2  |
| <i>Briza media</i> L.                           | 67            | 4,2              | 4,7  | 17            | 0,3              | 0,8  |
| <i>Carex caryophylla</i> Latourr.               | 67            | 1,8              | 1,9  | 83            | 4,0              | 3,6  |
| <i>Cerastium fontanum</i> Baumg.                | 0             | 0,0              | 0,0  | 50            | 0,8              | 1,2  |
| <i>Cirsium acaule</i> (L.) Scop.                | 100           | 8,8              | 4,3  | 50            | 8,3              | 12,0 |
| <i>Cirsium eriophorum</i> (L.) Scop.            | 17            | 3,3              | 8,2  | 33            | 1,2              | 2,0  |
| <i>Eryngium bourgatii</i> Gouan                 | 33            | 1,0              | 2,0  | 67            | 16,0             | 19,0 |
| <i>Euphorbia cyparissias</i> L.                 | 33            | 1,8              | 4,0  | 17            | 5,0              | 12,0 |
| <i>Festuca nigrescens</i> Lam.                  | 100           | 16,0             | 8,6  | 67            | 9,2              | 8,0  |
| <i>Galium pumilum</i> Murray                    | 67            | 1,2              | 1,2  | 100           | 1,3              | 0,8  |
| <i>Galium verum</i> L.                          | 83            | 3,0              | 2,3  | 83            | 4,8              | 7,6  |
| <i>Iris latifolia</i> (Mill.) Voss              | 0             | 0,0              | 0,0  | 50            | 12,0             | 16   |
| <i>Leontodon hispidus</i> L.                    | 83            | 5,2              | 4,3  | 0             | 0,0              | 0,0  |
| <i>Linum catharticum</i> L.                     | 67            | 0,8              | 0,8  | 17            | 0,2              | 0,4  |
| <i>Lotus corniculatus</i> L.                    | 83            | 3,2              | 3,8  | 33            | 1,0              | 2,0  |
| <i>Medicago suffruticosa</i> Ramond ex DC.      | 67            | 3,2              | 3,9  | 0             | 0,0              | 0,0  |
| <i>Merendera montana</i> (L.) Lange             | 50            | 2,0              | 3,9  | 33            | 0,3              | 0,5  |
| <i>Nardus stricta</i> L.                        | 0             | 0,0              | 0,0  | 100           | 57,0             | 14,0 |
| <i>Oxytropis neglecta</i> Ten.                  | 50            | 5,2              | 8,3  | 0             | 0,0              | 0,0  |

|   |     |      |     |     |     |      |
|---|-----|------|-----|-----|-----|------|
| <i>Pilosella lactucella</i> (Wallr.) P.D. Sell & C.West | 50  | 1,0  | 1,1 | 0   | 0,0 | 0,0  |
| <i>Pilosella officinarum</i> F.W. Schultz & Schultz Bip | 50  | 1,8  | 2,5 | 50  | 4,3 | 6,5  |
| <i>Plantago alpina</i> L.                               | 50  | 3,0  | 4,0 | 0   | 0,0 | 0,0  |
| <i>Plantago media</i> L.                                | 100 | 13,0 | 6,1 | 50  | 2,2 | 3,9  |
| <i>Polygala vulgaris</i> L.                             | 33  | 0,7  | 1,2 | 33  | 0,3 | 0,5  |
| <i>Potentilla neumanniana</i> Rchb.                     | 67  | 2,8  | 2,5 | 0   | 0,0 | 0,0  |
| <i>Potentilla erecta</i> (L.) Räuschel                  | 0   | 0,0  | 0,0 | 100 | 7,8 | 5,7  |
| <i>Prunella vulgaris</i> L.                             | 67  | 1,7  | 1,9 | 67  | 3,7 | 3,8  |
| <i>Ranunculus carinthiacus</i> Hoppe                    | 50  | 1,0  | 1,3 | 67  | 1,0 | 1,1  |
| <i>Sanguisorba minor</i> Scop.                          | 83  | 7,5  | 5,2 | 67  | 2,8 | 2,5  |
| <i>Seseli montanum</i> L.                               | 50  | 0,8  | 1,0 | 0   | 0,0 | 0,0  |
| <i>Taraxacum officinale</i> Weber                       | 67  | 1,2  | 1,2 | 33  | 1,2 | 2,0  |
| <i>Thymelaea tinctoria</i> (Pourr.) Endl.               | 83  | 7,0  | 8,5 | 0   | 0,0 | 0,0  |
| <i>Thymus praecox</i> Opiz                              | 83  | 4,3  | 3,6 | 33  | 0,7 | 1,2  |
| <i>Tragopogon lamottei</i> Rouy                         | 0   | 0,0  | 0,0 | 50  | 0,5 | 0,5  |
| <i>Trifolium alpinum</i> L.                             | 0   | 0,0  | 0,0 | 67  | 7,8 | 11,0 |
| <i>Trifolium montanum</i> L.                            | 100 | 6,3  | 4,2 | 50  | 4,7 | 7,8  |
| <i>Trifolium pratense</i> L.                            | 100 | 5,7  | 3,6 | 33  | 1,0 | 2,0  |
| <i>Trifolium repens</i> L.                              | 33  | 1,8  | 4,0 | 17  | 0,3 | 0,8  |

## **8. Avance de resultados sobre el impacto del cambio climático en los recursos hídricos del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (Proyecto EFA 210/16 PIRAGUA)**

Luis Javier Lambán Jiménez y Jorge Jódar Bermúdez  
Instituto Geológico y Minero de España (Unidad de Zaragoza).  
C/Manuel Lasala, 44. 9ºB, 50.006. Zaragoza

El impacto del cambio climático sobre las aguas subterráneas depende, entre otros factores, del tipo de acuíferos en los que estas aguas se encuentran. En los acuíferos kársticos, el agua subterránea presenta velocidades de flujo elevadas y cortos tiempos de tránsito, características que hacen que estos acuíferos sean vulnerables a cualquier cambio externo en los procesos que generan la recarga, como la disminución de la precipitación y el aumento de la temperatura predichos por los modelos de cambio climático, sobre todo para las zonas de alta montaña. El impacto del cambio climático en estos sistemas hidrogeológicos se traduce en una variación de la descarga de los mananciales que drenan estos acuíferos, incluyendo variaciones tanto del caudal como del periodo en el que este es máximo, y una variación en la calidad del recurso hídrico generado en estos sistemas.

El proyecto europeo PIRAGUA (EFA/210/16) aborda la caracterización del ciclo hidrológico en los Pirineos para mejorar la capacidad de adaptación de los territorios frente a los retos impuestos por el cambio climático y apoyar la inversión destinada a la adaptación al cambio climático de la gestión de los recursos hídricos (<https://www.opcc-ctp.org/es/piragua>). PIRAGUA se alinea con la estrategia de cooperación transfronteriza del Observatorio Pirenaico del Cambio Climático (OPCC). Uno de los casos de estudio que aborda el proyecto es la evaluación del impacto del cambio climático en áreas de especial valor ambiental como es el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido.

El Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (PNOMP) constituye el mayor macizo montañoso calcáreo de Europa Occidental y en él se encuentra el karst de mayor altitud de toda Europa. Para la evaluación del impacto del cambio climático sobre la cantidad de los recursos hídricos se ha calibrado un modelo numérico de balance de agua en el suelo (HBV) con los caudales medidos en la estación de aforo del puente de la Ereta (Valle de Ordesa) durante el periodo 2014-2019. Para la evaluación del turismo y del cambio climático sobre la calidad de los recursos hídricos se ha seleccionado el sistema kárstico de Garcés. Para ello se ha establecido una red de puntos de control, instalado sensores

de presión, nivel, conductividad eléctrica, temperatura del aire y temperatura del agua, medido parámetros de campo y realizado muestreos mensuales de junio a octubre (2018 y 2019) realizando una caracterización hidrogeológica, isotópica ( $^{18}\text{O}$  y D) y biológica en las aguas superficiales y subterráneas en el entorno de dicho sistema.

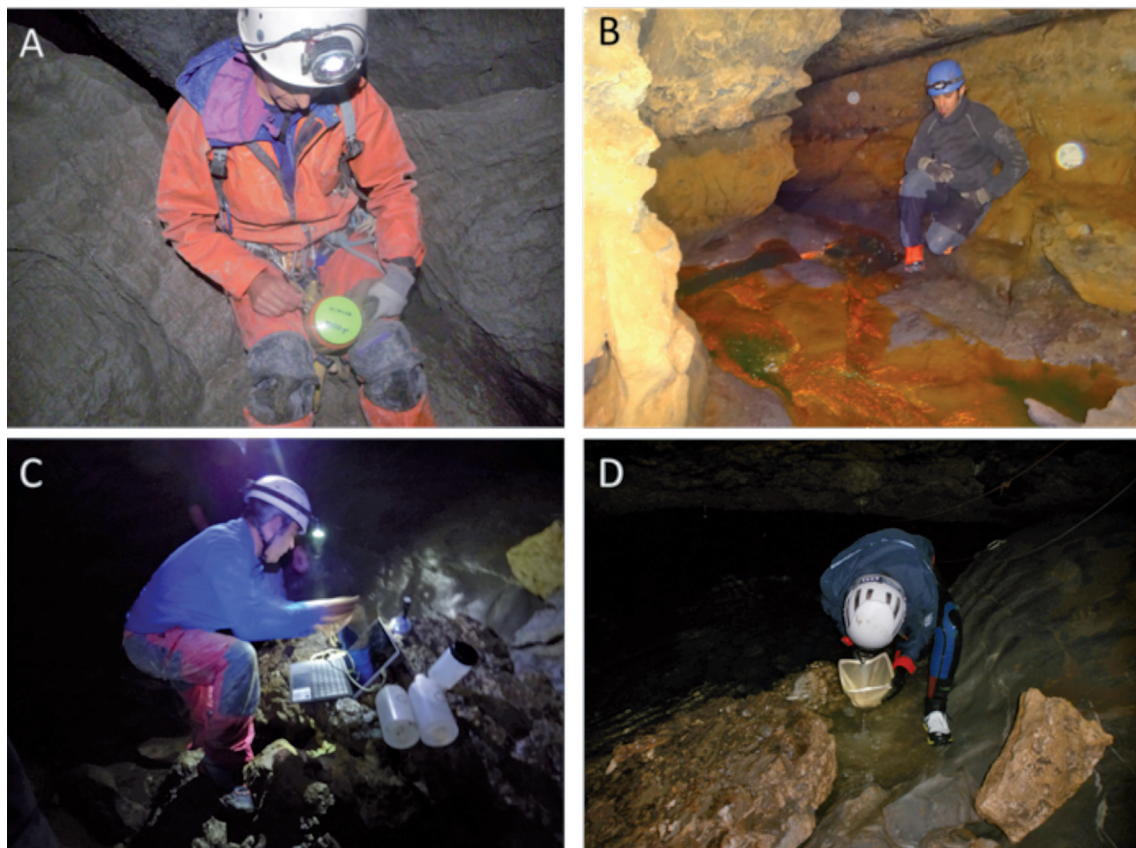


Figura: (A y B) Inyección de trazador en la sima de Marboré a 120 m bajo la superficie realizada por los miembros del grupo de espeleología OTXOLA. (C) Toma de muestras de agua y medida de sensores en la cueva Garcés; (D) Muestro de microinvertebrados en el sifón Silvia de la cueva de Garcés.

Los resultados obtenidos hasta el momento indican que entre el 50 y 60% de la precipitación media anual se infiltra (recarga) en los acuíferos manteniendo el aporte de agua en épocas de estiaje. Por otro lado, el ensayo de trazadores realizado en agosto de 2019 en el entorno del refugio de Góriz indica unos tiempos de llegada del agua subterránea a puntos de descarga importantes (Cueva Garcés y Cola de Caballo) extremadamente cortos (4 y 9 días en ausencia de precipitaciones), lo que confirma la alta vulnerabilidad al cambio climático. La actividad del refugio de Goriz afecta claramente a la calidad del agua superficial (barranco de Góriz) durante el verano, obteniendo altos contenidos en

$\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{PO}_4$ , As, Cu, Fe, Mn,  $\text{PO}_4$  y As, menor número de familias de macroinvertebrados (NFAM), predominio de taxones tolerantes a condiciones estresantes y menor índice de calidad del agua (IBMWP). No se descarta la posible afección a las aguas subterráneas, actualmente en fase de estudio.



## 9. Campaña espeleológica del grupo Otxola en el Parque Nacional en 2019

Silvia Martínez de Olcoz Malo

El grupo de espeleología Otxola de Pamplona lleva varios años encargándose de la investigación del subsuelo en la cueva Garcés y territorios cercanos dentro del sector Ordesa en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido. La boca de esta cueva se sitúa en el circo de Soaso, a 1909 m.s.n.m. y sirve de surgencia principal del río Arazas y por consiguiente de la famosa cascada Cola de Caballo.

A continuación, se detalla una breve cronología de las exploraciones llevadas a cabo en esta cavidad desde 2013. En dicho año, Jordi Yherla (G. E. Badalona) bucea el sifón de entrada de la cueva Garcés (sifón Silvia Coll) pero no consigue avanzar debido a la gran cantidad de agua que se encuentra a su salida. En 2014, dos miembros de Otxola (Eliseo y Josi) bucean el sifón y consiguen avanzar un poco más, explorando más de un kilómetro de galerías secas, encontrando así el Gran Colector del Macizo de Monte Perdido. Es en 2015 cuando se lleva a cabo la primera campaña como tal en la cueva Garcés. Se encuentra un segundo sifón cortocircuitable por galerías secas, se realiza la topografía de la zona explorada y se prospecta en superficie con el objetivo de encontrar un punto de conexión con esta cavidad sin tener que pasar bucenado. En el año 2016 se hace una incursión en invierno a la sima Pastores (situada por encima del refugio de Góriz), además de la correspondiente campaña de verano en la que se continúa con los trabajos de topografía, exploración y prospección, tanto de la cueva Garcés como de sus alrededores. 2017 es un año complicado, en el que los múltiples sifones que van apareciendo en el interior de Garcés obligan a dar un giro, o más bien un “ascenso”, en los trabajos de exploración. Ante esta situación y con la pregunta ¿de dónde viene el agua de Garcés? sobre la mesa, en 2018 los trabajos se centran en la zona alta y se pasa a revisar los sistemas superiores de Marboré, Cigalois y Tartracina- Fraile. Además, se hace un primer intento de buceo en la cueva del Descargador y se inicia la colaboración con el IGME en el Proyecto PIRAGUA EFA210/16.

Cuatro han sido los objetivos marcados para este año 2019. Por un lado, se ha vuelto a la cueva Garcés (Proyecto PIRAGUA) a cambiar los sensores colocados en 2018, se han recogido 5 muestras de agua de 2 litros cada una en distintos puntos de la cavidad, se ha repasado la instalación y se ha intentado explorar el sifón 3 con rebreather (este sistema da a los buceadores una mayor autonomía, aunque ni siquiera con él han conseguido salir

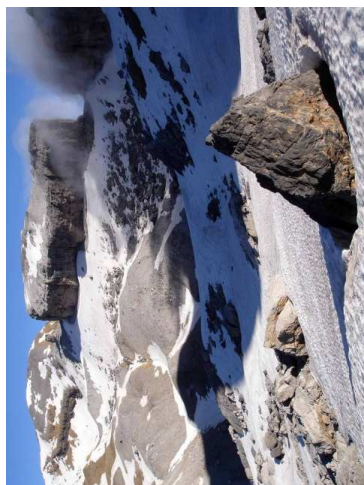
a galería seca dado el importante tamaño de este sifón). El ensayo de multitracedores (tinciones) es la tarea a la que más tiempo y esfuerzo se ha dedicado en esta campaña. Las inyecciones se han realizado en cuatro cavidades situadas hasta 1000 m. en cota por encima de la cueva Garcés. Estas han sido la sima de Marboré, la cueva de Cigalois, la sima de la Tartracina y el sumidero de la S60. En cada una de ellas se ha utilizado un trazador diferente y el punto de inyección se ha adaptado a las características de las mismas y a la exigencia de necesitar un flujo continuo de agua para transportar el trazador. Los trazadores inyectados han sido Uranina, Eosina, AminoG y Naftionato respectivamente. Para detectar estas sustancias se han colocado dos fluorímetros en el sifón Silvia Coll y uno en la surgencia de la Fuenblanca. Los resultados han permitido concluir que todos los trazadores pasan por la cueva Garcés y que tanto las tinciones realizadas en Marboré como en Tartracina dan positivo en Fuenblanca. Como tercer objetivo se ha vuelto a la cueva del Descargador a bucear y Eliseo ha conseguido salir a seco, localizando así lo que se cree que puede ser un nuevo colector en la zona alta del circo de Cotatuero, al Oeste del refugio de Góriz. Por último, a lo largo de toda la campaña se ha continuado con la prospección y revisión de cavidades, realizando especial esfuerzo en la zona del karst blanco por encima del barranco de Góriz, siendo esta una de las zonas con mayor potencial para encontrar otra boca de entrada al sistema Garcés, aunque por el momento no se han obtenido los resultados deseados.

## **10. Plan del Paisaje del Bien “Pirineos-Monte Perdido” y Red del observatorio fotográfico**

Paloma Ibarra y Daniel Ballarín

fañgagufaf



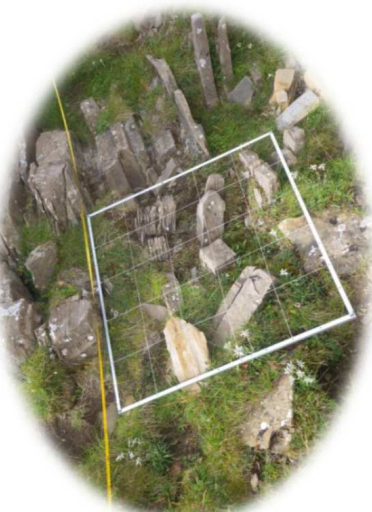


### LUGAR DE REALIZACIÓN

#### Torla (Huesca)

Centro de Visitantes

Avda. Ordesa s/n. 22376. Torla



### INFORMACIÓN:

Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido  
C/Felipe Coscolla 11, 13. 22004, Huesca  
Teléfonos: 974 243 361 / 679 297 489  
E-mail: <http://www.aragon.es/ordesa>

### ORGANIZA:

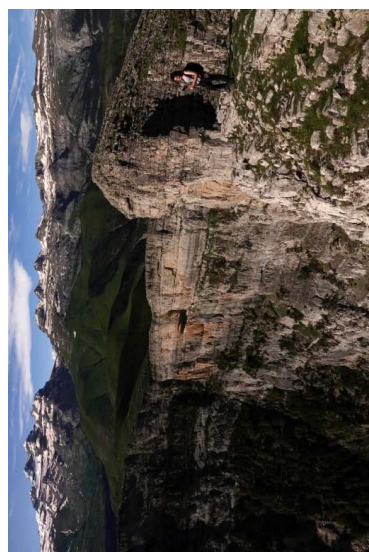
Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido



### V JORNADA DE INVESTIGACIÓN

## Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido

### Presentación de Resultados



19 de diciembre de 2019

Trabajos y proyectos de investigación en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido



## OBJETIVOS

*En la presente jornada se expondrán los resultados de algunos de los proyectos de investigación que se están desarrollando actualmente en el Parque Nacional.*

*Es una jornada informativa dirigida al personal del Parque, así como a técnicos, gestores e investigadores y tiene por objetivo mejorar el conocimiento de los valores naturales que presenta el Parque Nacional y al mismo tiempo fomentar el contacto, las colaboraciones y sinergias entre las distintas personas e instituciones que realizan trabajos en el Parque.*



## PROGRAMA

### Jueves 19 de diciembre

#### Proyectos de investigación en el PNOMP

Moderadora: Elena Villagrasa Ferrer. Directora del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido.

9:00 El glaciar de Monte Perdido y las cuevas de hielo en el PNOMP: registros paleoclimáticos de los últimos milenios.

**Ponente: Ana Moreno Caballud**

9:30 Monitorización del régimen térmico y propiedades físico-químicas del ibón de Marboré ... ¿Algo está cambiando?

**Ponente: Alejandra Vicente de Vera**

10:00 Refugios microclimáticos en el PNOMP en un contexto de cambio climático.

**Ponente: Begoña García González**

10:30 Valorando los bosques maduros pirenaicos: potencial de Parques Nacionales como el de Ordesa y Monte Perdido.

**Ponentes: Jesús Julio Camarero**

11:15 Pausa para café.

11:45 Lluvia de aerosoles atmosféricos sobre el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido.

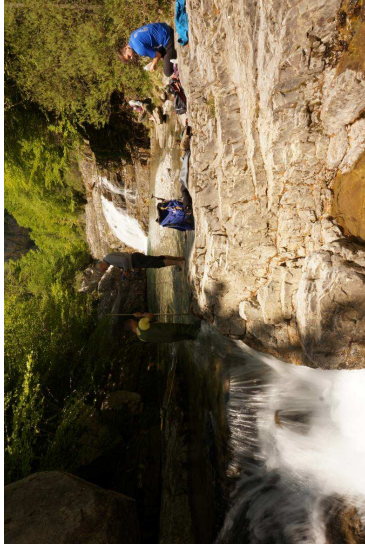
**Ponente: Jorge Pey Betrán**

12:30 Evolución del pasto tras quemadas prescritas de matorral de erizón en el Parque Nacional.

**Ponentes: Daniel Gómez y David Badía**

13:15 Relación planta-suelo subyacente al mosaico de pastos supra-forestales en el Parque Nacional de Ordesa.

**Ponentes: Daniel Gómez y David Badía**



14:00 Comida

16:00 Avance de resultados sobre el impacto del cambio climático en los recursos hídricos del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (Proyecto EFA 210/16 PIRAGUA).

**Ponente: Javier Lambán Jiménez**

16:45 Campaña espeleológica del grupo Otxola en el Parque Nacional en 2019.

**Ponente: Silvia Martínez de Olcoz**

17:30 Pausa para café.

18:00 Plan del Paisaje del Bien "Pirineos-Monte Perdido" y Red del observatorio fotográfico.

**Ponente: Paloma Ibarra y Daniel Ballarín**

