

# 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

Introducción. Elena Villagrasa Ferrer.....	3
1. El glaciar de Monte Perdido en el PNOMP: registro paleoclimático de los últimos milenios Ana Moreno Caballud y Miguel Bartolomé Úcar .....	5
2. Monitorización del régimen térmico y propiedades físico-químicas del ibón de Marboré... ¿Algo está cambiando? Alejandra Vicente de Vera.....	13
3. Refugios microclimáticos en el PNOMP en un contexto de cambio climático Begoña García González.....	22
4. Valorando los bosques maduros pirenaicos: potencial de PP. NN. como el de Ordesa y Monte Perdido Jesús Julio Camarero .....	27
5. Lluvia de aerosoles atmosféricos sobre el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido Jorge Pey Betrán .....	28
6. Evolución de la cubierta vegetal tras quemas prescritas en matorrales de erizón del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido y valles vecinos Daniel Gómez y David Badía .....	37
7. Relación planta-suelo subyacente al mosaico de pastos supra-forestales en el PNOMP David Badía y Daniel Gómez .....	44
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) Javier Lambán Jiménez.....	51
9. Campaña espeleológica del grupo Otxola en el Parque Nacional en 2019 Silvia Martínez de Olcoz Malo.....	54
10. Plan del Paisaje del Bien “Pirineos-Monte Perdido” y Red del observatorio fotográfico Paloma Ibarra y Daniel Ballarín .....	56
Folleto divulgativo de la V Jornada de Investigación .....	76

## Introducción

**Elena Villagrasa Ferrer**

Directora del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido

Por quinto año consecutivo se ha celebrado la Jornada de Investigación en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (PNOMP), dirigida tanto al propio personal del Parque Nacional como a técnicos, gestores e investigadores, con el objetivo de mejorar el conocimiento de sus valores naturales. También, nos permite fomentar el contacto, las colaboraciones y sinergias entre el personal de las distintas instituciones que de una forma u otra realizan estudios en el Parque. Estas jornadas coinciden además con el colofón del acontecimiento histórico del Centenario de Ordesa y Monte Perdido, que se ha celebrado durante 2018 y 2019.



Se presenta en este documento un resumen de los resultados y las conclusiones de varios trabajos y proyectos de investigación que se han abordado en el último año en el espacio protegido, sobre temas de interés y actualidad como el cambio climático, glaciares, pastos o bosques maduros, entre otros.

El primer artículo, «El glaciar de Monte Perdido y las cuevas de hielo en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido» de Ana Moreno Caballud, se centra en los registros paleoclimáticos de los últimos milenios. A continuación, Alejandra Vicente de Vera nos presenta su estudio sobre «Monitorización del régimen térmico y propiedades físico-químicas del ibón de Marboré... ¿Algo está cambiando?».

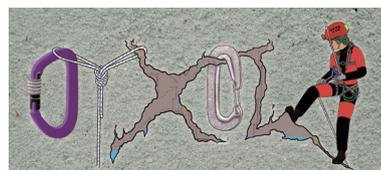
Begoña García González trae a esta V Jornada su ponencia «Refugios microclimáticos en el PNOMP en un contexto de cambio climático» la importancia de estos en el Parque. Seguidamente, Jesús Julio Camarero presenta su trabajo sobre los bosques maduros en su artículo «Valorando los bosques maduros pirenaicos: potencial de PP. NN. como el de Ordesa y Monte Perdido».

A continuación, Jorge Pey Betrán nos ofrece los resultados de su investigación en el artículo “Lluvia de aerosoles atmosféricos sobre el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido”. David Badía y Daniel Gómez nos presentan sus estudios sobre la «Evolución de la cubierta vegetal tras quemadas prescritas en matorrales de erizón del Parque Nacional

de Ordesa y Monte Perdido y valles vecinos», y sobre la «Relación planta-suelo subyacente al mosaico de pastos supra-forestales en el PNOMP».

Javier Lambán Jiménez presenta su trabajo «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); a continuación, el estudio de Silvia Martínez de Olcoz, que trata de la «Campaña espeleológica del grupo Otxola en el Parque Nacional en 2019». Y por último, Paloma Ibarra Benlloch y Daniel Ballarín abordan en su artículo el «Plan del Paisaje del Bien Pirineos-Monte Perdido y observatorio fotográfico».

Finalmente, agradecer a todos los que han hecho posible la celebración de la V Jornada de Investigación, porque los conocimientos presentados sobre elementos naturales y ecología, desde la atmósfera, las plantas, el bosque, el hielo, los pastos, el suelo, el agua, hasta el paisaje, contribuyen activamente a mejorar la conservación de nuestro querido y único Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido.



## 1. El glaciar de Monte Perdido en el PNOMP: registro paleoclimático de los últimos milenios

**Ana Moreno Caballud**

Instituto Pirenaico de Ecología. CSIC, Zaragoza

**Miguel Bartolomé Úcar**

Museo Ciencias Naturales de Madrid, CSIC, Madrid

Miembros proyecto PaleoICE<sup>1</sup>



### 1. Objetivo del estudio del hielo del glaciar de Monte Perdido

El glaciar de Monte Perdido en el Parque Nacional de Ordesa es uno de los pocos glaciares que todavía podemos encontrar en el Pirineo. Sin embargo, el volumen total y el espesor del hielo disminuyen cada año y dentro de pocas décadas habrá desaparecido completamente (López-Moreno *et al.*, 2016). El retroceso del glaciar es evidente, irreversible y de gran magnitud: una media de 2 m de espesor desaparecen cada año. Este cambio, actualmente acelerado pero iniciado a finales del siglo XIX, se achaca al calentamiento global de nuestro planeta, especialmente acusado en las zonas de montaña como los Pirineos (Rico *et al.*, 2017). Aunque estos datos están claros todavía no sabemos si en el pasado reciente el glaciar de Monte Perdido experimentó otros periodos de retroceso semejantes o si por el contrario este periodo actual es el más cálido de los últimos milenios.

Para conocer la evolución del glaciar necesitamos determinar la cronología del hielo, principal objetivo del proyecto de investigación PaleoICE llevado a cabo por investigadores del Instituto Pirenaico de Ecología junto con otros científicos de diversas universidades y centros del CSIC (ver lista de autores al final).

---

1 Las siguientes personas forman parte del equipo PaleoICE que ha realizado este trabajo: Ana Moreno, Miguel Bartolomé, Juan Ignacio López-Moreno, Jorge Pey, Pablo Corella, Jordi García-Orellana, Carlos Sancho, María Leunda, Graciela Gil-Romera, Penélope González-Sampériz, Carlos Pérez-Mejías, Francisco Navarro, Jaime Otero-García, Javier Lapazaran, Esteban Alonso-González, Cristina Cid, Jerónimo López-Martínez, Belén Oliva-Urcia, Sérgio Henrique Faria, María José Sierra, Rocío Millán, Xavier Querol, Andrés Alastuey y José M. García-Ruíz

## 2. Introducción a los glaciares como registros paleoclimáticos

Los glaciares son centinelas del cambio climático, muy sensibles a los cambios de temperatura y por eso nos informan mediante sus avances y retrocesos de cómo varía el clima. Aunque en respuesta al calentamiento están en claro retroceso hoy en día, en épocas frías anteriores como la Pequeña Edad del Hielo (ss. XIV-XVIII) avanzaron considerablemente (Solomina *et al.*, 2016). Hace aproximadamente mil años, en la Edad Media, tuvo lugar un periodo climático que conocemos como la «Anomalía Climática Medieval» y que en muchas zonas de la Península Ibérica se caracterizó por elevadas temperaturas medias y abundantes sequías (Moreno *et al.*, 2012). Hoy resulta prioritario conocer si ese periodo climático, provocado por causas naturales (por ejemplo, la variabilidad solar) y muy anterior a que la especie humana originara el cambio climático de nuestros días, pudo ser más cálido o no que las últimas décadas. De esa manera podemos contextualizar el calentamiento actual y comprobar si estamos ante un cambio climático único en los últimos milenios o, por el contrario, se trata de una fase más, similar a la ocurrida durante la Anomalía Climática Medieval. Aunque estos periodos climáticos se han investigado con anterioridad mediante el estudio de sedimentos lacustres o marinos, o a través de los anillos de crecimiento de los árboles (síntesis global en PAGES2k Consortium *et al.*, 2017), la respuesta en la alta montaña es todavía desconocida por la falta de registros.

El estudio llevado a cabo en el glaciar de Monte Perdido (Figura 1) es un trabajo pionero en España, representa la primera vez que se extraen sondeos de hielo en glaciares pirenaicos, y ha tenido una fuerte componente multidisciplinar, incluyendo como análisis principales el conjunto de dataciones realizadas en la materia orgánica encontrada en el hielo ( $^{14}\text{C}$ ) y la medida de la concentración de elementos traza como el Pb, el Hg o el Zn que aportan información del tipo de aportes atmosféricos que llegaban a la zona de estudio procedentes de minería, polvo sahariano o contaminación industrial y del tráfico. Dichos análisis, junto a la comparación con la secuencia lacustre cercana del Lago de Marboré previamente publicada (Leunda *et al.*, 2017; Oliva-Urcia *et al.*, 2018) permite establecer la cronología del hielo preservado en el glaciar de Monte Perdido e indagar en su evolución durante los últimos milenios del Holoceno.



Figura 1. Imagen del glaciar de Monte Perdido (Octubre 2017) y fotos de la campaña de muestreo

### 3. La cronología del hielo y evolución del glaciar de Monte Perdido

Para encontrar las áreas donde pudiéramos esperar la localización del hielo más antiguo se desarrolló un modelo numérico de la dinámica del glaciar que es capaz de determinar el camino que llevan a cabo las partículas de hielo desde que se depositan en la parte alta del glaciar hasta su fusión en el frente. Este modelo requería como datos de entrada la distribución de los espesores de hielo, que se consiguieron mediante campañas de georradar (López-Moreno *et al.*, 2019). A pesar de estos análisis previos, la campaña de sondeos no permitió recuperar el total de la secuencia del glaciar por problemas técnicos y de unos 30 metros totales de espesor se recuperó una tercera parte. Sin embargo, se pudo investigar la edad del hielo a través de la datación de muestras aisladas tomadas en un transecto altitudinal en la zona más estable del glaciar.

Dicha datación se ha abordado por varias técnicas, incluyendo  $^{210}\text{Pb}$  y  $^{137}\text{Cs}$  en las muestras más superficiales de la secuencia y  $^{14}\text{C}$  en restos orgánicos, en polen concentrado, en filtros de material particulado, incluso usando una novedosa técnica que data el carbono orgánico insoluble en las muestras de hielo (WIOC) (Uglietti *et al.*, 2016). Todas estas técnicas presentaron problemas y limitaciones y de un total de 15 muestras de  $^{14}\text{C}$ , solo 9 se han podido tener en cuenta para la cronología del glaciar. Por otro lado, ni la técnica de datación absoluta por  $^{210}\text{Pb}$  ni el radioisótopo  $^{137}\text{Cs}$  que marca el momento de los ensayos nucleares han proporcionado resultados válidos en las muestras del glaciar indicando que la secuencia datada no preserva los últimos 200 años.

El modelo de edad se obtuvo a partir de las 9 dataciones seleccionadas usando el software CLAM 2.2. (Blaauw *et al.*, 2019). La cronología nos muestra que el hielo más antiguo es de hace 2000 años, es decir, se acumuló en época romana. Para esa fecha se sugiere que el glaciar estaría ya muy mermado comparado con su situación anterior, en el Neoglacial (hace unos 5000 años), periodo para el cual sabemos la posición del glaciar por dataciones previas en el Circo de Marboré de morrenas y bloques erráticos (García-Ruiz *et al.*, 2014) que nos hablan de un importante avance (Figura 2).

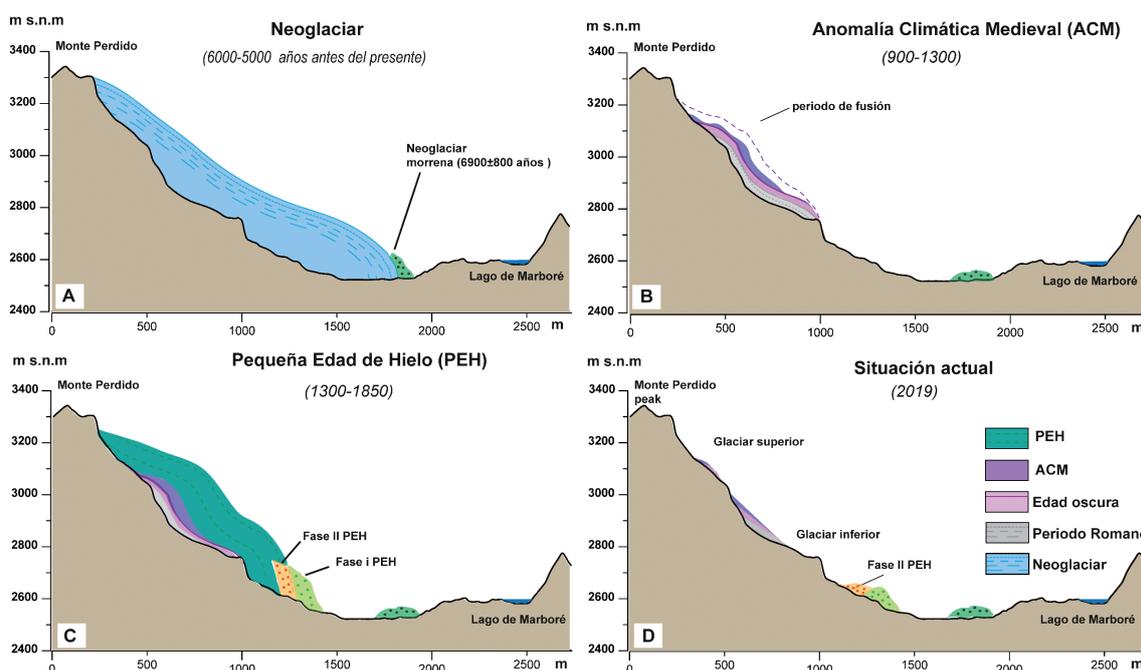


Figura 2. Evolución del glaciar de Monte Perdido de acuerdo a las dataciones obtenidas en su secuencia de hielo y al conocimiento previo de las morrenas

De acuerdo con el modelo de edad, el glaciar de Monte Perdido experimentaría un retroceso espectacular durante el periodo de la Anomalía Climática Medieval (entre 900-1300 años DC) incluyendo la fusión completa de los glaciares menores existentes en el circo (García-Ruiz *et al.*, 2020). Sin embargo, parte del glaciar fue preservado puesto que encontramos hielo anterior por lo que, aunque la pérdida de masa y superficie glaciar fue muy importante, el glaciar no desapareció. La fusión durante la Anomalía Climática Medieval viene además indicada por la presencia de abundantes capas oscuras en el hielo glaciar que cuentan con gran cantidad de partículas detríticas probablemente concentradas tras largos periodos de fusión de hielo. Así, la cronología nos indica que durante dicho periodo medieval no hubo prácticamente depósito de hielo o si durante algunas décadas

se acumuló, se fundió posteriormente puesto que no se ha preservado. Fue sin duda un periodo dominado por la ablación.

Durante la Pequeña Edad del Hielo (1300-1850 años DC), el glaciar avanzó de un modo notable al igual que otros glaciares de montaña a escala global (Ivy-Ochs *et al.*, 2009). En el Circo de Marboré se han identificado dos generaciones de morrenas de este periodo (García-Ruiz *et al.*, 2014) marcando la variabilidad de este intervalo temporal, ya indicada en estudios anteriores a partir de diferentes archivos paleoclimáticos (Oliva *et al.*, 2018). El glaciar de Monte Perdido habría cubierto un área de 5,56 km<sup>2</sup> al final de la Pequeña Edad del Hielo (González Trueba *et al.*, 2008). Sorprendentemente, no hay registro del hielo acumulado en ese periodo lo que significa que más de 600 años de hielo glaciar han desaparecido en las últimas décadas. Otros indicadores de carácter geoquímico como el contenido en mercurio (Hg), en plomo (Pb) o en hollín («black carbón») 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. Este hecho apoya 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.

Actualmente, el glaciar de Monte Perdido está separado en dos pequeños cuerpos de hielo que unidos cubren tan solo 0,38 km<sup>2</sup> (López-Moreno *et al.*, 2016). Más de 5 km<sup>2</sup> de superficie glaciar habrían desaparecido en pocas décadas indicando que los últimos 150 años han sido los de mayor fusión glaciar de los últimos 2000 años.

#### **4. Conclusiones**

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 anteriores, como la Anomalía Climática Medieval, no fueron tan cálidos (o tan secos) como las últimas décadas, probando así que estamos ante un periodo sin precedentes en cuanto al retroceso de los glaciares pirenaicos. En estas circunstancias es razonable esperar la desaparición del glaciar de Monte Perdido, así como la de otros glaciares pirenaicos y de montañas del sur de Europa, en las próximas décadas.

## 5. Bibliografía

- Blaauw, M., Christen, J. A., Vázquez, J. E. y Goring, S.: clam: Classical Age-Depth Modelling of Cores from Deposits. CRAN 2019, [online] Available from: <https://CRAN.R-project.org/package=clam>, 2019.
- García-Ruiz, J. M., Palacios, D., Andrés, N. de, Valero-Garcés, B. L., López-Moreno, J. I. and Sanjuán, Y.: Holocene and ‘Little Ice Age’ glacial activity in the Marboré Cirque, Monte Perdido Massif, Central Spanish Pyrenees, *The Holocene*, 24(11), 1439–1452, doi:10.1177/0959683614544053, 2014.
- García-Ruiz, J. M., Palacios, D., Andrés, N. and López-Moreno, J. I.: Neoglaciation in the Spanish Pyrenees: A multiproxy challenge, *Journal of Mediterranean Geosciences*, in press, 2020.
- González Trueba, J. J., Moreno, R. M., Martínez de Pisón, E. and Serrano, E.: ‘Little Ice Age’ glaciation and current glaciers in the Iberian Peninsula, *The Holocene*, 18(4), 551–568, doi:10.1177/0959683608089209, 2008.
- Ivy-Ochs, S., Kerschner, H., Maisch, M., Christl, M., Kubik, P. W. and Schlüchter, C.: Latest Pleistocene and Holocene glacier variations in the European Alps, *Quaternary Science Reviews*, 28(21–22), 2137–2149, 2009.
- Leunda, M., González-Sampériz, P., Gil-Romera, G., Aranbarri, J., Moreno, A., Oliva-Urcia, B., Sevilla-Callejo, M. and Valero-Garcés, B.: The Late-Glacial and Holocene Marboré Lake sequence (2612m a.s.l., Central Pyrenees, Spain): Testing high altitude sites sensitivity to millennial scale vegetation and climate variability, *Global and Planetary Change*, 157, 214–231, doi:10.1016/j.gloplacha.2017.08.008, 2017.
- López-Moreno, J. I., Revuelto, J., Rico, I., Chueca-Cía, J., Julián, A., Serreta, A., Serrano, E., Vicente-Serrano, S. M., Azorin-Molina, C., Alonso-González, E. and García-Ruiz, J. M.: Thinning of the Monte Perdido Glacier in the Spanish Pyrenees since 1981, *The Cryosphere*, 10(2), 681–694, doi:10.5194/tc-10-681-2016, 2016.
- López-Moreno, J. I., Alonso-González, E., Monserrat, O., Del Río, L. M., Otero, J., Lapazaran, J., Luzi, G., Dematteis, N., Serreta, A., Rico, I., Serrano-Cañadas, E., Bartolomé, M., Moreno, A., Buisan, S. and Revuelto, J.: Ground-based remote-sensing techniques for diagnosis of the current state and recent evolution of the Monte Perdido Glacier, Spanish Pyrenees, *J. Glaciol.*, 65(249), 85–100, doi:10.1017/jog.2018.96, 2019.

- Moreno, A., Pérez, A., Frigola, J., Nieto-Moreno, V., Rodrigo-Gámiz, M., Martrat, B., González-Sampériz, P., Morellón, M., Martín-Puertas, C., Corella, J. P., Belmonte, Á., Sancho, C., Cacho, I., Herrera, G., Canals, M., Grimalt, J. O., Jiménez-Espejo, F., Martínez-Ruiz, F., Vegas-Vilarrúbia, T. and Valero-Garcés, B. L.: The Medieval Climate Anomaly in the Iberian Peninsula reconstructed from marine and lake records, *Quaternary Science Reviews*, 43(0), 16–32, doi:10.1016/j.quascirev.2012.04.007, 2012.
- Oliva, M., Ruiz-Fernández, J., Barriendos, M., Benito, G., Cuadrat, J. M., Domínguez-Castro, F., García-Ruiz, J. M., Giralt, S., Gómez-Ortiz, A., Hernández, A., López-Costas, O., López-Moreno, J. I., López-Sáez, J. A., Martínez-Cortizas, A., Moreno, A., Prohom, M., Saz, M. A., Serrano, E., Tejedor, E., Trigo, R., Valero-Garcés, B. and Vicente-Serrano, S. M.: The Little Ice Age in Iberian mountains, *Earth-Science Reviews*, 177, 175–208, doi:10.1016/j.earscirev.2017.11.010, 2018.
- Oliva-Urcia, B., Moreno, A., Leunda, M., Valero-Garcés, B., González-Sampériz, P., Gil-Romera, G., Mata, M. P. and Group, H.: Last deglaciation and Holocene environmental change at high altitude in the Pyrenees: the geochemical and paleomagnetic record from Marboré Lake (N Spain), *J Paleolimnol*, 59(3), 349–371, doi:10.1007/s10933-017-0013-9, 2018.
- PAGES2k Consortium, Emile-Geay, J., McKay, N. P., Kaufman, D. S., Gunten, L. von, Wang, J., Anchukaitis, K. J., Abram, N. J., Addison, J. A., Curran, M. A. J., Evans, M. N., Henley, B. J., Hao, Z., Martrat, B., McGregor, H. V., Neukom, R., Pederson, G. T., Stenni, B., Thirumalai, K., Werner, J. P., Xu, C., Divine, D. V., Dixon, B. C., Gergis, J., Mundo, I. A., Nakatsuka, T., Phipps, S. J., Routson, C. C., Steig, E. J., Tierney, J. E., Tyler, J. J., Allen, K. J., Bertler, N. A. N., Björklund, J., Chase, B. M., Chen, M.-T., Cook, E., Jong, R. de, DeLong, K. L., Dixon, D. A., Ekaykin, A. A., Ersek, V., Filipsson, H. L., Francus, P., Freund, M. B., Frezzotti, M., Gaire, N. P., Gajewski, K., Ge, Q., Goosse, H., Gornostaeva, A., Grosjean, M., Horiuchi, K., Hormes, A., Husum, K., Isaksson, E., Kandasamy, S., Kawamura, K., Kilbourne, K. H., Koç, N., Leduc, G., Linderholm, H. W., Lorrey, A. M., Mikhalenko, V., Mortyn, P. G., Motoyama, H., Moy, A. D., Mulvaney, R., Munz, P. M., Nash, D. J., Oerter, H., Opel, T., Orsi, A. J., Ovchinnikov, D. V., Porter, T. J., Roop, H. A., Saenger, C., Sano, M., Sauchyn, D., Saunders, K. M., Seidenkrantz, M.-S., Severi, M., Shao, X., Sicre, M.-A., Sigl, M., Sinclair, K., George, S. S., Jacques, J.-M. S., Thamban, M., Thapa, U. K., Thomas, E. R., Turney, C., Uemura, R., Viau, A. E., Vladimirova, D. O., Wahl, E. R., White, J. W. C., Yu, Z. and Zinke, J.: A global multiproxy database for

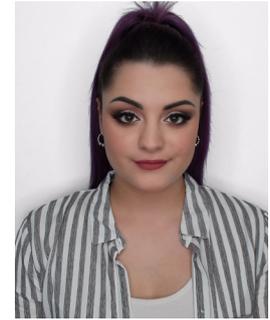
temperature reconstructions of the Common Era, *Scientific Data*, 4, sdata201788, doi:10.1038/sdata.2017.88, 2017.

Rico, I., Izagirre, E., Serrano, E. and López-Moreno, J. I.: Superficie glaciaria actual en los Pirineos: Una actualización para 2016, *Pirineos*, 172(0), 029, doi:10.3989/Pirineos.2017.172004, 2017.

Solomina, O. N., Bradley, R. S., Jomelli, V., Geirsdottir, A., Kaufman, D. S., Koch, J., McKay, N. P., Masiokas, M., Miller, G., Nesje, A., Nicolussi, K., Owen, L. A., Putnam, A. E., Wanner, H., Wiles, G. and Yang, B.: Glacier fluctuations during the past 2000 years, *Quaternary Science Reviews*, 149, 61–90, doi:10.1016/j.quascirev.2016.04.008, 2016.

Uglietti, C., Zapf, A., Jenk, T. M., Sigl, M., Szidat, S., Salazar, G. and Schwikowski, M.: Radiocarbon dating of glacier ice: overview, optimisation, validation and potential, *The Cryosphere*, 10(6), 3091–3105, doi:10.5194/tc-10-3091-2016, 2016.

## 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



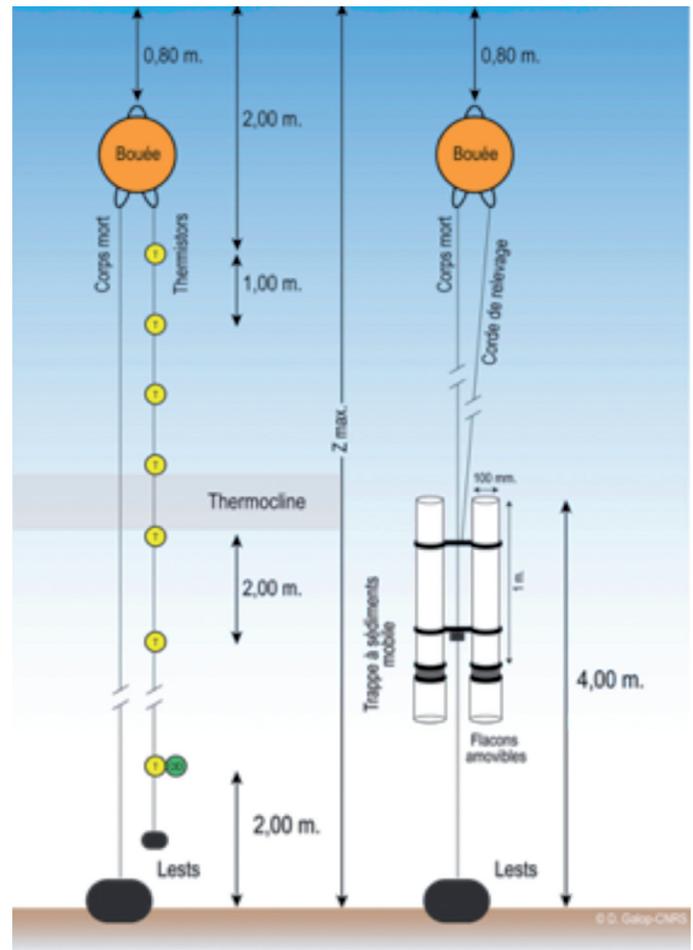
Figura 4. Fotografía de la boya sumergida en el agua con los diferentes termistores colgados de ella a diferentes profundidades (izquierda), termistor HOBO (derecha)

en profundidad a lo largo de la columna de agua del lago durante todo el tiempo de medición.

### 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

— Muestreos 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.

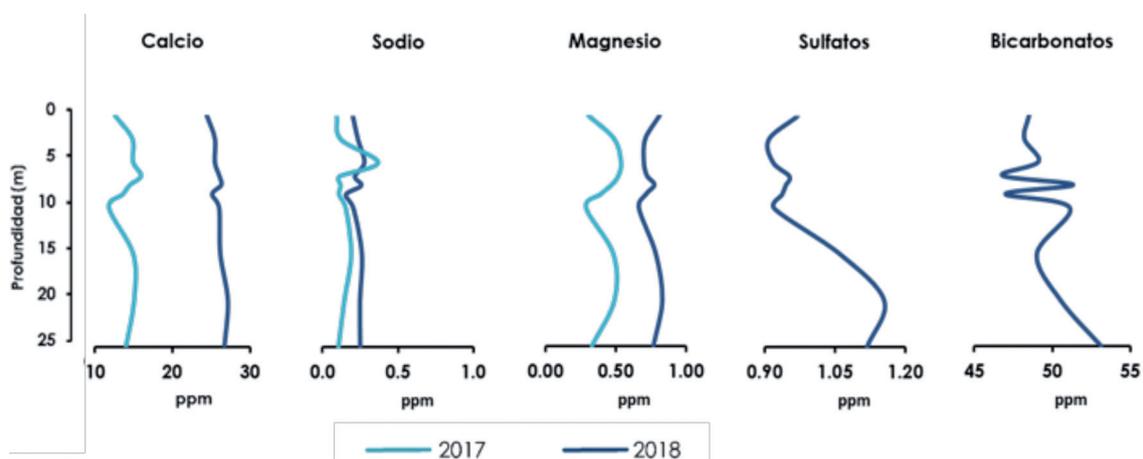


Figura 6. Composición de cationes y aniones principales de las muestras de aguas en profundidad

— Perfiles continuos de la columna de agua.

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

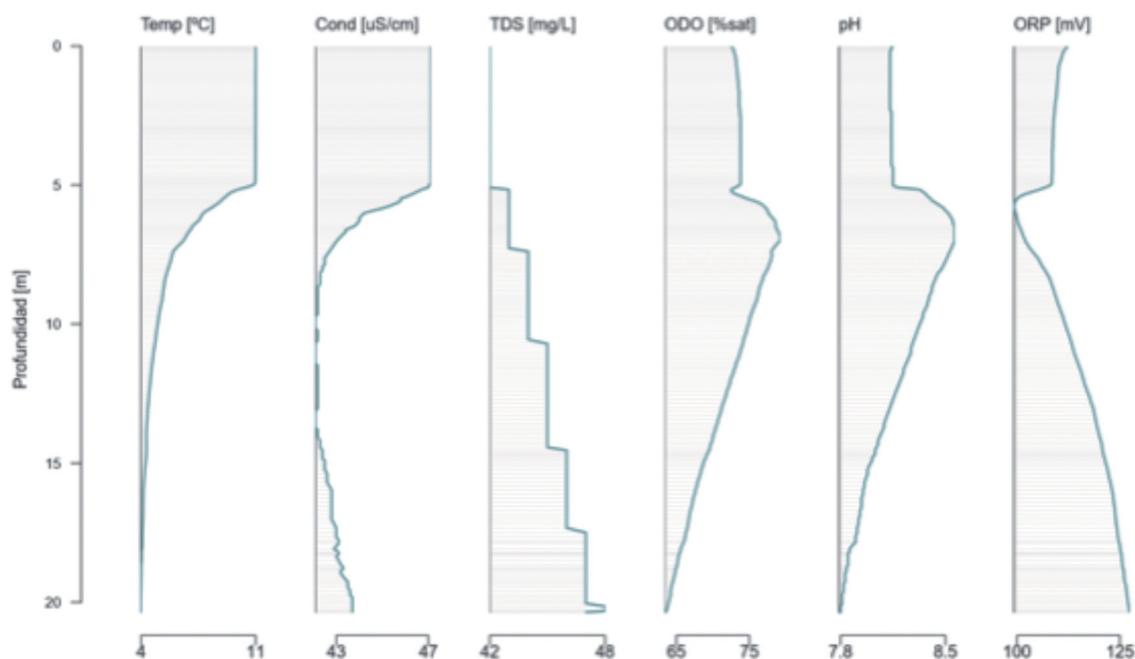


Figura 7. Resultados obtenidos en Marboré, en septiembre de 2018, mediante sonda multiparamétrica YSI EXO 1.

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

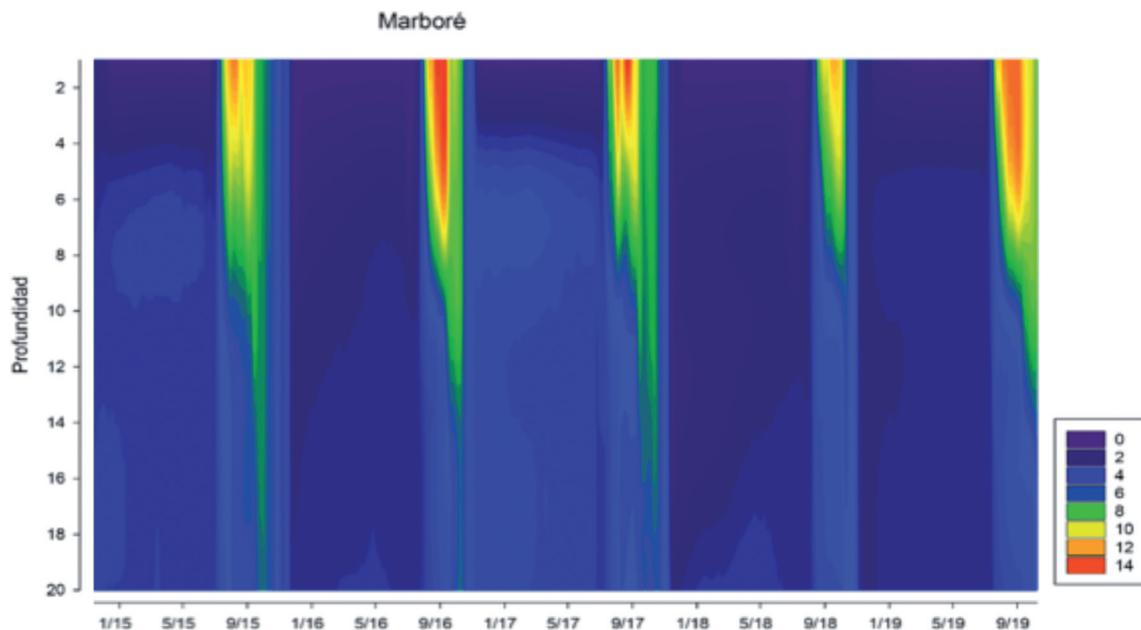


Figura 8. Régimen térmico obtenido del ibón de Marboré a partir de los termistores de temperatura colocados a 1,5,10,15 y 20 metros de profundidad

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 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)

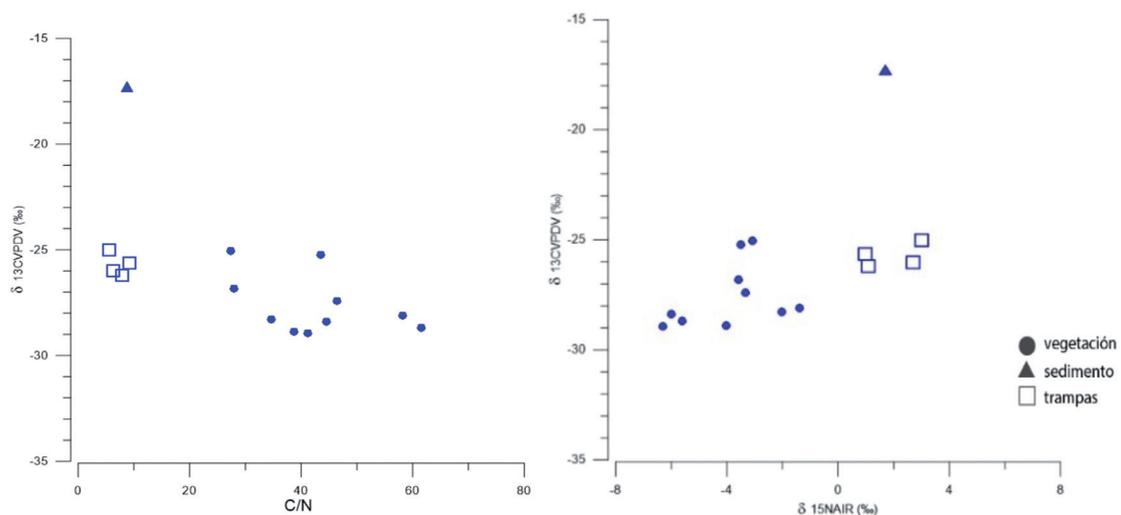


Figura 10. Relación entre  $\delta^{15}\text{N}$  y  $\delta^{13}\text{C}$ , y  $\delta^{13}\text{C}$  y C/N de las muestras recogidas en el entorno del lago (vegetación y sedimento de barranco de entrada al lago) y las trampas de sedimento de Marboré

## 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 ejemplo), 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 ejemplo Menieri *et al.* 2017).

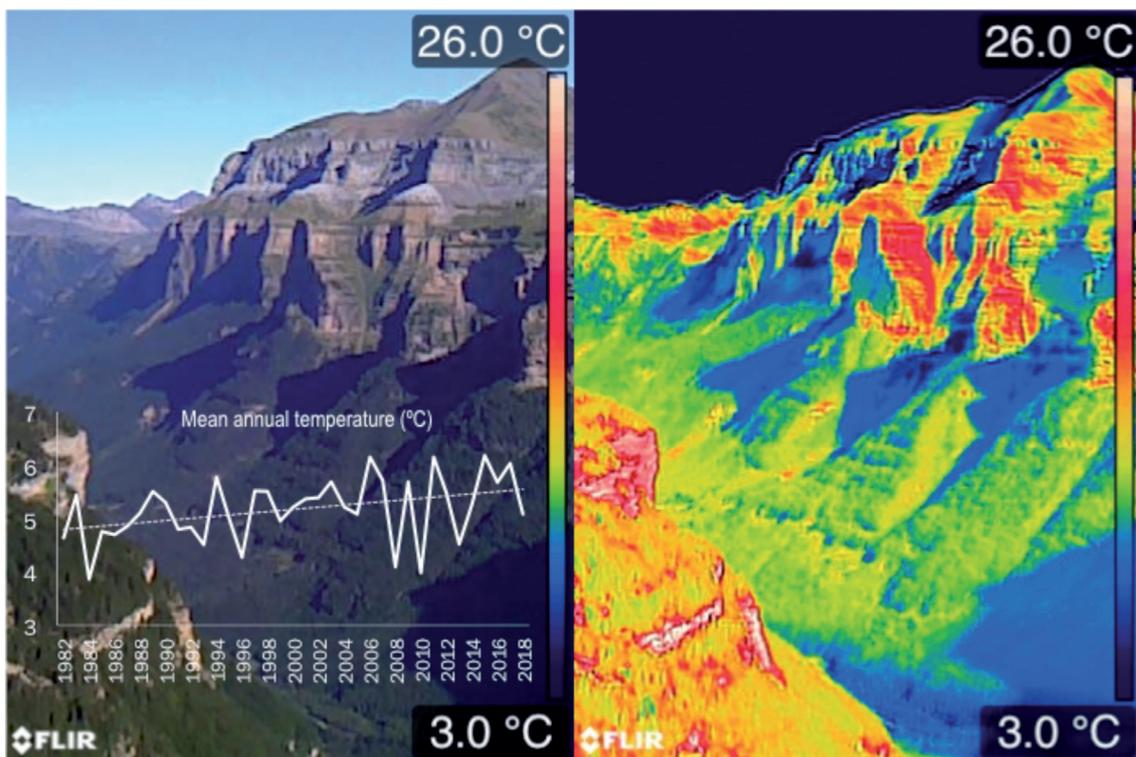


Figura 1. Imagen digital (izda.) y térmica (drcha.) del valle de Ordesa, mostrando valores extremos de temperatura en un momento dado. La gráfica dentro de la imagen digital corresponde a la temperatura media registrada por la AEMET en el Refugio de Góriz, a 2200 m de altitud, desde su instalación en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

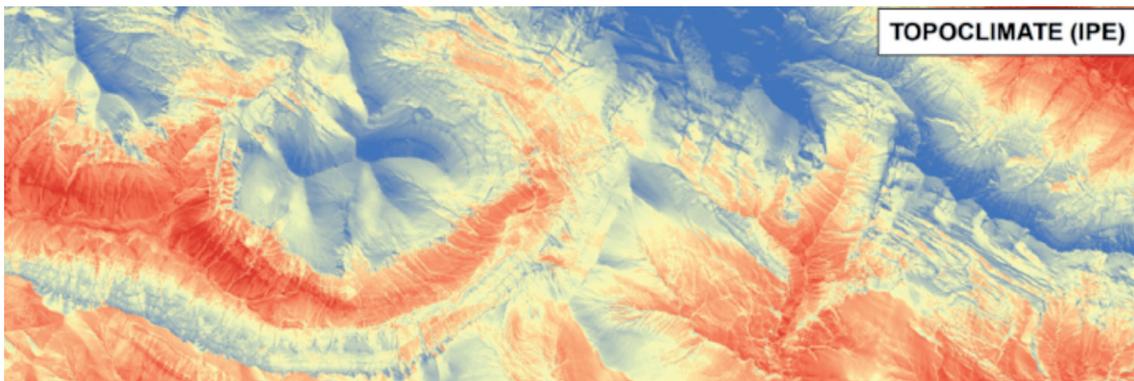


Figura 2. Modelo topoclimático de alta resolución de una parte del PNOMP, mostrando lugares identificados como refugios cálidos (rojo) y fríos (azul)

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=eaqKo783z08&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).

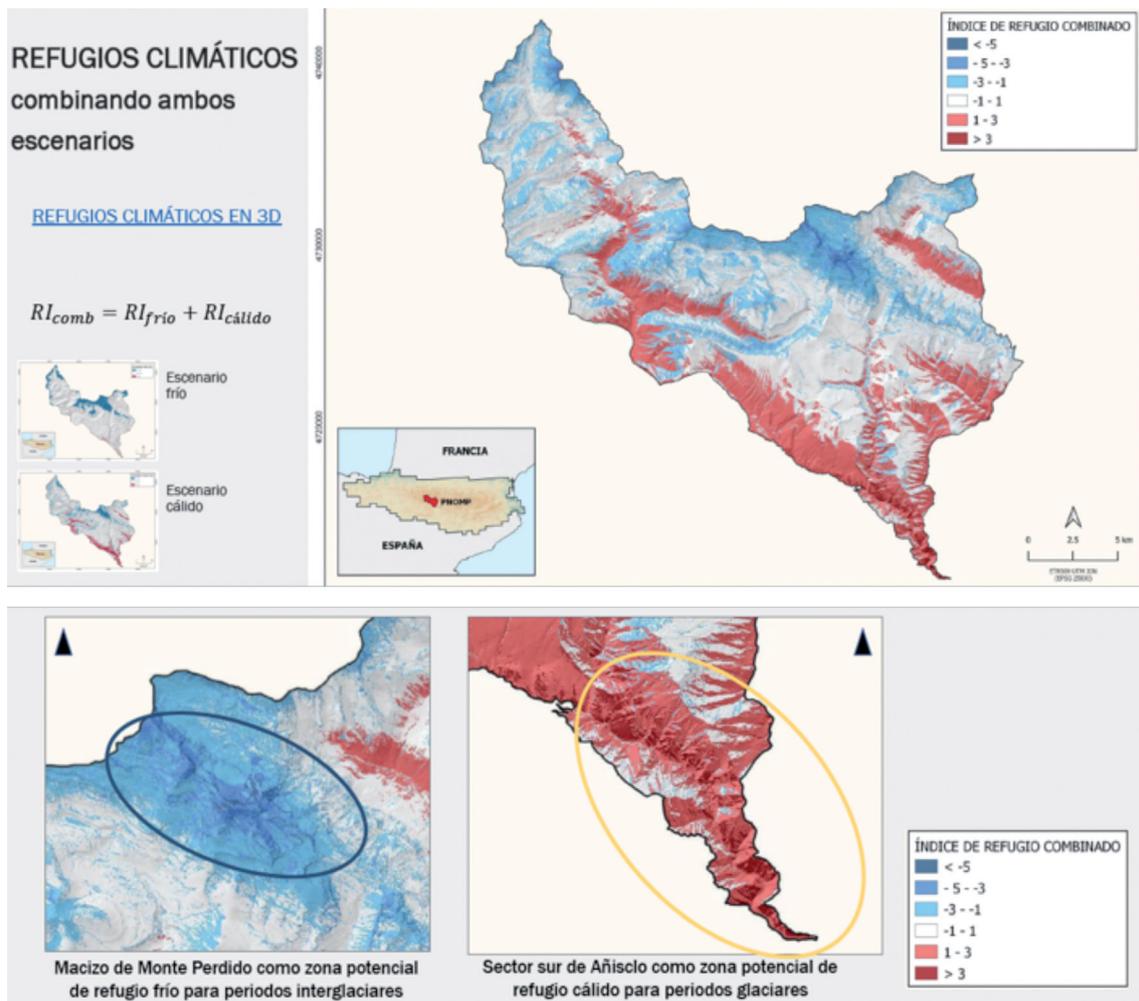


Figura 3. Arriba: Identificación de refugios fríos y cálidos en el PNOMP según el índice de refugio basado en temperaturas extremas, variabilidad intranual, y diferenciación dentro del área de estudio.

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 M.B., 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 PP. NN.  
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

Jorge Pey Betrán <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.

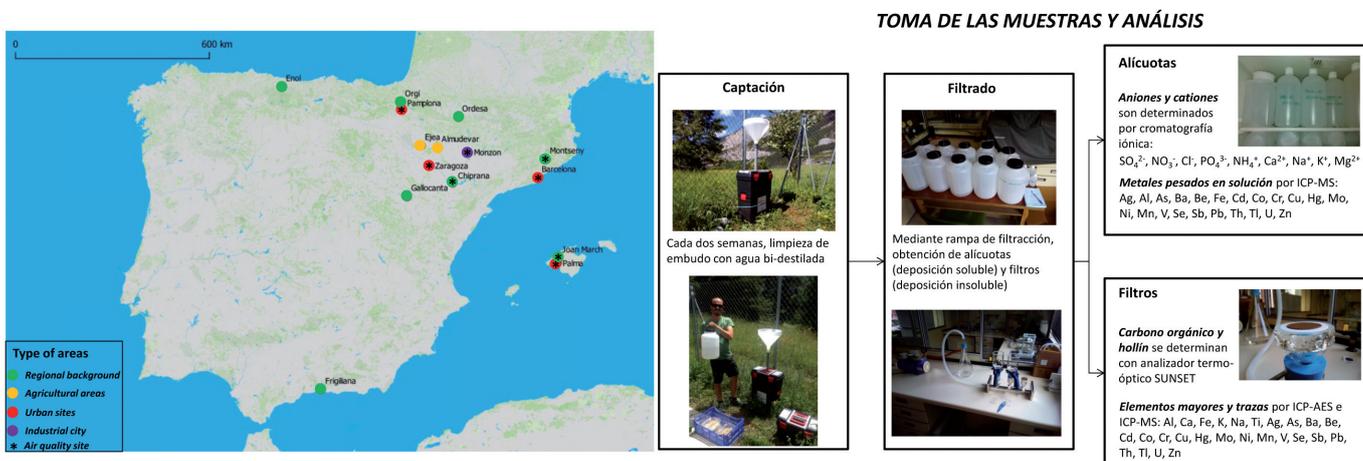
La transferencia por vía atmosférica de metales pesados y otras sustancias químicas al suelo es un proceso que ocurre de forma constante (Rossini Oliva y Fernández Espinosa, 2007) incluso en los lugares más prístinos (Camarero *et al.*, 2009). Ello puede con-

dicionar 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.

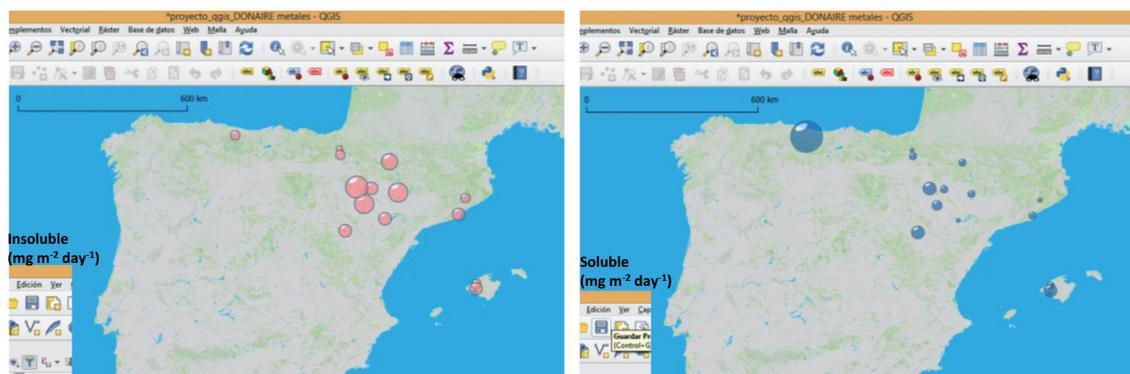
## 2. Métodos

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.

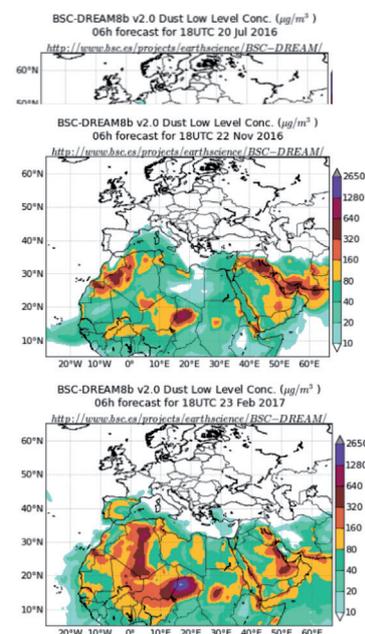
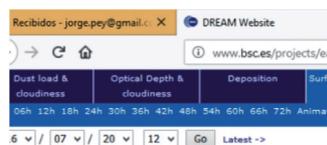
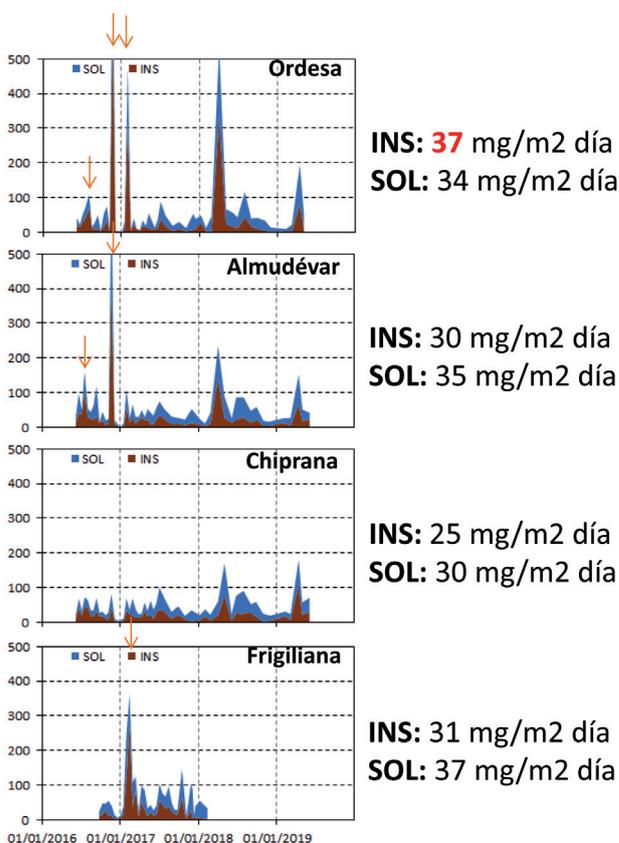


### 3. Resultados

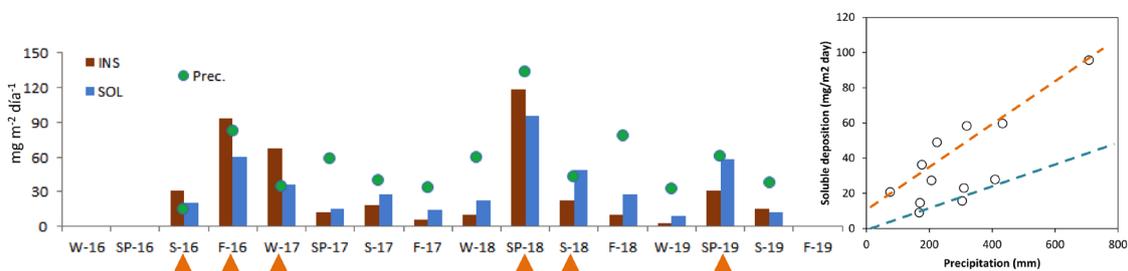
**Flujos de deposición.** Los casi cuatro años de medidas que acumula la red DONAIRE permite visualizar las zonas que registran mayor y menor flujo de aerosoles atmosféricos. El PNOMP registra concentraciones importantes de partículas insolubles, mucho mayores que las que se registran en otras zonas 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 transepto 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.

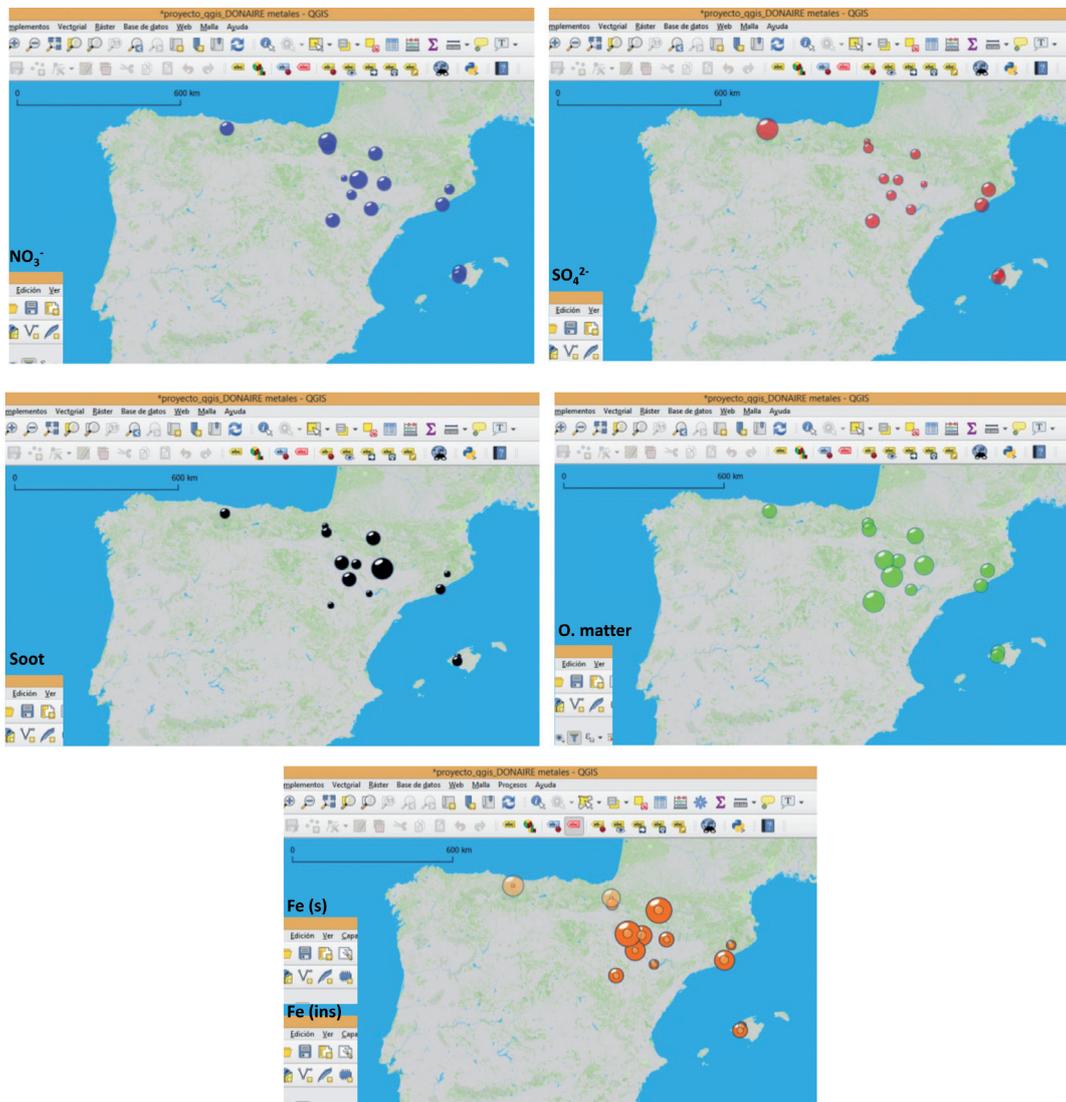


Una de las características que hemos podido observar es que parte del polvo sahariano se disuelve parcialmente, bien en los procesos atmósfera-nube, bien una vez depositado en los colectores (calcita y dolomita). Algunas áreas fuente del Norte de África, como el Sáhara occidental, son ricas en partículas 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.

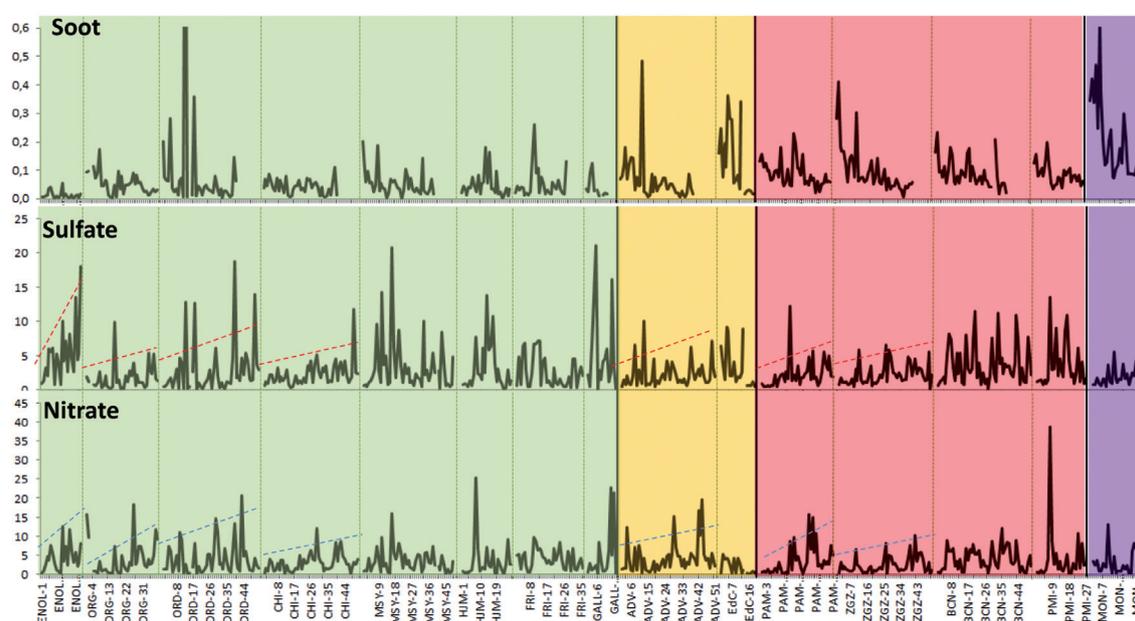


**Composición de aerosoles.** Las concentraciones de ciertos componentes como nitratos o sulfatos, que son compuestos que en su mayoría se forman a partir de emisiones de óxidos de nitrógeno y azufre, presentan una distribución geográfica particular. Mientras que

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.

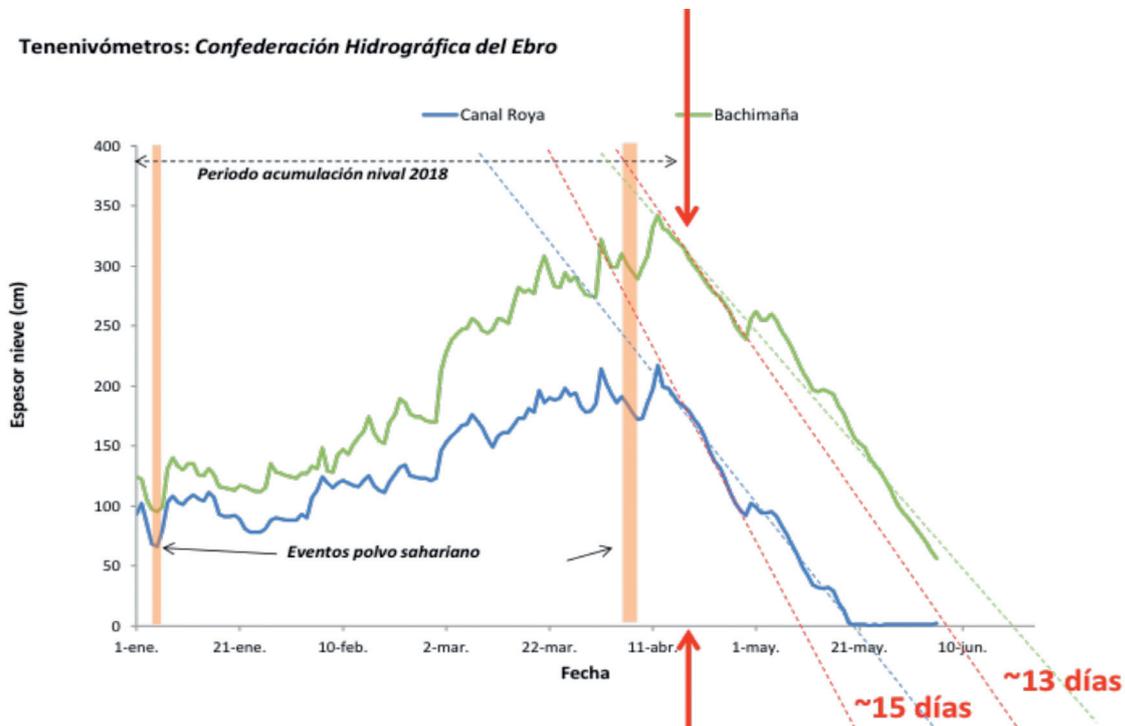


**Tendencias a medio plazo.** Algunos de los observatorios disponen de casi cuatro años de monitorización. Ello permite inferir algunas tendencias en las concentraciones de ciertas especies. Las concentraciones de hollín tienen una tendencia ligeramente decreciente en la mayoría de los emplazamientos, 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 a 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 a industria, o el las Cinco Villas a 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 de la cubierta vegetal tras quemas prescritas en matorrales de erizón del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido y valles vecinos

Daniel Gómez<sup>1</sup> y David Badía<sup>2</sup>.

Juan Luis Mora<sup>3</sup>, Cecilia Armas<sup>3</sup>, Sara Palacios<sup>1</sup>, Gabriel Montserrat<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Inst. Pirenaico de Ecología (CSIC) Avda. Sra. de la Victoria 16, 22700 Jaca (Huesca).

<sup>2</sup> Escuela Politécnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Huesca

<sup>3</sup> Facultad de Veterinaria, C/. Miguel Servet 177, 50013 Zaragoza



### Resumen

La quema prescrita se ha utilizado en los últimos años para el control del matorral en pastos de montaña. En los Pirineos de Aragón dichas quemas se han aplicado sobre todo en matorrales de erizón (*Echinopartum horridum* (Vahl) Rothm.) del piso montano y subalpino con la finalidad, en parte, de recuperar el pasto herbáceo. Para estudiar la eficacia de las quemas en dicho objetivo, se muestreó la vegetación en 6 enclaves quemados en distintos periodos (hace 0,5, 2,2, 3,2, 6,3, 15 y 35 años) y se comparó la vegetación con la del matorral y los pastos más cercanos. Los resultados muestran que a los 2,2 años la cobertura alcanza el 63,6% y a los 15 años el 97%, debido, sobre todo, a la recuperación del erizón (51%). La diversidad aumenta tras la quema (máximo a los 3 años: 3,5) y decae a los 35 años hasta 1,6. Tras la quema, la dinámica vegetal tiende al punto de partida, tanto en la estructura de formas biológicas como en la abundancia de grupos pastorales. Estos resultados sugieren replantear las quemas prescritas como método de control de la expansión del erizón.

### Introducción

El control de la matorralización en territorios pastorales constituye un reto en la gestión de la conservación y en la preservación de los pastos (Butaye *et al.*, 2005). Con dicho fin, las quemas prescritas de matorral han cobrado vigencia en los últimos años en la región mediterránea (Fernades *et al.*, 2013). En los Pirineos aragoneses, dichas quemas –o, alternativamente, los desbroces– se han dirigido muchas veces al control de matorral dominado por el “erizón” (*Echinopartum horridum* (Vahl) Rothm.) (Nuche *et al.*, 2017). *E. horridum* es una mata pulviniforme –Leguminosae– que puede superar los 50 cm de altura y 1m de diámetro con ápice del tallo pinchado que dificulta su consumo por herbívoros (Palacio *et al.*, 2006). En los Pirineos, se distribuye entre 390 y 2344 m de altitud (Gómez *et al.*, 2005). El erizón forman comunidades permanentes, con alta cobertura y “hábitat primario” en crestas

y laderas pedregosas calizas con suelo somero (Montserrat *et al.*, 1984; Komac, 2010, Komac *et al.*, 2011) y coloniza pastos y antiguos cultivos (Lasanta *et al.*, 2005).

La eficacia de las quemas prescritas del erizón en comparación con su desbroce se ha estudiado recientemente (Nuche *et al.*, 2017). En este trabajo evaluamos la recuperación a través de la cobertura, la diversidad y la estructura de la vegetación.

## Material y métodos

### Áreas de estudio

El estudio se realizó en montes de los municipios de Yebra de Basa, Tella y Chía (Pirineo central, Huesca) en el año 2017. Las coordenadas de las localidades se detallan en la Tabla 1.

### Diseño del muestreo, toma y análisis de datos

En cada localidad se seleccionaron dos zonas de muestreo en función de la fecha de quema que, en conjunto, constituyen una cronosecuencia de 0,5; 2,2; 3,2; 6,3; 15 y 35 años tras el fuego prescrito. En cada una de las seis zonas se delimitaron 4 transectos paralelos de 30 metros de longitud en los que se ha efectuado un muestreo de “point quadrat” con intervalos de 20 cm (150 contactos por transecto x 4= 600 por zona) anotando en cada contacto una de las siguientes categorías: suelo desnudo, piedra, materia vegetal seca y nombre de la planta interceptada. Con dicha información se determinó la composición florística, la diversidad (número de especies e índice de Shannon) y la cobertura. Además, en cada zona se realizó un muestreo similar en el matorral sin quemar (zona control) y en el pasto denso (*Al. Bromion erectii* y *Nardion strictae*) que consideramos pasto “objetivo”.

**Tabla 1. Localización de las zonas estudiadas y fechas de quema**

Localidad	Yebra de Basa		Tella		Sierra de Chía (Chía)	
	Sobás, 0,5 años	S. Orosia 3,2 años	Plana 2,2 años	Plana 6,3 años	15 años	35 años
Zona Años trasquema						
Fecha de quema (mes, año)	12/2016	4/2014	4/2014	2/2011	2002	1982
Localización UTM (31T: X,Y)	072486 471070	072388 471167	026899 472046	026830 472076	029049 471137	029053 471134
Altitud (m)	1575	1600	1875	1800	1480	1460
Lluvia anual (mm)	1030	1015	1280	1280	1075	1075

El análisis conjunto de la composición florística se realizó mediante un Análisis de Correspondencias Corregido o Detrended Correspondence Analysis (Gauch, 1982), utilizando el software Canoco 4.5 (Microcomputer Power, Ithaca, EE.UU.).

## Resultados

### Evolución de la cobertura vegetal y del erizón tras el fuego

El matorral de erizón muestra coberturas próximas al 100 %. Tras la quema (Figura 1), el suelo desnudo es un 18,3 % (valor medio) después de medio año, la materia seca el 39,8 % y la vegetación el 41,7 %; a los 2,2 años el suelo desnudo es un 15,5 % y la materia seca se reduce al 11,8 % mientras la vegetación alcanza el 63,6 %; a los 3,2 años la vegetación cubre el 86,5 % y el suelo desnudo un 4,8 %; a los 6,3 años el suelo desnudo es residual (2 %) y similar ya al del matorral sin quemar (98 % de cobertura vegetal).

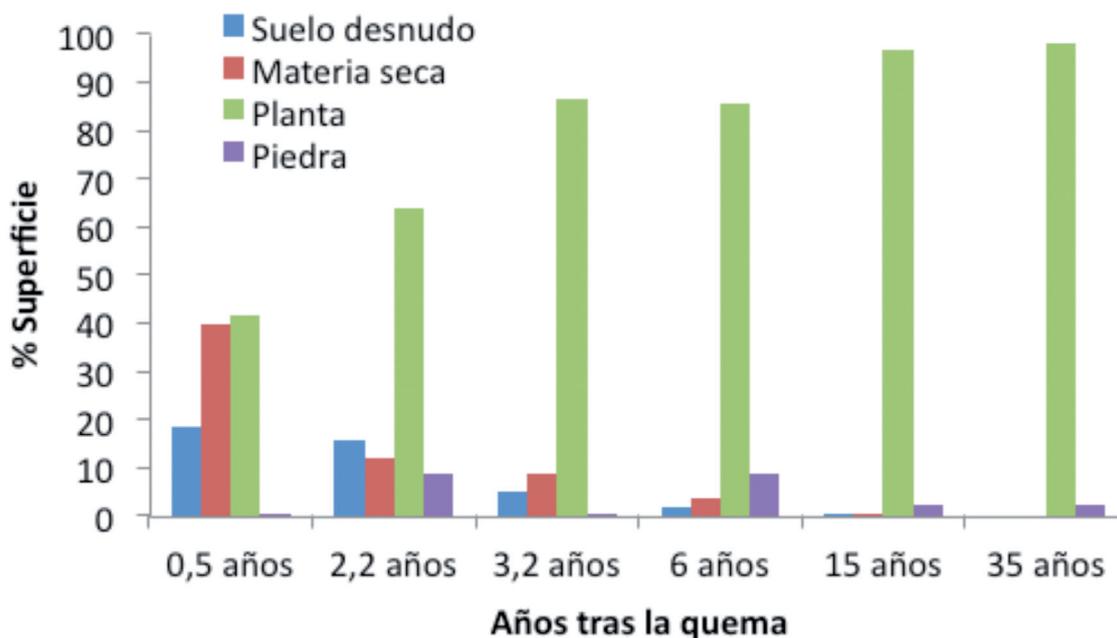


Figura 1. Evolución de la cobertura tras la quema de erizón

### Evolución del erizón tras el fuego

En los dos primeros años tras la quema, se produce una fuerte germinación de erizón con gran abundancia de plántulas (22,2 % de la cobertura vegetal; sd: 8,8). A partir

del 3<sup>er</sup> año solo se observan plantas juveniles que apenas aumentan en cobertura (22,4; sd: 14,9). A partir del 6<sup>o</sup> año, el erizón ocupa el 45,7% (sd: 3,3) y a los 35 el 64,7% (sd: 3), próxima a la del matorral control (valor medio del 84,5%; sd: 9,9).

### Evolución de la diversidad

En las zonas quemadas se han identificado 105 plantas, frente a 33 en las zonas control sin quemar y 55 en el pasto objetivo. Sin embargo, el número medio de especies en cada zona quemada es muy reducido (media 12,5 especies por transecto, sd: 7,2) en comparación con el pasto objetivo (media 25,2, sd 4,15) y muy similar al matorral control (media 12,5; sd 6,12). La diversidad (índice de Shannon) tras la quema (Figura 2) muestra un valor inicial muy bajo (2,61, tras 0,5 años de la quema) y se observa un marcado incremento hasta el tercer año (3,52) y fuerte reducción a partir de ese momento (2,16 a los 15 años y 1,59 a los 35) y alcanzando un valor muy similar al del matorral control (1,51).

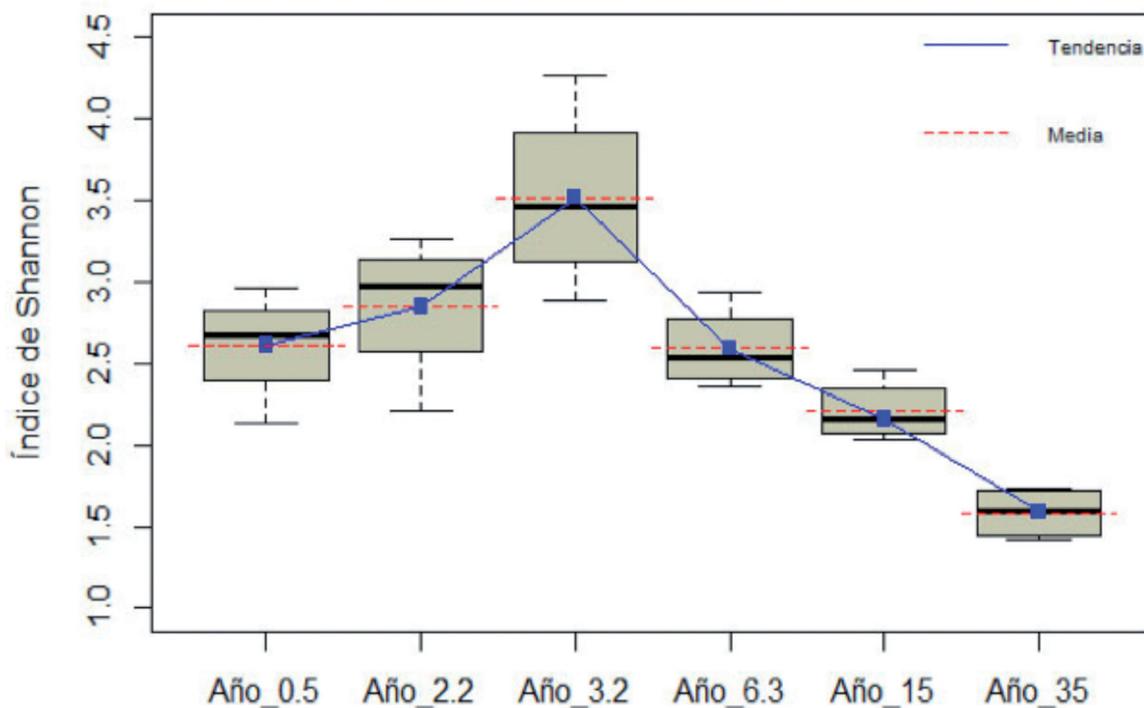


Figura 2. Evolución del índice de Shannon en las distintas etapas tras la quema

### Evolución de la estructura vegetal en sus grupos funcionales

Aunque la frecuencia de las gramíneas es muy alta hasta el sexto año tras la quema, hay que señalar el gran predominio (80-90%) de *Brachypodium pinnatum* o *Bromus erectus*, mientras *Festuca gr. rubra*, *Poa pratensis*, *Koeleria pyramidata* y *Briza media* (las más frecuentes del pasto objetivo y con mayor valor pastoral) apenas están en las zonas quemadas o tienen valores muy bajos (<0,5%) y, además, están en los isleos de vegetación no afectados por el fuego. De las gramíneas características del pasto, sólo *Agrostis capillaris* parece rebrotar bien tras el fuego. Las leguminosas de las zonas quemadas coinciden con las del pasto denso (*Trifolium spp* y *Lotus corniculatus*), pero solo perviven en zonas no afectadas por el fuego.

**Tabla 2. Presencia (%) de familias botánicas en las distintas etapas tras la quema**

	Control	0,5 año	1 año	3,2 años	6 años	15 años	35 años	Pasto
Matorral	78	6,2	17,7	22,8	46	46,4	64,7	0
Leguminosas	0,8	1,6	1	2,8	0,8	0	0,2	13,4
Gramíneas	12,5	35,9	42,2	43,7	23,1	3,6	1,6	45,6
Cyperáceas	2,9	32,1	3,1	2,7	17,5	9,9	10,3	7,5
Otras	5,9	24,2	36	28	12,6	40,1	23,1	32,9

Por último, la Figura 3 muestra el DCA de la composición florística conjunta en cada etapa tras la quema y en el matorral control y el pasto objetivo; en su eje I refleja el proceso de matorralización, asignando puntuaciones más bajas (< 3) a las localidades de quema reciente que a las más antigua (> 3), mientras estas últimas muestran una composición muy próxima a la del matorral no-quemado. La secuencia no se ajusta totalmente al orden cronológico, lo que podría indicar distintas velocidades de la sucesión en las diferentes localidades (debido a factores climáticos, topográficos o edáficos) o bien a distintos puntos de partida por las características de las quemas prescritas (duración, intensidad, época). En todo caso, la composición de las parcelas quemadas se mantiene siempre lejos de la del pasto objetivo, que se separa como un grupo distinto y distante (a la izquierda del diagrama).

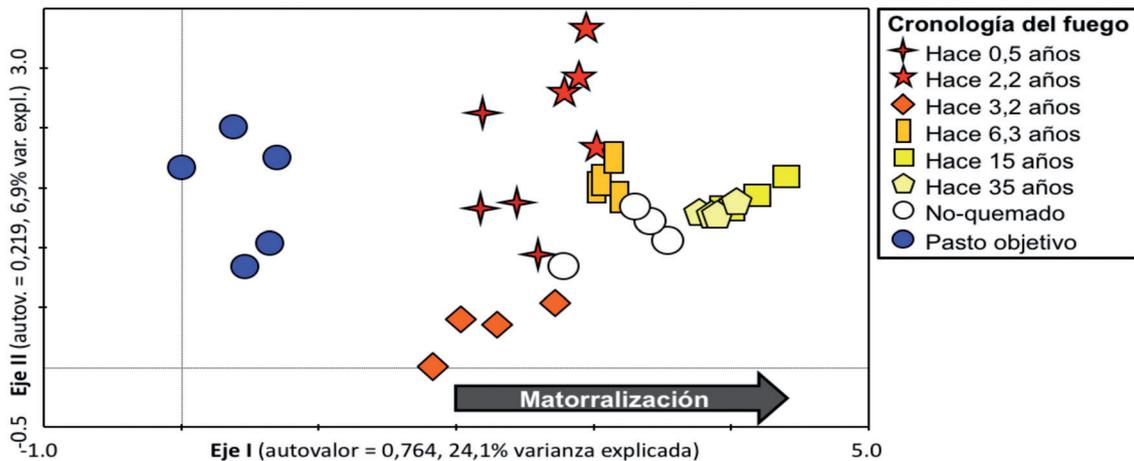


Figura 3. Diagrama —dos primeros ejes del DCA de la composición florística—, de la evolución de la vegetación tras las quemadas en relación al matorral sin quemar y al pasto objetivo

## Conclusiones

1. La evolución de la cubierta vegetal tras la quema del matorral de erizón en las zonas estudiadas y con las actuales cargas ganaderas, conduce en el curso de apenas 15 años a las condiciones de partida.
2. La rápida lignificación de las plántulas de erizón junto a la flora rebrotada en las distintas fases tras el incendio, muestran la escasez de plantas de valor pastoral (Marinas *et al.*, 2004; García-González *et al.*, 2007) lo que desaconseja la reclusión del ganado en zonas quemadas para favorecer el pasto.
3. Estos resultados cuestionan la localización y método de las quemadas prescritas y exigen su revisión considerando el uso tradicional del fuego pastoral en los Pirineos (Métailié, 2006).

## Referencias bibliográficas

- Butaye, J., Adriaens, D., Honnay, O., 2005. «Conservation and restoration of calcareous grasslands: a concise review of the effects of fragmentation and management on plant species». *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment* 9, 111-118.
- García-González R., Alados C.L., Bueno G., Fillat F., Gartzia M., Gómez D., Komac B., Marinas A. y Saint-Jean N. (2007), «Valoración ecológica y productiva de los pastos

- supraforestales en el P. N. de Ordesa y Monte Perdido», en Ramirez L. y Asensio B. (Eds.). *Proyectos de investigación en Parques Nacionales 2003-2006*, pp. 105-128.
- Fernandes, P.M., Matt Davies, G., Ascoli, D., Fernández, C., Moreira, F. Rigolo, R., Stoof, C.R., Vega, J.A. y Molina, D. 2013. *Prescribed burning in southern Europe: developing fire management in a dynamic landscape*. *Front Ecol Environ* 2013; 11: e4–e14, doi:10.1890/120298
- Gauch Jr., H.G., 1982. *Multivariate Analysis in Community Ecology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Gómez, D.; Mateo, G.; Mercadal, N.; Montserrat, P. & Sesé, J.A. (2005). *Atlas de la flora de Aragón*. Instituto Pirenaico de Ecología y Departamento de medio Ambiente del Gobierno de Aragón. Publicación digital (<http://floragon.ipe.csic.es/index.php>)
- Komac, B. (2010). *Effets des modifications de l'utilisation des terres sur la conservation des pâturages subalpins de Parc National de Ordesa*. Thèse Doctoral. Univ. de Savoie.
- Komac, B., Alados, C., Camarero, J. (2011). Influence of topography on the colonization of subalpine grasslands by the thorny cushion dwarf *Echinospartum horridum*. *Arct. Antarct. Alp. Res.* 43: 601-611.
- Marinas, A, García-González, R, Aldezabal, A, Palacio, S y Gómez García, D. (2004). Interés ecológico y pastoral del erizón (*Echinospartum horridum* (Vahl) Rothm.) In: Pastos y ganadería extensiva, B. García-Criado, A. García-Ciudad, B.R. Vázquez de Aldana e I. Zabalgogeoazcoa (eds.), pp. 117-122. SEEP-IRNASA. Salamanca.
- Métaillié, J.P. (2006). Mountain landscape, pastoral management and traditional practices in the Northern Pyrenees (France). In: Agnoletti, M. (ed), *The conservation of cultural landscapes*. CAB Int, Cambridge, pp. 108-123.
- Montserrat, P., Montserrat, J.M., Montserrat, G. (1984). Estudio de las comunidades de *Echinospartum horridum* en el Pirineo español. *Acta Biol. Mont.* 4: 249-257.
- Nuche, P., & Alados, C.L. (2017). Shrub interactions drive vegetation succession of subalpine grasslands under two climatic conditions. *Journal of Plant Ecology*, rtx002. <https://doi.org/10.1093/jpe/rtx002>
- Nuche, P., Komac, B., Gartzia, M., Vilellas, J., Reiné, R. & Alados, C. 2017. Assessment of prescribed fire and cutting as means of controlling the invasion of subalpine grasslands by *Echinospartum horridum*. *Appl. Veg. Sci.* <https://doi.org/10.1111/avs.12354>
- Palacio, S., Montserrat-Martí, G. (2006). Comparison of the bud morphology and shoot growth dynamics of four species of Mediterranean sub-shrubs growing along an altitude gradient. *Botanical Journal of the Linnean Society* 151: 527-539.

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

David Badía Villas<sup>1</sup> y Daniel Gómez-García<sup>2</sup>.

Clara Martí<sup>1</sup>; Juan Luis Mora<sup>3</sup>; Oriol Ortiz-Perpiñá<sup>1</sup>; Cecilia Armas-Herrera<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;

<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 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 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 (Fm. 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 stric-*

ta), que forma un denso tapiz que cubre totalmente el suelo y otros pastos mesófitos de menor cobertura (*Bromion*). El cervunal (*Nardion*) es pobre en términos de riqueza de especies (<20 sps), de diversidad (Índice Shannon <2.5) y de calidad nutricional; el *Bromion* alberga una alta riqueza de especies (> 40 sps), alta diversidad (Índice Shannon >4) en especial de leguminosas y 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.

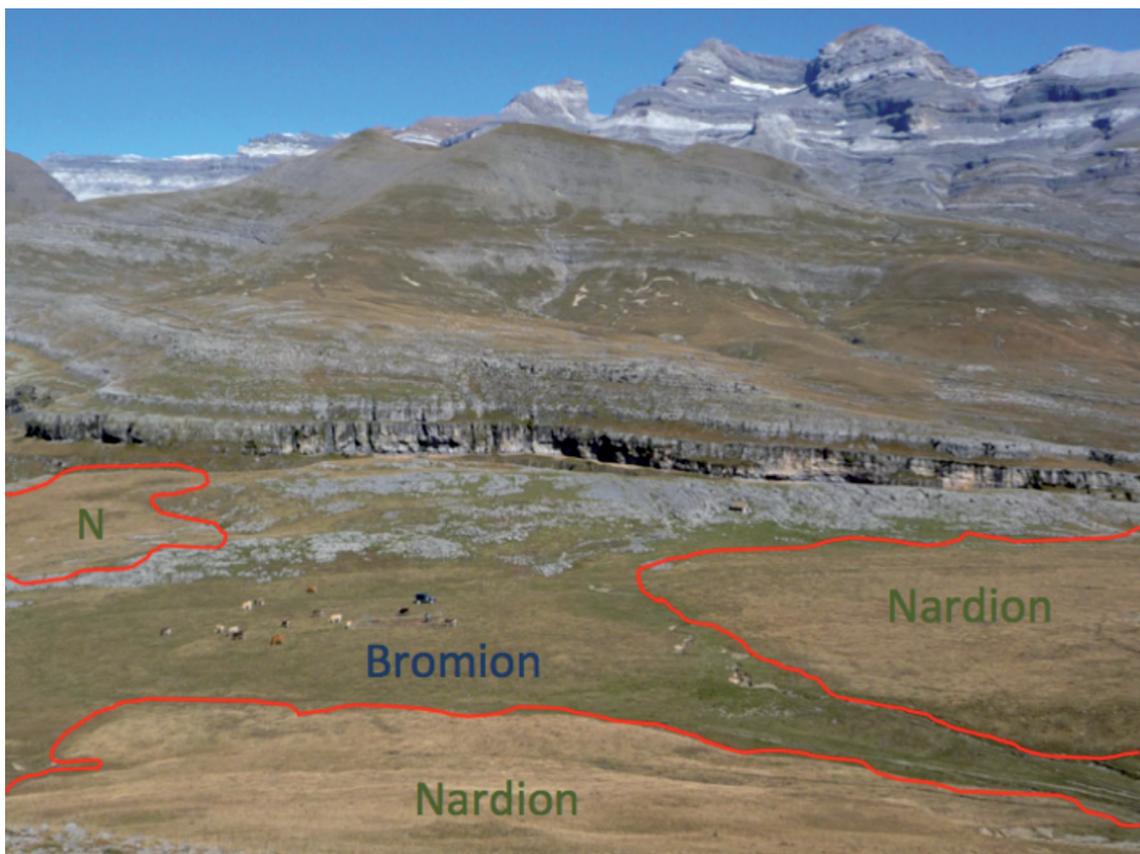


Figura 1. Distribución en mosaico de los pastos de *Nardion* y *Bromion* en A Estiba/La Estiva de Fanlo (PNOMP)

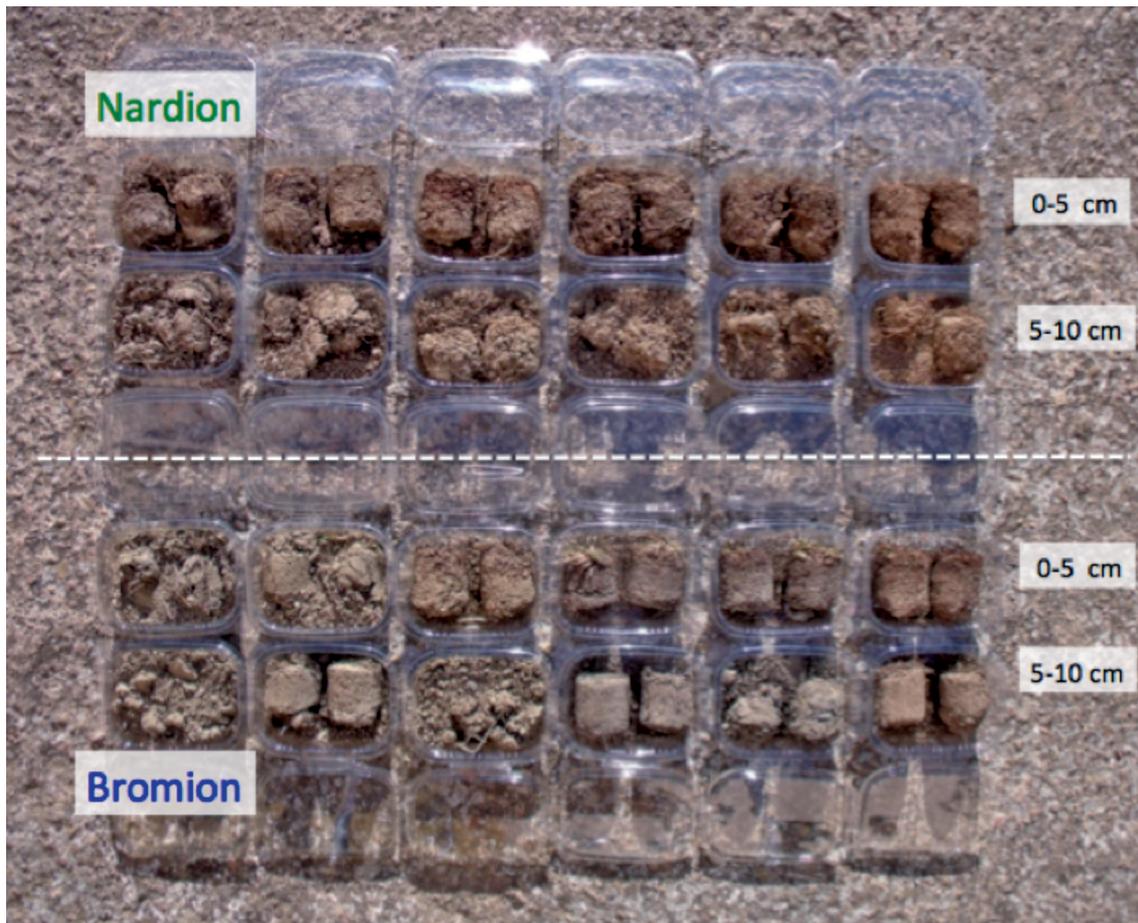


Figura 2. Muestras de suelos (n=6) para los dos pastos estudiados (*Bromion* y *Nardion*), tomadas a la profundidad de su sistema radicular (0-5 y 5-10 cm)

## 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.

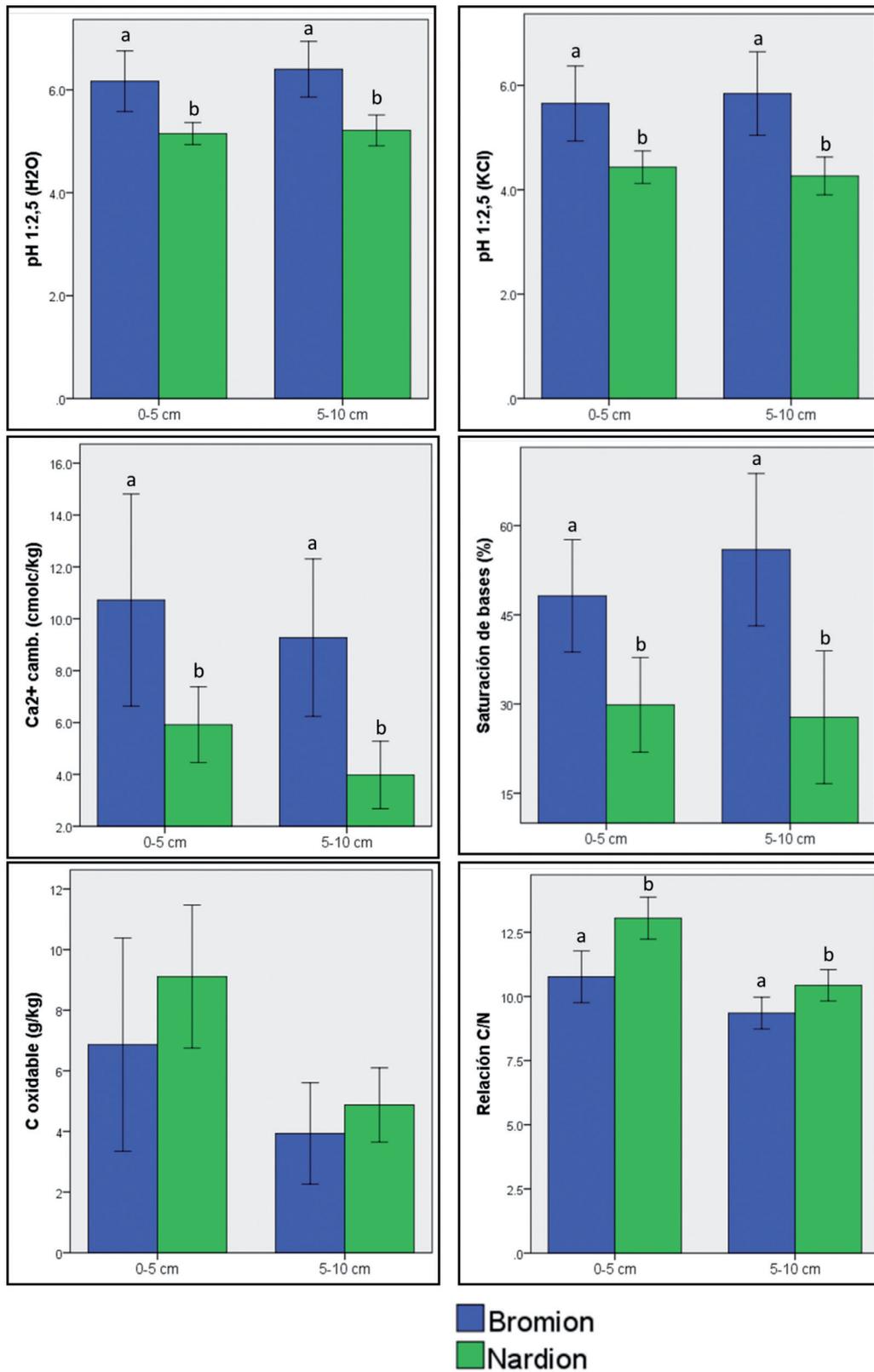


Figura 3. Análisis de propiedades químicas del suelo bajo formaciones de *Bromion* y *Nardion*. Las letras a y b indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

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, debió 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 en cuanto a 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**

	<i>Bromion</i> (n=6)			<i>Nardion</i> (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, 50006. 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 manantiales 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.

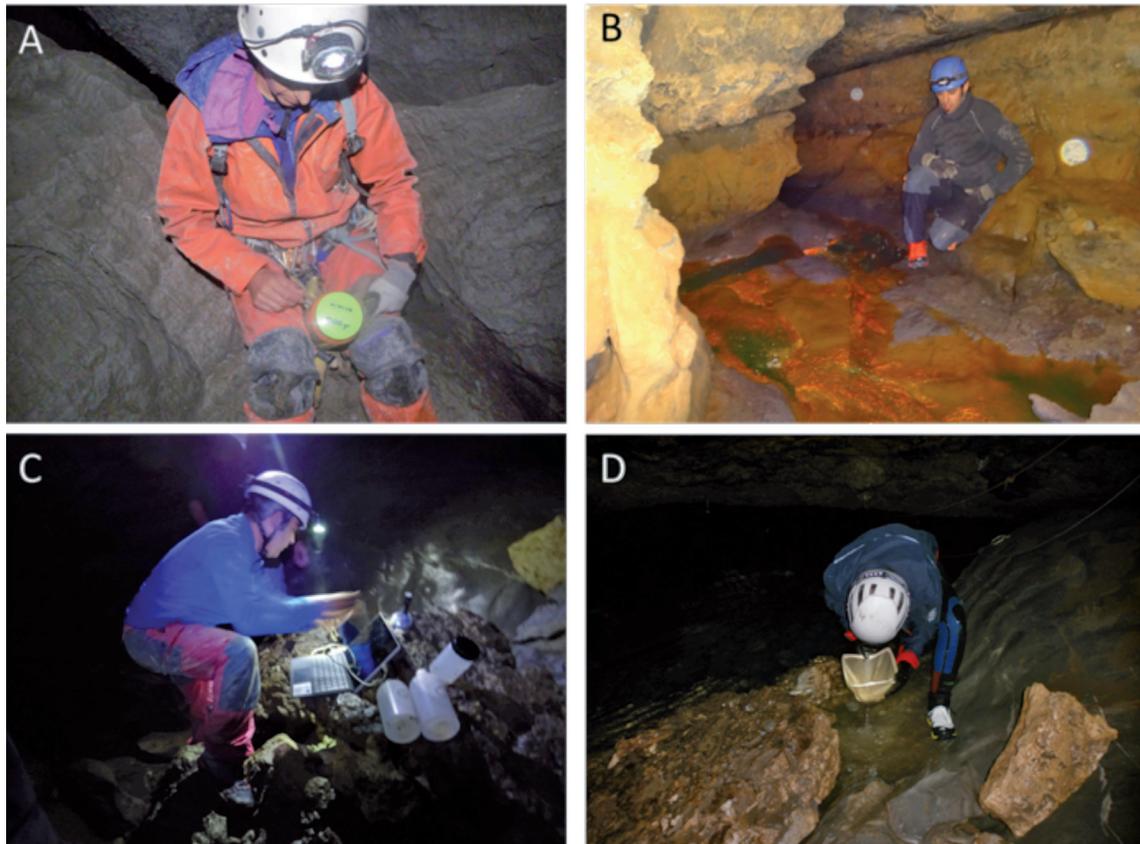


Figura: (A y B) Inyección de trazador en la sima de Marboré a 120 m bajo la superficie realizada por los miembros del grupo de espeleología OTXOLA. (C) Toma de muestras de agua y medida de sensores en la cueva Garcés; (D) Muestro de microinvertebrados en el sifón Silvia de la cueva de Garcés

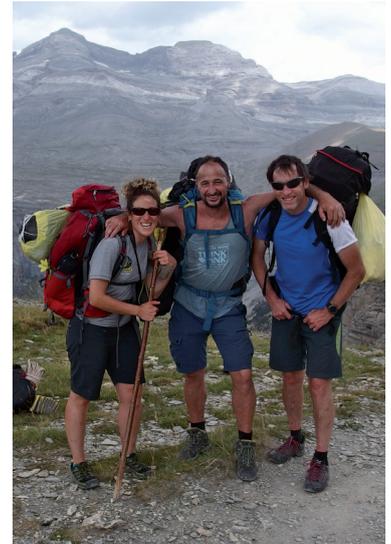
Los resultados obtenidos hasta el momento indican que entre el 50 y 60% de la precipitación media anual se infiltra (recarga) en los acuíferos manteniendo el aporte de agua en épocas de estiaje. Por otro lado, el ensayo de trazadores realizado en agosto de 2019 en el entorno del refugio de Góriz indica 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

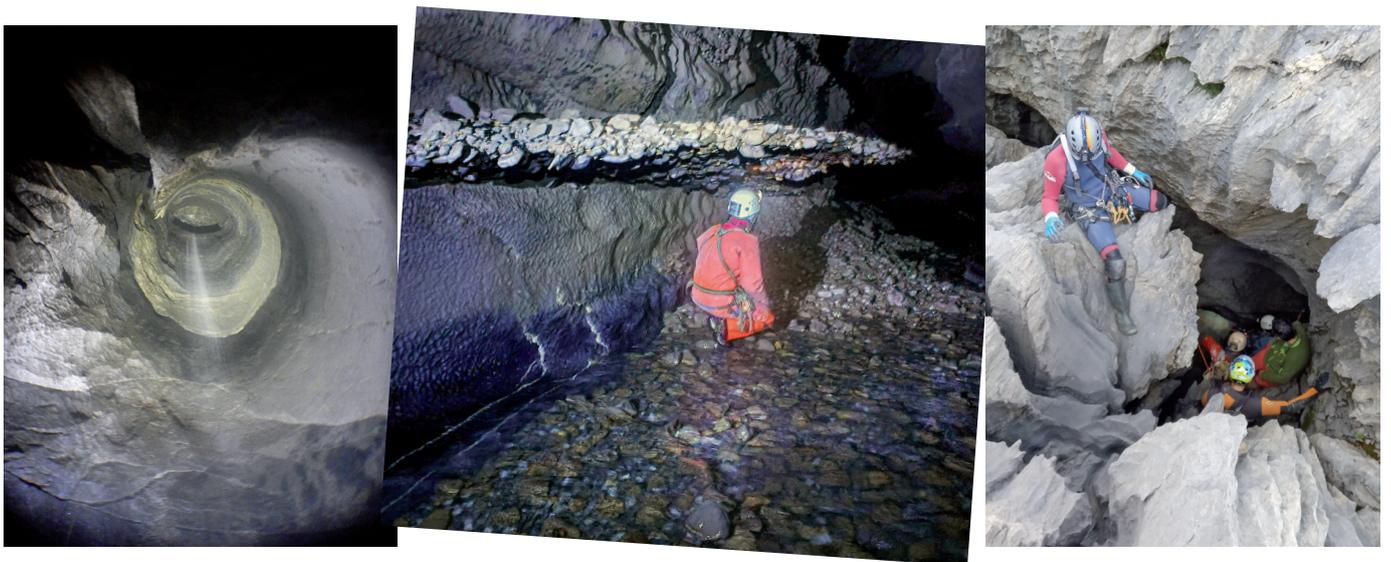
El grupo de espeleología Otxola de Pamplona lleva varios años encargándose de la investigación del subsuelo en la cueva Garcés y territorios cercanos dentro del sector Ordesa en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido. La boca de esta cueva se sitúa en el circo de Soaso, a 1909 m.s.n.m. y sirve 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 Benlloch (coord.)<sup>1</sup>.**

Patricio Álvarez Rabié; Carlos Ávila Calzada; José Bermejo Latre; José Ignacio Canudo Sanagustín; Rafael Domingo Martínez; M.<sup>a</sup> Teresa Echeverría Arnedo; Pablo de la Cal; Juan de la Riva Hernández; Noemí Lana-Renault; Javier Martínez-Vega; Lara Molina Franco; Lourdes Montes Ramírez; Raquel Montorio Llovería; Ignacio Pardinilla Bentué; Francisco Pellicer Corellano; M.<sup>a</sup> Pilar Poblador Muga; Isabel Rabanaque Hernández; María Sebastián López; Eva Tomás del Río; Mónica Vázquez Astorga

<sup>1</sup>Dpt. Geografía y Ordenación del Territorio. IUCA. Universidad de Zaragoza  
San Juan Bosco 7. 50009 Zaragoza. pibarra@unizar.es

### Introducción

El *Bien Pirineos-Monte Perdido* fue inscrito en 1997 en la lista de Patrimonio Mundial de la UNESCO en reconocimiento a unos paisajes y valores naturales y culturales excepcionales, reforzados por su carácter transfronterizo al extender su territorio por España y Francia. La realización de un Plan de Paisaje a escala del *Bien* es una de las acciones aprobadas de su Plan de gestión, en el marco del POCTEFA 2014-2020<sup>1</sup>. La principal finalidad de este plan de paisaje es colaborar en el mantenimiento de la autenticidad e integridad del *Bien*.

El plan presentado se organiza en tres partes fundamentales (cuya entrega se acompaña de un documento resumen) que se sintetizan a continuación:

- Parte I. Aspectos paisajísticos responsables de la singularidad y calidad excepcional del *Bien*. Diagnóstico, evolución y cartografía de sus paisajes.
- Parte II. Prospectiva y escenarios de evolución de los paisajes del *Bien*. Objetivos de calidad del paisaje. Propuesta de zona tampón del *Bien* y normativa a aplicar.

---

1 «El proyecto ha sido cofinanciado 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».

- Parte III. Plan de acción para las zonas núcleo y tampón del *Bien*. Bases para la puesta en marcha del Observatorio fotográfico de sus paisajes.

## **Parte I. Aspectos paisajísticos responsables de la singularidad y calidad excepcional del *Bien*. Diagnóstico, evolución y cartografía de sus paisajes.**

En el caso Pirineos-Monte Perdido es importante destacar su condición de *Bien* mixto, que combina de forma armónica e indisoluble factores naturales y también culturales, que han contribuido a crear un territorio singular con carácter propio. Los criterios UNESCO aplicados en la consideración de estos factores son los siguientes:

- CRITERIO (III): los pastos y praderas del *Bien Pirineos-Monte Perdido*, con sus pueblos y su red de caminos, son testigos notables de un sistema de trashumancia excepcional en Europa, todavía practicado por siete comunidades que viven en torno al *Bien*.
- CRITERIO (IV): los altos valles y la base de las cumbres calcáreas de Pirineos-Monte Perdido son un ejemplo sobresaliente de un paisaje parcialmente transformado por un sistema de trashumancia pastoril desarrollado en la Edad Media que todavía persiste en la actualidad.
- CRITERIO (V): El modelo del hábitat de Pirineos-Monte Perdido, con sus pueblos, campos y praderas del valle, como base de una migración estacional de hombres y animales entre los pastos de verano de las tierras bajas y los pastos altos durante la temporada de verano, es un ejemplo sobresaliente de trashumancia antes generalizada en las regiones montañosas de Europa, pero que hoy en día es escasa.
- CRITERIO (VII): El *Bien* presenta además un paisaje excepcional con praderas, lagos, cuevas, montañas y bosques naturales. La variedad de elementos geológicos, geomorfológicos, paisajísticos, faunísticos y florísticos implica un gran interés para la ciencia y la conservación, y lo convierten en una de las áreas alpinas protegidas más importantes de Europa.
- CRITERIO (VIII): El *Bien* comprende una unidad geológica excepcional, un macizo calcáreo cuyo techo es Monte Perdido. Este macizo presenta una serie de formas de relieve características: profundos cañones y espectaculares circos de

origen glaciar. La zona se ubica en el punto de colisión tectónica entre las placas Ibérica y de Europa occidental. El paisaje resultante muestra claras diferencias a partir de la línea de cumbres, entre las laderas del norte (Francia) y las del sur (España).

Cabe señalar que los criterios III, IV y V hacen referencia fundamentalmente a aspectos del paisaje cultural, mientras que los criterios VII y VIII se centran en aspectos del paisaje natural. Es decir, es un *Bien* mixto que, aunque combina valores culturales y naturales, hace especial énfasis en el paisaje cultural.

Los límites del *Bien* declarado Patrimonio Mundial se establecieron de acuerdo con la unidad de paisaje que incluye el macizo calcáreo de Tres Sorores (o Treserols) con Monte Perdido como pieza central (figura 1) y no con los límites administrativos de las áreas protegidas de cada país. En el mapa de los dominios paisajísticos de la parte española del *Bien* (figura 2), se pueden observar los límites del *Bien Pirineos-Monte-Perdido* así como los del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido y su zona periférica.

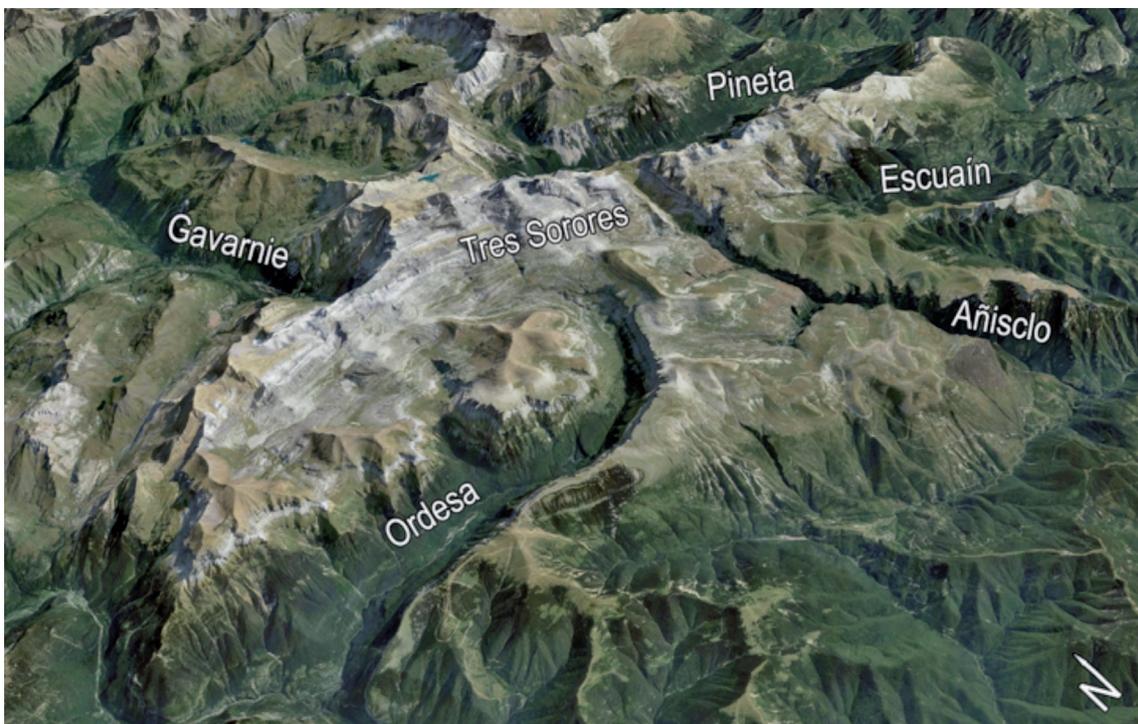


Figura 1. Imagen oblicua (*Google Earth*) del Macizo de Tres Sorores y de los principales valles que conforman el espacio del *Bien Pirineos-Monte Perdido*

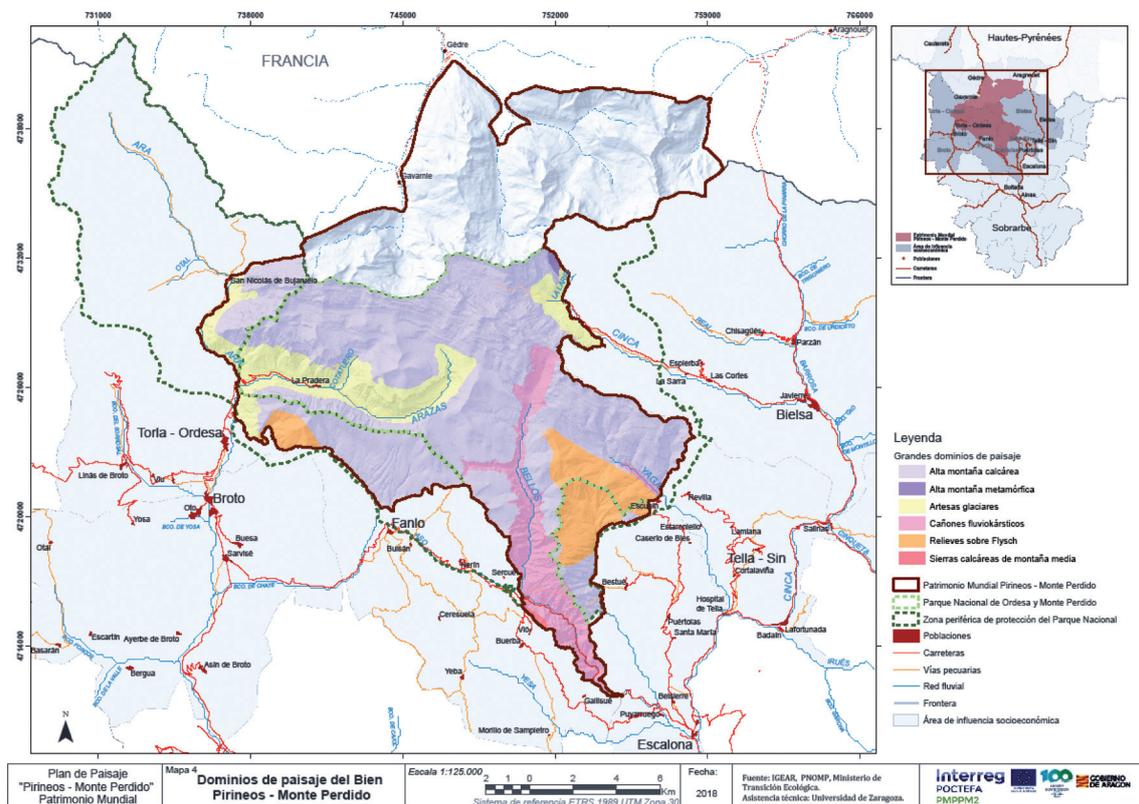


Figura 2. Mapa de la zona núcleo del *Bien* con la delimitación de sus dominios paisajísticos

Los rasgos y valores del paisaje natural que justifican el valor universal del *Bien* están reconocidos por múltiples figuras de protección (PNOMP, Reserva de la Biosfera, Geoparque del Sobrarbe...), pero no es ese el caso de la gestión territorial agroganadera, que apenas es conocida ni valorada como agente modelador de los paisajes por el público general, ajeno a su importante papel en la existencia y mantenimiento del *Bien*. La ganadería era la actividad central de la economía pirenaica vinculada al *Bien* y su entorno (complementada por una agricultura de subsistencia y la explotación forestal) y se basaba principalmente en la práctica de la trashumancia que debía acomodarse a las características condiciones de la montaña, a saber, fuertes pendientes, escasos llanos, clima generalmente hostil, nieve en invierno, fuerte aislamiento, etc. (Pardinilla, 2013). De esta conjunción trashumancia-montaña surgió la organización de las comunidades y de sus asentamientos, pero también un exigente tipo de organización del territorio, de la propiedad y de la circulación de personas y animales desde la Baja Edad Media, aunque hay interesantes evidencias arqueológicas de ocupaciones previas del territorio, que incrementan los valores culturales del *Bien*. El mapa de la figura 3 sintetiza este sistema de

gestión territorial, basado en el uso de los puertos o estivas para pastos de altura, que ha modelado el paisaje de la zona.

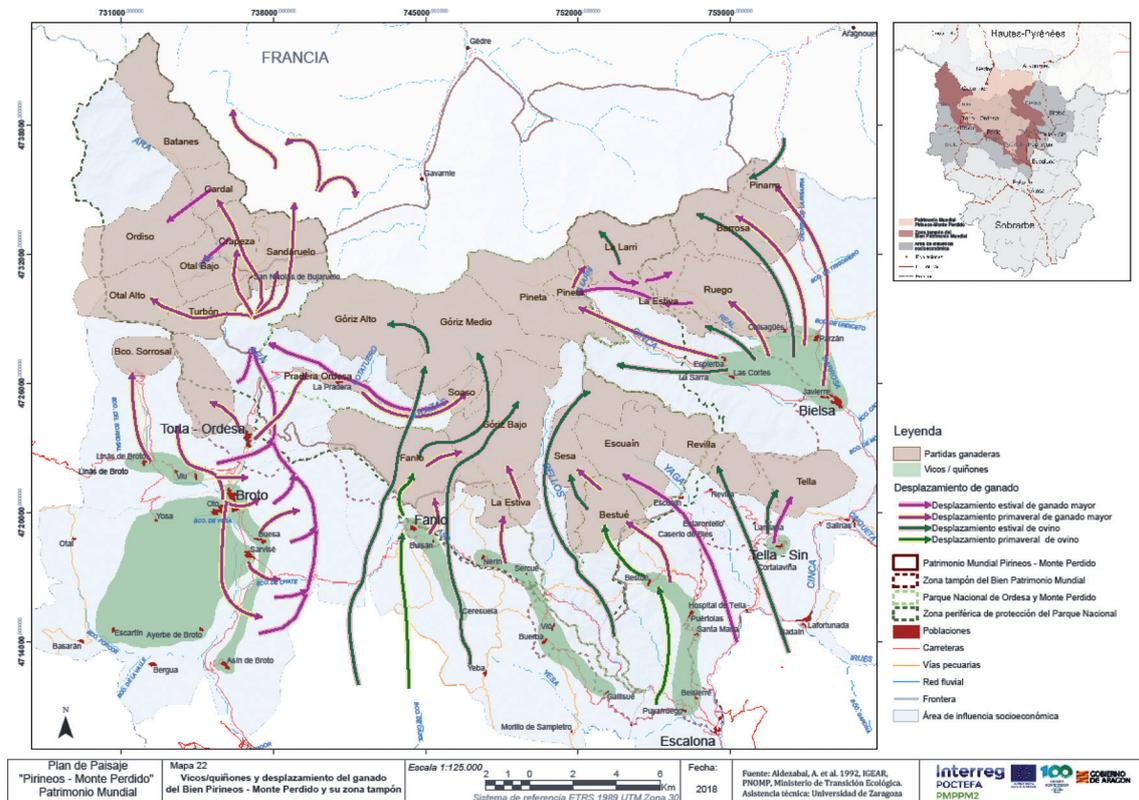


Figura 3. Utilización tradicional y distribución de los puertos que explotaban un mismo puerto (Elaboración propia a partir de Fillat *et al.* 1991).

En cuanto a la integridad del *Bien* y en referencia al impacto antropogénico en su formación, hay que recordar que los Pirineos forman parte del continente europeo, habitado por el ser humano desde hace cientos de miles de años y en el que muy pocas regiones conservan aún su integridad natural en armonía con los aprovechamientos antrópicos. Pese a ello, el desarrollo y los cambios acaecidos a lo largo de los siglos no han afectado ni a la geología ni a la topografía del *Bien*, que presenta una transformación armoniosa del entorno natural. Todavía se practica la trashumancia, aunque a menor escala que en siglos anteriores, con frecuentes movimientos de rebaños a ambos lados de la frontera y desde los núcleos rurales a las diferentes partidas ganaderas de los puertos, testimonio en algunos casos de los históricos repartos entre los llamados *Vicos* o *Quiñones* (agrupaciones de pueblos) (figura 3). Además, durante décadas se han descartado numerosos proyectos de desarrollo (líneas ferroviarias, líneas eléctricas, zonas de esquí), incompatibles con la

preservación del entorno natural preexistente. Por su parte, la caza en los parques nacionales se prohibió en 1918 en España y en 1967 en Francia.

La autenticidad del *Bien* recibe una alta consideración genérica en dos enfoques estrechamente relacionados: su uso y su apariencia. Si el uso es más significativo en términos de «paisaje cultural», el aspecto físico es esencial para singularizar la región concernida dentro de los Pirineos. El paisaje ha mantenido su autenticidad: en su génesis y mantenimiento prevalecen los factores naturales (geología, altitud y clima), mientras que el pastoreo, que se practica de forma regular, limita el crecimiento y extensión del matorral y arbolado, de modo que el paisaje montañoso está dominado por la presencia del pastizal, especialmente por encima de los 2.000 m de altitud.

Los ganaderos siguen practicando una ganadería extensiva que encaja perfectamente con la forma de vida tradicional de la zona central de los Pirineos. Como bien identificaba el geógrafo Carl Sauer (1925) es precisamente la combinación de los elementos naturales y los elementos construidos por el hombre, la que conforma el carácter esencial de estos lugares del Pirineo, todavía.

El *Bien* es un testimonio inestimable de una sociedad de montaña del pasado, que en un paisaje natural excepcional ha construido a lo largo de los siglos un sinnúmero de elementos e infraestructuras: los pueblos e instalaciones de producción cotidiana, las bordas y las eras, los almacenes de grano y hierba, las granjas, los campos de labor, los pastizales y las mallatas, la red de caminos de montaña, puertos y cordales, las manifestaciones religiosas tan estrechamente ligadas a la economía de montaña, etc. El paisaje agropastoril actual plasma bien la historia del *Bien*. Su calidad se ha mantenido desde su inscripción, aunque en los últimos tiempos está experimentando una transformación abocada en buena medida al abandono de las actividades agrarias y sobre todo ganaderas, lo que hace más necesario que nunca el desarrollo del presente Plan de Paisaje.

Como todo paisaje, la realidad geográfica es reconocida por sus habitantes a través de múltiples filtros culturales: la realidad física es una, pero la percepción es múltiple. Para reflejar esa multiplicidad interpretativa, este Plan de Paisaje ha recabado, mediante encuestas y sesiones informativas/participativas, la opinión de los diferentes actores locales tanto sobre los valores de los paisajes naturales y culturales que justifican la existencia del *Bien* como sobre su diagnóstico y evolución en los últimos años. Así se han podido poner de manifiesto las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas sobre los distintos componentes de estos paisajes: los naturales, los culturales agroganaderos, los

urbanos, los vinculados al patrimonio arqueológico, artístico, etnográfico e inmaterial y los ligados al turismo que han ayudado a orientar las siguientes fases del plan de paisaje.

En esta fase se ha elaborado cartografía de las unidades de paisaje del *Bien* y de los dominios paisajísticos a partir de los Mapas de Paisaje de la comarca del Sobrarbe (IGEAR, 2008). Pero sobre todo se ha elaborado una nueva cartografía actualizada y adaptada a este plan, de los tipos de paisajes naturales y culturales del *Bien* a escala 1:25.000, que incorpora los elementos de interés paisajístico y otros puntos de interés del catálogo.

## Parte II. Prospectiva y escenarios de evolución de los paisajes del *Bien*. Objetivos de calidad del paisaje. Propuesta de zona tampón del *Bien* y normativa a aplicar.

En la segunda parte se analizan los factores que pueden influir en el cambio en las tendencias evolutivas del paisaje del *Bien* habiéndose diferenciado dos grandes bloques: los naturales teniendo en cuenta un escenario de cambio climático, así como los factores socio-económicos y demográficos de la Comarca de Sobrarbe que se sintetizan en la figura 4.

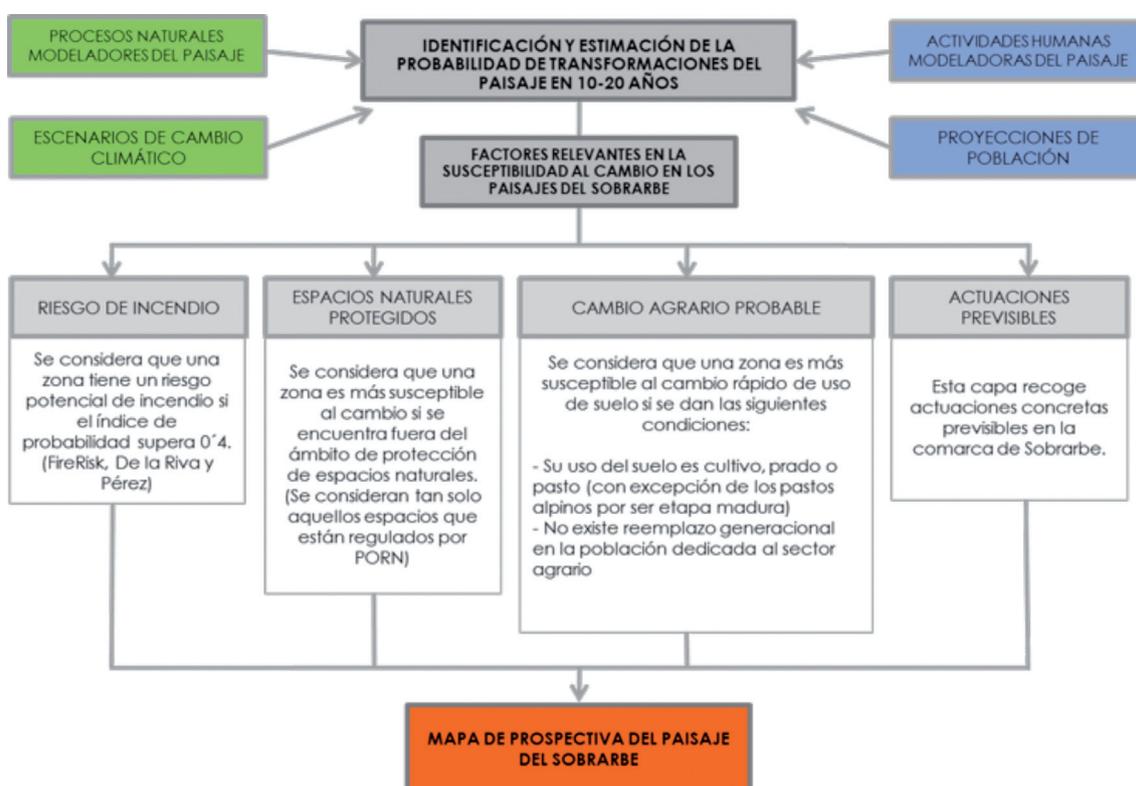


Figura 4. Factores relevantes en la susceptibilidad al cambio en los paisajes del Sobrarbe .  
(Mapas de paisaje de la Comarca del Sobrarbe, IGEAR, 2008)

Todos los análisis permiten reconocer **tres escenarios** posibles en el futuro del *Bien* (Figura 5), con consecuencias diferentes en cada caso, sobre la evolución del mismo en su conjunto; pero también de sus paisajes naturales y culturales por separado que no pueden detallarse en esta síntesis. Nuestras propuestas de Objetivos, Acciones (y su Cronograma) responden al escenario 2 (deseable) de intervención comprometida: aquel que contemplando la persistencia de algunas de las formas agroganaderas tradicionales, parece ser el único que garantiza la integridad y autenticidad del Paisaje del *Bien*, y por consiguiente el mantenimiento de su reconocimiento como *Bien de Patrimonio Mundial*. En este escenario deseable, la población local debe ser el actor principal en este territorio de montaña.

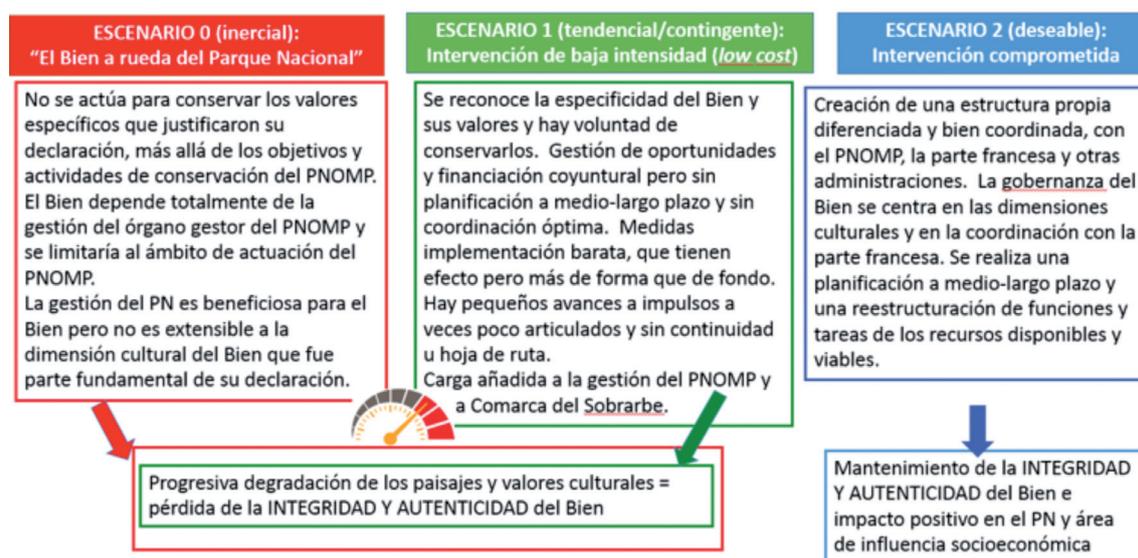


Figura 5. Escenarios posibles y consecuencias sobre el *Bien Pirineos-Monte Perdido* y su paisaje

El siguiente paso ha sido la formulación de los objetivos de calidad paisajística definidos por el Convenio Europeo del Paisaje (Florencia, 2000) como "la formulación, por parte de las autoridades públicas competentes, de las aspiraciones de la población respecto a las características paisajísticas de su entorno". Son la respuesta a la pregunta: "¿Qué paisaje queremos?". Tras un proceso de participación ciudadana (encuestas), teniendo en cuenta los antecedentes normativos y por supuesto el análisis y diagnóstico previamente realizados, se han propuesto 31 objetivos de calidad paisajística (Fig. 6), enfocados a: (i) la conservación y mantenimiento de sus caracteres (CM); (ii) a su restauración (RS); (iii) a su mejora (MJ) y (iv) a su puesta en valor y difusión (PV).

OBJETIVOS DE CALIDAD PAISAJÍSTICA	
CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO (CM)	CM1 Conservar los paisajes naturales de forma eficaz y coordinada con las actividades económicas posibles
	CM2 Conservar y mantener en buen estado elementos y enclaves de interés paisajístico en el Bien y zona tampón
	CM3 Conservar y mantener el carácter productivo de los paisajes culturales del Bien y de su zona tampón a fin de sostener su vigencia cultural y económica actual y en el tiempo
	CM4 Conservar prácticas tradicionales vinculadas a las actividades agrícola y ganadera características de la zona y que aún sigan vigentes seleccionando sectores viables y de referencia en el Bien y zona tampón
	CM5 Conservar y mantener aquellos enclaves paisajísticos que poseen unos valores especiales, por sus cualidades estéticas, rareza, representatividad y/o fragilidad
	CM6 Evitar que las fincas cercanas a los núcleos urbanos se ocupen con vegetación y maleza, así cuidamos paisaje y minimizamos riesgos de incendios
	CM7 Conservar y mantener en buen estado los elementos y enclaves culturales de interés paisajístico o que bien son un reflejo de la evolución paisajística del Bien
	CM8 Concienciar a las entidades y población local acerca de la necesidad de preservar e intervenir correctamente en el patrimonio artístico-arquitectónico
	CM9 Priorizar la conservación preventiva frente a las intervenciones llevadas a cabo sin criterios de conjunto
	CM10 Mantener las vistas y los fondos escénicos del Bien libres de impactos visuales negativos
	CM11 Conservar los valores inmateriales ligados al paisaje (microtoponimia, usos y aprovechamientos, técnicas tradicionales, fiestas asociadas, tradición oral, etc.)
	CM12 Preservar la imagen del Bien perceptible desde puntos significativos (determinados enclaves urbanos, arquitectónicos o naturales, infraestructuras viarias, miradores, etc)
	CM13 Controlar la instalación de cartelería...y estandarizar y cuidar los diseños
RESTAURACIÓN (RS)	RS1 Restaurar desde el punto de vista paisajístico áreas degradadas y/o afectadas por la erosión de origen antrópico (incendios, atajos en senderos, talud en carreteras, etc.)
	RS2 Restaurar edificaciones degradadas significativas para la comprensión de los valores arquitectónicos singulares en el Bien y su entorno (Escuaín por ejemplo)
	RS3 Restaurar elementos significativos y representativos del patrimonio cultural del Bien por su interés paisajístico, unido al arquitectónico y/o etnográfico y por su fragilidad
	RS4 Restaurar bienes culturales aislados afectados por actuaciones antrópicas negativas desde un punto de vista paisajístico
MEJORA (MJ)	MJ1 Mejorar el paisaje en aquellas unidades afectadas por actuaciones que dañan y/o degradan la calidad paisajística del Bien
	MJ2 Mejorar los elementos que componen el parcelario tradicional en torno de los pueblos, fondos de valles y áreas destinadas a usos agroganaderos (setos vivos, linderos, red de caminos, mallatas, entorno de las cabañeras, etc.)
	MJ3 Preservar y mejorar el estado de los elementos y valores característicos del paisaje agrosilvopastoral (prados de siega de montaña, pastizales, riberas, bancales, pinares, lañas, cubilares y vaquerizas, mallatas, etc.)
	MJ4 Mejora de la integración paisajística de naves ganaderas y otras infraestructuras, especialmente en aquellos puntos de mayor exposición visual del Bien. Buscando alternativas para no perjudicar las iniciativas
	MJ5 Mejora de la calidad estética de los conjuntos urbanos y sus entornos inmediatos en el Bien y zona tampón
	MJ6 Mejora de los servicios básicos requeridos por la población residente así como por los visitantes, tomando en consideración criterios paisajísticos (aparcamientos, contenedores, tendidos eléctricos, etc.)
	MJ7 Mejorar la integración paisajística de nuevos usos (residencial, turismo) cuándo éstos requieren una transformación de la arquitectura tradicional
	MJ8 Mejorar la calidad visual e integración paisajística de los elementos patrimoniales con especial relevancia en relación a los valores del Bien
	MJ9 Mejorar, transformar y/o integrar, desde un punto de vista paisajístico, las infraestructuras de interés que sufren abandono, están mal integradas o infrautilizadas
	MJ10 Mejorar el entorno de enclaves afectados por impactos negativos desde el punto de vista paisajísticos, tanto en el interior del Bien como en su entorno (área tampón)
PUESTA EN VALOR Y DIFUSIÓN (PV)	PV1 Generar oportunidades de encuentro entre mayores y jóvenes del territorio para que exista un intercambio de experiencias y conocimientos vinculados a los valores del Bien
	PV2 Profundizar en el conocimiento y difusión de las cualidades paisajísticas naturales y culturales del Bien tanto a escala comarcal, regional, nacional e internacional
	PV3 Poner en valor, Comunicar las dimensiones espirituales y emocionales del paisaje, tanto a la población local como a visitantes
	PV4 Dar a conocer a la población local la existencia, valores y beneficios que genera el Bien, así como las diferentes figuras de protección

Figura 6. Resumen de los objetivos de calidad paisajística planteados

El alcance de estos objetivos de calidad paisajística y el mantenimiento de los valores que justifican la existencia de este Patrimonio Mundial no se pueden entender sin las poblaciones que los han hecho posible y que resultan imprescindibles si se quiere mantener dichos valores. Ahora bien, la Zona Núcleo del *Bien* incluye los paisajes y hábitats de alta montaña, los puertos ganaderos, los interfluvios de los valles y cañones de Ordesa, Añisclo y Escuaín, pero ningún núcleo de población, ni zonas de pastos de tránsito, ni vías pecuarias, ni algunos puntos donde se recoge el ganado en determinadas épocas, ni zonas agropecuarias del entorno de los pueblos. Es decir, no incluye el espacio agropecuario completo que sustenta el sistema productivo y de gestión que ha modelado y que sigue manteniendo estos paisajes culturales, que son en esencia, lo que se quiere poner en valor y proteger.

Por ello, en este Plan de Paisaje se propone una zona tampón (figura 7) que integre los núcleos de población tradicionales vinculados a los pastos de altura de la zona núcleo del Bien y al mosaico de paisajes agroganaderos de su entorno (figura 8). Su finalidad es: (i) amortiguar los posibles impactos negativos que puedan afectar a la Zona Núcleo y (ii) posibilitar el mantenimiento de los valores del Patrimonio Mundial y el logro de los Objetivos de Calidad Paisajística propuestos.

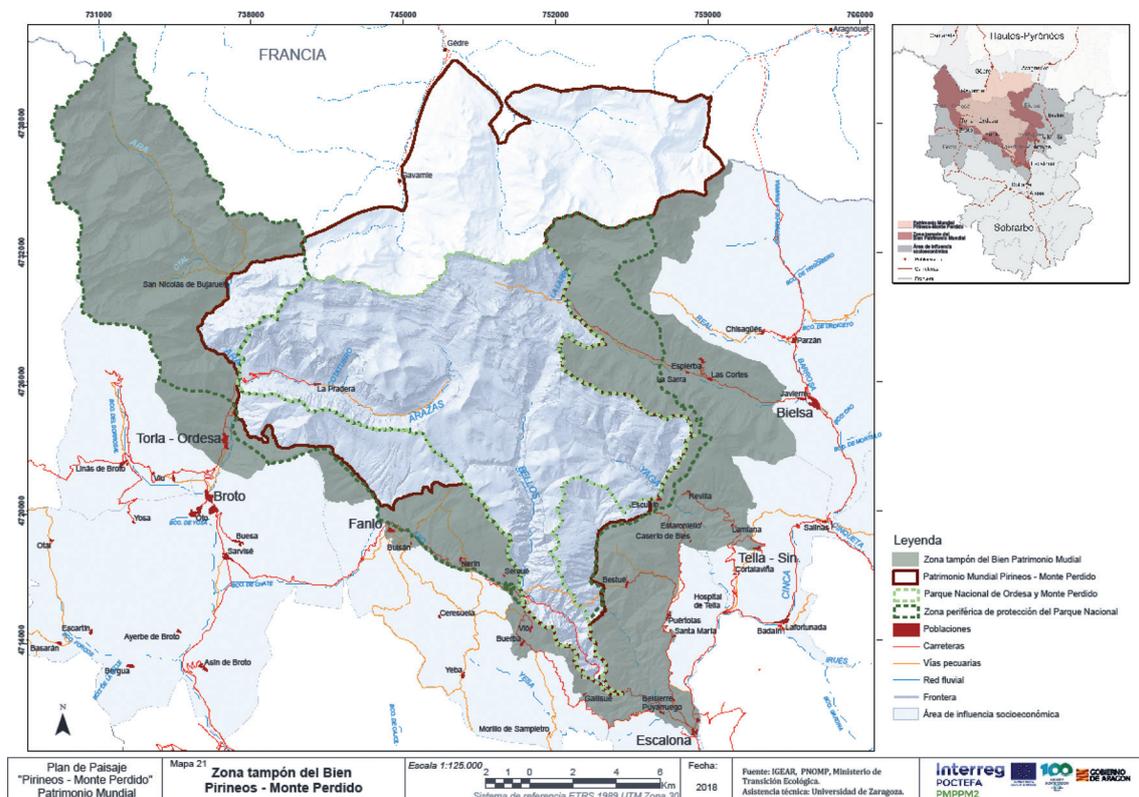


Figura 7. Zona tampón de la parte española del *Bien Pirineos-Monte Perdido*

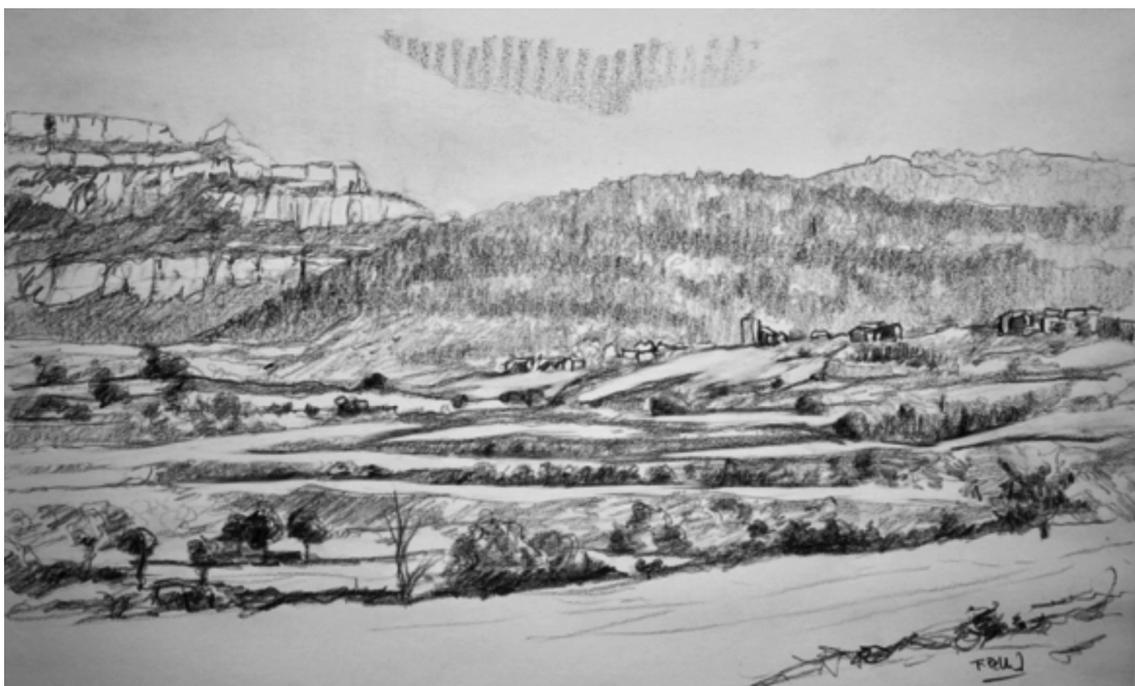


Figura 8. Recreación del pueblo de Vió y sus tierras de cultivo, con los Sestresales al fondo.  
(Dibujo: F. Pellicer)

La normativa aplicable es, en realidad, un complejo entramado de normas (ambiental, urbanístico-territorial, de fomento y patrimonial-cultural) cuya coherencia viene asegurada por la preeminencia del Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Nacional, aunque se debe enfatizar que el ámbito territorial del *Bien* y de su zona tampón no es total y absolutamente coincidente con el del Parque Nacional, de modo que la aplicación del PRUG de éste no basta para recrear el conjunto de la normativa aplicable al *Bien*. Además, se debe tener en cuenta que los propósitos de la declaración del *Bien* y los instrumentos necesarios para su articulación – el principal, su Plan de Gestión y, en particular, este Plan de Paisaje- tienen un significado y unos contenidos propios y diferenciados de los del PNOMP.

Una vez delimitada la zona tampón y con objeto de facilitar su difusión y la comprensión de la conjunción armoniosa de los paisajes naturales del *Bien* y la multiplicidad de actividades que han dejado su huella en el territorio enlazando las zonas altas con las medias y bajas, se ha elaborado una nueva cartografía del conjunto de la zona núcleo y tampón del *Bien*, entre la que destaca el mapa de los grandes tipos de paisaje (figura 9).

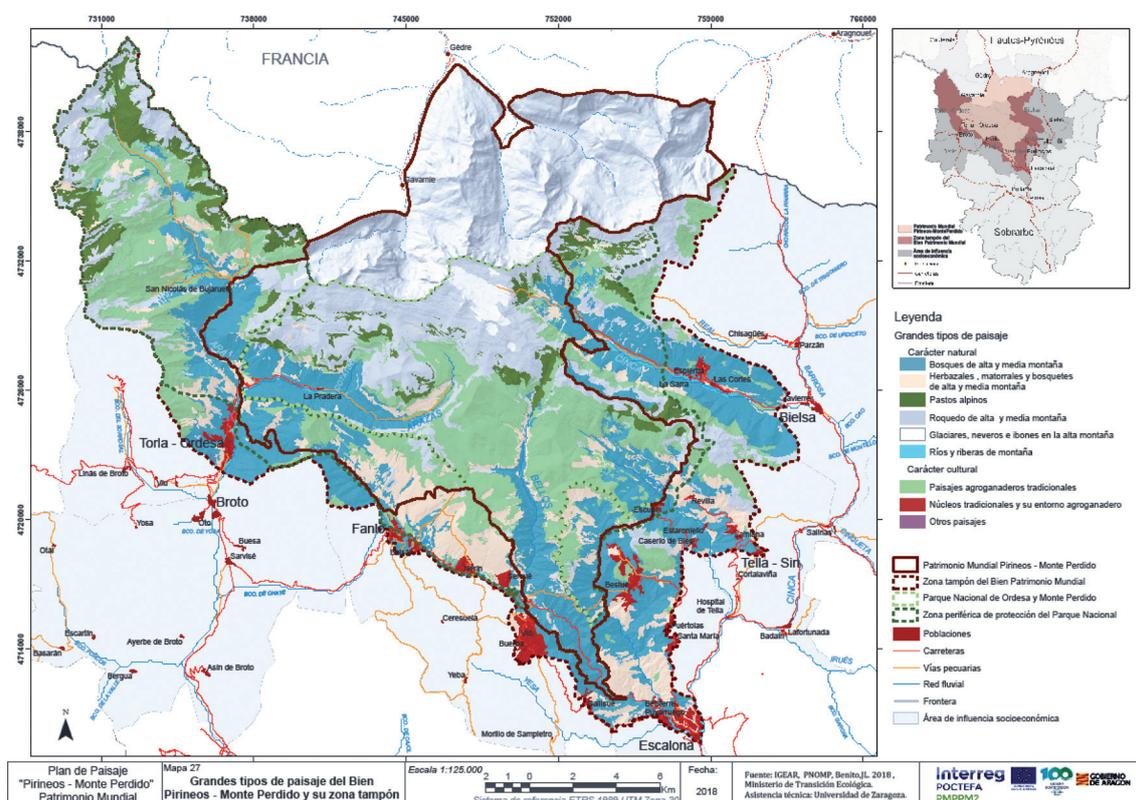


Figura. 9. Grandes tipos de paisaje de la parte española del Bien Pirineos-Monte Perdido, con la expresión de su zona tampón

### Parte III. Plan de acción para las zonas núcleo y tampón del Bien. Bases para la puesta en marcha del Observatorio fotográfico de sus paisajes

Como consecuencia de los análisis y acuerdos anteriores, este Plan de Paisaje contempla la singularidad de *Bien* basada en dos grandes aspectos:

Un paisaje natural, formado por una estructura geomorfológica muy característica —el macizo calcáreo— que alberga unas variadas y ricas flora y fauna.

Un paisaje cultural basado en el aprovechamiento agroganadero del medio que ha perdurado a través de los siglos, conformando un sistema complejo y valioso.

El paisaje natural se ha dotado de un amplio conjunto de herramientas que favorecen su conservación ya que su territorio se encuentra catalogado bajo varias figuras de protección (Parque Nacional, Reserva de la Biosfera, LIC, ZEPA, Geoparque...). La mayor parte del núcleo del *Bien* pertenece al PNOMP y por ello goza de la máxima figura de protección de la naturaleza que se puede tener y cuenta con una organización, un PRUG y

un presupuesto propios para llevarlo a cabo. Sin embargo, el paisaje cultural se encuentra amenazado por la pérdida de población y, por ende, de los autores del aprovechamiento agro-ganadero del territorio que lo han ido construyendo y manteniendo a lo largo de los siglos, al menos en una parte importante de los valles implicados.

Como se plasma en el Plan, este aprovechamiento funciona por valles estableciéndose una agrupación de pueblos (Vicos o Quiñones) que explotan los mismos pastos y emplean las estructuras creadas para el funcionamiento del sistema (bordas, caminos, mallatas, fuentes y abrevaderos, aterrazamientos, muretes, pastos intermedios, pastos de altura...).

Por tanto, la estrategia del Plan de acción pretende (siquiera parcialmente) la recuperación funcional del sistema agroganadero conformado por los ejes que se establecen entre los pastos de altura, los pueblos y los valles, que es lo que precisamente se valora como excepcional por la UNESCO.

Este planteamiento permite dar respuesta de forma transversal a los objetivos de calidad paisajística que han sido refrendados por unanimidad o por una gran mayoría de los agentes consultados. Por otra parte, este modelo de intervención reforzaría el planteamiento de la creación de una muy necesaria zona tampón, con un papel no solo cartográfico sino de carácter funcional.

Se han propuesto 24 acciones asociadas a los objetivos de calidad paisajística, agrupadas en cuatro grandes grupos, aunque algunas presentan un carácter mixto (figura 10):

- Acciones estructurales (6)
- Acciones de conservación y restauración de paisajes (8)
- Acciones de gestión de paisajes (3)
- Acciones de formación-investigación y divulgación sobre los paisajes (7)

Cada acción cuenta con una ficha descriptiva propia, que indica el tipo de acción, agente director, localización, grado de implementación, ámbito de incidencia, normativa relacionada, relación con otros documentos operativos, coste estimado y evaluación.

Las respuestas de la población de la zona tampón del *Bien* ante la serie de consultas planteadas *ex profeso* para elaborar este Plan de Paisaje, permiten ser moderadamente optimistas con respecto a su futuro, si además de los habitantes que se muestran favorables, se logra el compromiso y apoyo de las instituciones y administraciones concernidas en la gestión del territorio del *Bien Pirineos-Monte Perdido*.

Por último y como elemento destacado, el Plan de paisaje desarrolla las bases para la puesta en marcha del observatorio fotográfico del *Bien* y su zona tampón que han sido aplicadas en otra asistencia técnica y se sintetizan en el siguiente apartado por sus autores.

ACCIONES		PRINCIPALES OBJETIVOS DE CALIDAD PAISAJÍSTICA A LOS QUE RESPONDE LA ACCIÓN											
ESTRUCTURALES	A01	Diseño e implementación de una estructura de gestión		Medida transversal que permite alcanzar el conjunto de los objetivos de calidad paisajística establecidos									
	A02	Marco jurídico-administrativo		CM1	CM3	CM9	MU2	MU3	MU4	MU6	RS1	RS2	RS3
	A03	Líneas financieras de apoyo		CM1	CM3	CM4	CM6	RS1	MU2	MU3	MU4	MU9	
	A04	Estudio e implementación, en su caso, de tasas turísticas		CM1	CM2	CM5	RS1	MU1	MU6	MU7	MU10	RS4	RS5
	A05	Creación e implementación de una marca comercial		CM1	CM3	CM4	PV1	PV4	RS6	RS7	RS8	RS9	
	A06	Evaluación del Plan de Acción		Medida transversal que permite alcanzar el conjunto de los objetivos de calidad paisajística establecidos									
CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN	A07	Adecuación y mejora de los pastos de altura		CM1	CM3	CM4	CM5	CM7	RS3	RS7	MU3	MU9	
	A08	Adecuación y mejora de los terrenos intermedios		CM1	CM3	CM4	CM5	CM7	RS3	RS7	MU3	MU9	
	A09	Adecuación y mejora del tipo de paisaje "Mosaico agroganadero del entorno inmediato a núcleos tradicionales"		CM3	CM6	CM7	CM8	CM12	RS3	RS5	MU2	MU5	
	A10	Puesta en valor de los puntos de interés paisajístico (natural y patrimonio histórico-cultural)		CM5	CM7	CM8	CM9	RS3	RS4	MU8	PV2	RS6	
	A11	Mejora de los núcleos urbanos		CM5	CM8	CM9	RS2	RS3	MU5	MU6	MU7	MU8	
	A12	Minimización de impactos en el paisaje		CM5	CM10	CM12	CM13	MU1	MU4	MU8	MU9	MU10	
GESTIÓN	A13	Medidas de control y mejora ambiental vinculados al paisaje		CM1	CM2	CM10	RS1	MU1	MU4	MU9	MU10	RS4	
	A14	Mejora e integración paisajística de las infraestructuras básicas		CM3	CM9	MU6	MU9	RS5	RS6	RS7	RS8	RS9	
	A15	Revisión del planeamiento urbano y territorial		CM3	CM4	CM7	CM9	RS3	MU2	MU3	MU5	MU7	
FORMACIÓN/INVESTIGACIÓN/DIVULGACIÓN	A16	Diseño e implementación de medidas regulatorias para la recuperación y mantenimiento de terrenos degradados		CM1	CM3	CM4	CM6	RS3	RS5	MU2	MU3	RS6	
	A17	Realización y gestión de un Plan de pastoralismo orientado al mantenimiento de los paisajes culturales del Bien		CM1	CM3	CM4	CM7	RS3	RS5	RS6	MU3	PV2	
	A18	Puesta en valor del patrimonio inmaterial		CM7	CM9	CM11	RS3	RS7	PV1	PV2	PV3	RS8	
	A19	Elaboración de material divulgativo y didáctico		CM8	CM9	PV1	PV2	PV3	PV4	RS9	RS10	RS11	
	A20	Creación de rutas temáticas vinculadas a los valores paisajísticos del Bien		CM10	CM11	CM12	CM13	RS1	RS7	PV2	PV3	RS12	
	A21	Dotación de contenido interpretativo centrado en los paisajes culturales del Bien		CM8	CM11	CM13	PV1	PV2	PV3	PV4	RS13	RS14	
	A22	Oferta turística-educativa		CM1	CM8	CM10	CM11	CM12	RS1	MU5	MU7	PV3	
	A23	Elaboración de manuales de Buenas Prácticas		CM1	CM2	CM5	CM9	RS3	MU1	MU4	MU5	MU7	
	A24	Promoción de formación y foros de encuentro, investigación y debate		CM9	PV1	PV2	PV3	PV4	RS15	RS16	RS17	RS18	

Figura 10. Resumen de acciones contempladas

## Observatorio fotográfico de los paisajes del *Bien Pirineos - Monte Perdido*

Daniel Ballarín<sup>1</sup>.

Daniel Mora<sup>1</sup>; Ramón Salanova,

<sup>1</sup>Medio ambiente, territorio y geografía, s.l.-Mastergeo

El observatorio fotográfico del Paisaje del Sitio Patrimonio Mundial Pirineos Monte Perdido persigue la creación de una red de puntos de observación del paisaje del Bien patrimonial y el entorno geográfico que lo rodea. Estos puntos tienen la finalidad de poder constituir una red en la que, en años futuros, se puedan volver a realizar las mismas fotografías, consiguiendo así hacer un seguimiento de cómo está evolucionando el paisaje de la zona en un contexto de cambio global a todos los niveles. En este sentido, esta acción engarza a la perfección con algunos objetivos de la “Parte II. Prospectiva y escenarios de evolución de los paisajes del Bien. Objetivos de calidad del paisaje. Propuesta de zona tampón del Bien y normativa a aplicar” al suponer una referencia documental y visual de cómo han evolucionado los paisajes en las últimas décadas, así como fijando un punto intermedio, o de partida, según los casos, para futuras evoluciones del paisaje.

El desarrollo actual del Observatorio aúna en las fotografías la calidad y la precisión, logrando que sean mucho más fácilmente identificables y mensurables todos los cambios que se vayan produciendo. Se ofrece así un punto de partida georreferenciado y con unas fotografías de elevada calidad para poder seguir la evolución de los paisajes desde hoy hacia el futuro.

Pero, además, se ha intentado que la mayor parte de los puntos seleccionados coincidan con fotografías realizadas en el pasado, con lo que ya hoy se puede realizar una labor de análisis de los cambios que han sucedido en el paisaje desde, incluso, los primeros años del pasado siglo. Para esto, se ha contado con las fotografías disponibles en el archivo fotográfico de la Diputación Provincial de Huesca, ya recogido en numerosas publicaciones. Los fondos utilizados incluyen fotografía de los siguientes autores:

— Lucien Briet (París, 2 de marzo de 1860 - Charly-sur-Marne, 4 de agosto de 1921).

— Ricardo Compairé (Villanúa, 1883-Huesca, 1965).

— Vicente Bellosta (Ligüerre de Ara, 1911-Huesca, 1988).

— Antonio Lacombe (Huesca, 1918-1988).

— José Oltra (Huesca, 1916-1981).

- Lorenzo Almarza (Ezcaray, La Rioja, 1887-Zaragoza, 1975).
- Ismael Pascual (El Vendrell, 1907-Huesca, 1996).
- Fernando Biarge (Huesca, 1940).

Todos ellos dejaron un legado fotográfico de un gran valor, no solo etnográfico, si no también paisajístico, con el que poder analizar qué cambios han sucedido en el paisaje del Pirineo y qué evolución a futuro se puede esperar en las próximas décadas.

Además, en la actualidad, la introducción de nuevas técnicas fotográficas posibilita la realización de fotos en otros formatos más visuales y que captan mejor la complejidad del entorno. En este sentido, el observatorio de paisaje incluye una serie de fotografías de archivo panorámicas de gran resolución, así como otras nuevas realizadas en el año 2019. A ello se une la toma de fotografías con dron en aquellas zonas más emblemáticas donde la legislación actual lo permite, generando una visión del paisaje más novedosa, visual e integradora.

Todos los puntos fotográficos, hasta un total de 60, pasan a formar parte de una Base de Datos y se recogen en su correspondiente ficha donde, además de los datos más protocolarios (ubicación, altitud del punto de toma, código, etc.) aparece numerosa información paisajística tomada del trabajo de Plan de Paisaje del Sitio Patrimonio Mundial Pirineos Monte Perdido, señalando en qué dominio de paisaje se incluye cada punto, en qué cuenca visual, qué tipos de paisaje son visibles desde el mismo, y un largo etcétera. Además, se incorpora en la parte final del trabajo, junto a las fichas, unas comparativas de fotos antiguas y actuales de los citados puntos de la red del observatorio de paisaje.

**RED DEL OBSERVATORIO FOTOGRÁFICO DEL PAISAJE DEL SITIO PATRIMONIO MUNDIAL PIRINEOS-MONTE PERDIDO**

Punto	Puente de Bujaruelo		
Coordenada X	737.035	Coordenada Y	4.730.997
		Altitud	1.332
Municipio	Torla	Código de la fotografía	
Valle	Ara	44	
Acceso	Por carretera y pista forestal.		



Gran dominio de paisaje	Artesas glaciares
Unidad visual	Bujaruelo
Gran tipo de paisaje	Paisajes agroganaderos tradicionales
Tipo de paisaje	Pastos mesófilos en laderas calcáreas suaves de media y alta montaña
Dominios visibles	
Unidades visibles	
Grandes tipos de paisaje visibles	
Elementos de especial interés visibles	

**Descripción de la fotografía**

La fotografía está realizada unas decenas de metros aguas arriba del puente viejo de Bujaruelo. Se cuenta con fotografía antigua de José Oltra, de mediados del pasado siglo. La fotografía actual está realizada en el otoño de 2019, dentro de los trabajos de este estudio.

En primer término, aparece el río Ara y su discurrir bajo en puente de Bujaruelo. Como fondo la Peña Blanca con más de 2.200 msnm que culmina en el Pico Narronal, que roza los 2.800msnm. No se aprecian cambios destacables en un primer plano. La altitud del enclave, ya a unos 1.350msnm, limita la presencia de vegetación de ribera, que no parece haber aumentado en gran medida con el paso de estas décadas. El puente mantiene intactas sus características principales, su arco y su estructura no ha sido alterada. La presencia, aguas abajo del puente, de algunos sauces que no se aprecian en la foto antigua es perfectamente achacable a la propia dinámica del río y sus zonas sedimentarias. Las laderas, en un plano medio, que caen casi verticales sobre la margen izquierda del río Ara muestran una mayor cobertura de coníferas, siendo ahora mucho menos visibles las zonas de canchales que sí que se apreciaban en la fotografía de José Oltra. Esta colonización por el bosque de coníferas es menos visible en las zonas más altas que cierran la foto, donde las condiciones para que el bosque se desarrolle, siendo posiblemente ahora más propicias, siguen siendo bastante límite, con lo que ese desarrollo es más lento. Además, no solo los factores climáticos hacen que se pueda expandir el bosque, en zonas de roquedos y altas pendientes, como es el caso, el ambiente general y la ausencia de suelo también son muy limitantes.

RED DEL OBSERVATORIO FOTOGRÁFICO DEL PAISAJE DEL SITIO PATRIMONIO MUNDIAL PIRINEOS-MONTE PERDIDO



Daniel Ballarín. Mastergeo, S.L. Otoño 2019



L\_BRIET\_5-09.tif

Lucien Briet. Fototeca de la Diputación Provincial de Huesca

**RED DEL OBSERVATORIO FOTOGRÁFICO DEL PAISAJE DEL SITIO PATRIMONIO MUNDIAL PIRINEOS-MONTE PERDIDO**

Punto	Mirador de la Herradura		
Coordenada X	741.297	Coordenada Y	4.724.866
		Altitud	2.149
Municipio	Fanlo	Código de la fotografía	
Valle	Arazas	53	
Acceso	Por carretera y pista forestal de acceso restringido.		



Gran dominio de paisaje	Alta montaña calcárea
Unidad visual	Chate alto y Aso
Gran tipo de paisaje	Paisajes agroganaderos tradicionales
Tipo de paisaje	Pastos densos de hemcriptófitos en laderas suaves de alta montaña
Dominios visibles	
Unidades visibles	
Grandes tipos de paisaje visibles	
Elementos de especial interés visibles	

Descripción de la fotografía

La foto se realiza desde el mirador de la Herradura, ubicado sobre los escarpes que cierran por el sur el Valle de Ordesa. Las fotos muestran una panorámica del cierre septentrional del valle, tanto del circo de Cotatuero como de los picos cercanos, llegando a apreciarse, como cierre más elevado, el sector de El Casco, pasando de 3.000msnm de altitud. Se dispone de fotos anteriores de la mitad del siglo pasado de Lucien Briet. Se han realizado fotos actuales para este trabajo, en otoño de 2019.

La dinámica de ladera, y la elevada niviosidad de la zona, hacen que las canales de avalanchas se mantengan limpias en la actualidad. El aumento de las zonas boscosas es bastante limitado, teniendo en cuenta que ya son zonas de elevada altitud y con unas pendientes que imposibilitan cualquier uso o aprovechamiento agroganadero. En la fotografía comparativa del valle de Cotatuero, sí que se aprecia un avance del bosque de coníferas, y una mayor densidad y continuidad del mismo. Aún con ello su ganancia en altura es mínimas, tanto por estar en zonas limitantes en este sentido, como por lo agreste de la orografía y lo pobre de los suelos. El cierre visual, con las zonas más altas, sigue dominado por los pastos y los roquedos, culminando allí donde las nieves son permanentes buena parte del año.

RED DEL OBSERVATORIO FOTOGRÁFICO DEL PAISAJE DEL SITIO PATRIMONIO MUNDIAL PIRINEOS-MONTE PERDIDO



Ramón Salanova. Mastergeog, S.L. Otoño 2019



L\_BRIET\_5-78

Lucien Briet. Fototeca de la Diputación Provincial de Huesca

# Folleto divulgativo de la V Jornada de Investigación



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:

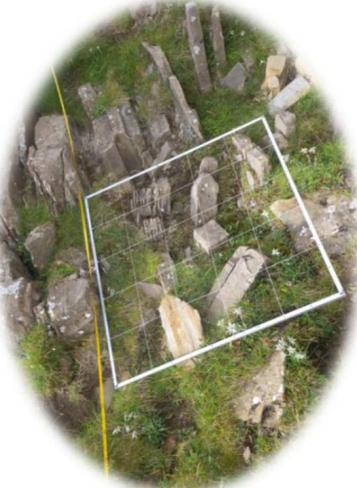
Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido



**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**

