

VI JORNADA DE INVESTIGACIÓN

Parque Nacional de Ordesa
y Monte Perdido

2 DE DICIEMBRE DE 2020



MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

ORGANISMO
AUTÓNOMO
PARQUES
NACIONALES



VI JORNADA DE INVESTIGACIÓN

Parque Nacional de Ordesa
y Monte Perdido

2 DE DICIEMBRE DE 2020



ORDESA Y
MONTE PERDIDO
PARQUE NACIONAL

HUESCA, 2021

Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido, Gobierno de Aragón

www.aragon.es/ordesa

C/Felipe Coscolla, 11-13. 22004-Huesca

© De los textos, las fotografías y los gráficos de los artículos: los autores

© Fotografía de la portada: Juan Carlos Alacid – @jcalacidg

Diseño y maquetación: La Central, S.C. Huesca – www.lacentralpreimpresion.com

Editorial Jolube. Jaca (Huesca) – www.jolube.es

Primera edición: abril de 2021

Depósito legal: HU-073-2021

ISBN: 978-84-121656-6-1

eISBN: 978-84-121656-7-8

Impreso en España por Quares

Descarga este libro en PDF con este QR



ÍNDICE

Introducción. Elena Villagrasa Ferrer.....	5
1. Cuevas heladas en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido: avances y nuevos descubrimientos Miguel Bartolomé Úcar	8
2. Evolución reciente del Glaciar de Monte Perdido Ignacio López Moreno	15
3. Estado ecológico de los ríos de cabecera en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido Marta Quintana Buil	25
4. Programa de seguimiento de lepidópteros en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido Fernando Jubete Taxo.....	34
5. ¿Por qué es fundamental un seguimiento de los individuos que conforman las poblaciones para conservar especies? El caso del topillo nival en el PNOMP Jesús Martínez-Padilla	44
6. Diferente susceptibilidad de <i>Rana pyrenaica</i> a dos enfermedades emergentes de anfibios Jaime Bosch Pérez	52
7. El proyecto GLORIA en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido. Cómo afecta el calentamiento global a la flora de alta montaña José Luis Benito Alonso	59
8. Mapa de vegetación actual, a escala 1:10.000, del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido y su zona periférica de protección José Luis Benito Alonso	80
9. Biodiversidad aparente y oculta en humedales de alta montaña Josep Maria Ninot Sugrañes	89
10. Estudios genéticos para entender el pasado, presente y futuro de las plantas en los roquedos del PNOMP I. <i>Androsace cylindrica</i> Pablo Tejero Ibarra	96
11. Estudios genéticos para entender el pasado, presente y futuro de las plantas en los roquedos del PNOMP II. Proyecto PRIOCONEX Pablo Tejero Ibarra	104

12. Avances en el conocimiento hidrogeológico del sistema kárstico que drena el macizo Marboré-Monte Perdido Luis Javier Lambán Jiménez.....	114
13. Inventario del Patrimonio Inmaterial de la vertiente española del Sitio Patrimonio Mundial Pirineos Monte Perdido Ignacio Pardinilla Bentué y Félix A. Rivas González.....	130
14. Plan de Ordenación Pastoral de la vertiente española del Sitio Patrimonio Mundial Pirineos Monte Perdido Beatriz de Torre Barrio	142
Páginas web	153
Folleto divulgativo de la VI Jornada de Investigación.....	154

Introducción

Elena Villagrasa Ferrer

Directora del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido
(PNOMP)



Con motivo de la celebración de la VI Jornada de investigación del PNOMP presentamos este documento resumen con los resultados y aportaciones científicas de los principales proyectos de investigación realizados en 2020 en el Parque Nacional.

En este año tan extraordinario y tan complicado para trabajar, por el COVID-19, hemos tenido que realizar la jornada mediante videoconferencia, siendo una pena que sólo hayamos podido compartir pantalla, en lugar de compartir el espacio o el tiempo de los descansos para saludarnos e intercambiar impresiones y opiniones, que en años anteriores hacían que estas jornadas fueran mucho más amables. Pero bueno, esperemos que todo mejore y que nos podamos ver personalmente el próximo año.

En primer lugar, dar las gracias a Paco Villaespesa, Jefe de equipo de conservación del PNOMP, que se ha incorporado este año y que, por primera vez, se ha ocupado de organizar las jornadas de investigación del Parque Nacional, con toda su dedicación y todo su esfuerzo. En segundo lugar, a todos los ponentes, quiero agradecerles su buena disposición y su activa colaboración para que las jornadas hayan podido desarrollarse con normalidad y fácil organización, como siempre, en tiempo record. Y, en tercer lugar, a todos los participantes que, con interés, han querido conocer o mejorar sus conocimientos sobre las diversas actividades relacionadas con el patrimonio natural y cultural que se vienen realizando en el Parque Nacional.

Me gustaría destacar, desde el punto de vista económico, que la mayoría de los proyectos y de los trabajos que se presentaron, están financiados o cofinanciados con fondos europeos o con convocatorias de subvenciones, desde el Organismo Autónomo Parques Nacionales u otros organismos, y que solo una pequeña parte de los presupuestos del Plan de Actividades del Parque Nacional han sido destinados a tal fin. Esperamos que nuestra aportación a la ciencia mejore en este año 2021, en la medida de nuestras posibilidades, con el ofrecimiento de la utilización de una parte del anexo del antiguo Parador de Ordesa como estación de campo o de instalaciones a disposición de la comunidad científica para apoyo al buen desarrollo de los trabajos de campo que se realicen en el Parque Nacional.

Estamos trabajando para finalizar las mejoras necesarias para su utilización y con el Instituto Pirenaico de Ecología para la redacción de un documento con el fin de regular el buen uso de estas instalaciones.

En la convocatoria de 2020 de subvenciones de OAPN, se solicitaron 38 proyectos en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido de los cuales, en la lista priorizada de proyectos a conceder, hay dos en el Parque Nacional, publicada el 10 de noviembre:

Las cuevas heladas del PNOMP, dinámica actual ante el cambio global y reconstrucción paleoambiental, con Ana Moreno como investigadora principal. Y *Cartografía de alta resolución espacial del manto de nieve y su variabilidad reciente en los PPNN de montaña y los impactos de cambio climático para el horizonte 2050*, con Nacho López como investigador principal.

Se trata de buenas noticias, porque garantizan la continuidad de proyectos que ya están en marcha desde hace años.

Durante la intensa jornada de investigación se presentaron un total de 12 ponencias de media hora cada una de ellas donde, de forma resumida, nos informaron de los resultados de los trabajos que se han ido desarrollando durante el 2020, en buena parte, relacionados con el cambio global o con el cambio de uso del suelo.

El contenido de dichas jornadas ha sido muy completo y ha abordado temas sobre patrimonio natural como las novedades en los seguimientos en las cuevas heladas, la evolución del glaciar de Monte Perdido y su proceso de regresión, el estado ecológico de las aguas en la cabecera de los ríos y centinelas del cambio global y también, su funcionamiento hidrogeológico en el sistema kárstico. En lo que respecta a temas de fauna se presentó el programa de seguimiento de lepidópteros, de topillo nival y de rana pirenaica y sus enfermedades emergentes. En temas de flora sobre el seguimiento del estado de las plantas en las cimas de alta montaña, así como el estudio genético de las plantas en los roquedos. Y, además, se presentaron otros en relación con el patrimonio cultural vinculado al Sitio Patrimonio Mundial de la Unesco “Pirineos Monte Perdido”: el patrimonio inmaterial de la microtoponimia y los testimonios de diversos personajes emblemáticos sobre tradiciones. Finalmente, están los trabajos realizados para la puesta en valor de las actividades ganaderas en el Parque Nacional, que han modelado en parte el paisaje que hoy contemplamos.

Todos ellos, son una pequeña muestra de los grandes trabajos realizados por personas investigadoras especiales, que nos transmiten con su ejemplo, el entusiasmo de trabajar en el que quizás sea el mejor laboratorio natural que tenemos en Aragón, el Parque

Nacional de Ordesa y Monte Perdido, que nos ayudan a ampliar nuestro conocimiento para el público en general a cerca del espacio protegido y quienes además, muestran siempre agradecimiento de poder aportar su tiempo, información y datos como herramienta de apoyo para la buena gestión de este espacio natural protegido tan querido, nuestro Parque Nacional.

La curiosidad siempre favorece el conocimiento, y a su vez el conocimiento siempre favorece la conservación.

Por lo que desde la Dirección del Parque Nacional y me consta que desde todos los que lo vivimos la gestión de los Parques Nacionales para su protección, conservación y divulgación, es un acontecimiento muy importante la celebración de estas jornadas científicas anualmente y, por eso, os damos las gracias a todos por haber participado de una forma u otra, para poder seguir dándoles continuidad en el tiempo.



1. Cuevas heladas en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido: avances y nuevos descubrimientos



Miguel Bartolomé Ucar

Museo Ciencias Naturales de Madrid, CSIC (Madrid)

Ana Moreno Caballud

Instituto Pirenaico de Ecología, CSIC (Zaragoza)

María Leunda Esnaola

Institute of Plant Sciences & Oeschger Centre for Climate Change Research, University of Bern, Bern (Switzerland)

Swiss Federal Research Institute for Forest, Snow and Landscape Research WSL Birmensdorf (Switzerland)

Ánchel Belmonte Ribas

Geoparque Mundial de la UNESCO Sobrarbe-Pirineos. Boltaña (Huesca)

Belén Oliva Urcia

Universidad Autónoma de Madrid. (Madrid)

Carlos Sancho Marcén

Universidad de Zaragoza. Zaragoza

Introducción

Las cuevas heladas representan los elementos menos estudiados de la criosfera, en gran medida debido a su inaccesibilidad y complejidad para el estudio. Una cueva helada se define como una cavidad desarrollada en sustrato rocoso y que contiene acumulaciones de hielo perenne en su interior. Para la formación y preservación de hielo en el interior de una cueva han de tener lugar una serie de requerimientos climáticos, que incluyen bajas temperaturas durante el invierno y disponibilidad de agua/nieve. La gran mayoría de cuevas heladas se encuentran en latitudes medias, donde la temperatura media anual es positiva (Perşoiu, 2018) y, por lo tanto, se dan otros factores que influyen en la formación y preservación de estos depósitos tan característicos. Por un lado, se precisa agua en estado líquido o nieve que se introduzca en la cavidad, y, por otro lado, es necesario un mecanismo que congele esa agua en el interior. Uno de los principales mecanismos para la congelación es la ventilación producida durante el invierno en cuevas localizadas a cierta altura.

Desde el punto de vista de su morfología y mecanismo de ventilación las cuevas heladas se clasifican en tres tipos (Luetscher and Jeannin, 2004): i) cuevas estáticas, que hacen referencia aquellas cuevas con una sola entrada, donde el aire frío y denso se acumula en su interior; ii) cuevas dinámicas, aquellas formadas por dos entradas, nor-

malmente situadas a cotas diferentes y donde el aire circula en dirección hacia la boca inferior, enfriando la cavidad a su paso y, iii) un tercer tipo mezcla de las anteriores, denominadas estatodinámicas. Dependiendo del estado físico del agua al entrar a la cavidad, podemos encontrar; i) hielo de congelación, producido cuando el agua en estado líquido se congela y ii) hielo de transformación o *firn*, que se produce por congelación de la nieve.

Desde el punto de vista científico el interés de las cuevas heladas reside, por un lado, en la posibilidad de datar dichas masas de hielo para poder inferir cambios climáticos y ambientales registrados bien sea a través de la composición geoquímica del hielo, del contenido polínico y/o macrorrestos vegetales (e.g Feurdean et al., 2011; Perşoiu et al., 2017; Sancho et al., 2018; Leunda et al., 2019). Por otro lado, para evaluar las consecuencias del actual calentamiento en estos cuerpos de hielo, así como su dinámica actual (e.g Kern and Perşoiu, 2013; Belmonte-Ribas et al., 2014). Adicionalmente, constituyen un importante elemento de la geodiversidad y el patrimonio geológico a nivel nacional e internacional. La cueva de los Sarrios está en evaluación para su posible incorporación al catálogo español de Global Geosites dentro del contexto Sistemas kársticos en carbonatos y evaporitas de la Península Ibérica y Baleares. El conjunto de cuevas del Parque forman parte del catálogo de Lugares de Interés Geológico del Gobierno de Aragón y del inventario del Geoparque Mundial de la UNESCO Sobrarbe-Pirineos. Las cuevas heladas en la península ibérica, y concretamente en la cadena pirenaica, han comenzado a estudiarse recientemente (Sancho et al., 2012) en comparación con aquellas localizadas en los Alpes o los Cárpatos (Luetscher et al., 2007; Perşoiu, 2011; Stoffel et al., 2009). Sin embargo, las cuevas heladas del Pirineo están aportando novedosos resultados, destacando así el potencial paleoclimático y paleoambiental que poseen (Sancho et al., 2018; Leunda et al., 2019). Cabe destacar que existe un riesgo inminente de perder de la información que albergan estas masas heladas a escala global (Kern and Perşoiu, 2013) debido al calentamiento climático que estamos viviendo en la actualidad. Las cuevas heladas del Pirineo no escapan de esta dinámica y por ello urge su estudio antes de su completa desaparición.

En este trabajo se presentan algunos de los resultados preliminares obtenidos de la monitorización ambiental de las cuevas heladas de Casteret, Sarrios 1 y 6, localizadas en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido.

Métodos

La evaluación de los diferentes cuerpos de hielo alojados en las cuevas se ha realizado, por un lado, mediante marcas en las paredes y medidas de la pérdida de hielo en cada punto, y, por otro lado, a través de la comparación de fotos. Las medidas se realizaron tanto al finalizar el periodo de acumulación como al final del periodo de fusión desde el año 2016 al 2020. La temperatura de la atmósfera de las cuevas se ha registrado con sensores tipo Hobo Pro v2 U23-001 con una precisión de ± 0.21 °C y una resolución de 0.02 °C a 0 °C.

Las cuevas heladas de Casteret y de los Sarrios: características y cambios observados

Localizadas en la cara sur del macizo, y por encima de los 2600 m. s.n.m, las cuevas de Casteret y los Sarrios albergan importantes volúmenes de hielo en su interior. La cueva de Casteret es una de las cuevas heladas más conocidas tanto a nivel nacional como a nivel internacional, y fue en el momento de su descubrimiento (1926), la cueva helada más alta de mundo. En todos los casos, las cuevas presentan dos o más entradas, localizadas a diferentes cotas. Esta situación favorece los procesos de ventilación durante el invierno y, dada su morfología, también la acumulación del aire frío en los sectores más bajos provocando la congelación del agua/ nieve en su interior. Sin embargo, debido a la morfología de las cuevas y al posible taponamiento de las entradas durante el invierno por la acumulación de nieve, algunas cuevas cambian su dinámica de ventilación a lo largo del año.

Los sensores de temperatura instalados en diferentes sectores dentro de dichas cavidades desde 2014 indican, en el caso de Casteret, que las temperaturas medias anuales observadas son ligeramente superiores a 0 °C (0,20-0,19 °C), mientras que, en las cuevas de los Sarrios localizadas a mayor altura, las temperaturas durante el periodo de monitorización están próximas o por debajo de -1 °C (-1, -1,5, -1,34, -1,21, -1,35 °C). Las temperaturas positivas son incompatibles con la presencia de hielo en determinados sectores en Casteret, por lo que se produce la fusión total del hielo formado a finales de invierno y durante la primavera, mientras, en el sector central de Casteret, donde se localiza la gran masa helada, la temperatura registrada durante estos años de seguimiento es ligeramente negativa (-0,34 °C). A escala estacional, en la cueva de Casteret, los sensores registran temperaturas

positivas desde mediados de verano y durante parte del otoño. Estas temperaturas positivas están en relación con la entrada de agua líquida procedente de la fusión de la nieve por encima de la cavidad y/o los eventos de lluvia. La infiltración de agua en estado líquido supone uno de los mayores mecanismos de fusión del hielo en las zonas afectadas por la formación de hielo estacional, mientras que aquellas donde aflora el hielo fósil y no está afectado por la formación estacional de hielo, su fusión se relaciona con el incremento de la temperatura, así como con procesos de sublimación durante el invierno. Dado que la cueva de Casteret es una de las cavidades heladas más visitada desde su descubrimiento (Casteret, 1953), la comparación de fotos históricas y actuales (Figura 1), así como la recopilación de diferentes medidas en el hielo usando puntos fijos (St. Pierre, 2007) han permitido conocer que las tasas de fusión del hielo en la cueva de Casteret es de unos 5.5 cm al año ($42 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$). A su vez, las medidas realizadas en 16 puntos fijos en la cavidad indican que el hielo en algunos lugares se ha reducido hasta 80 cm (valor máximo) desde 2016 (ca. 17 cm a^{-1}). Estas observaciones indican un balance de masas negativo en la cueva de Casteret.

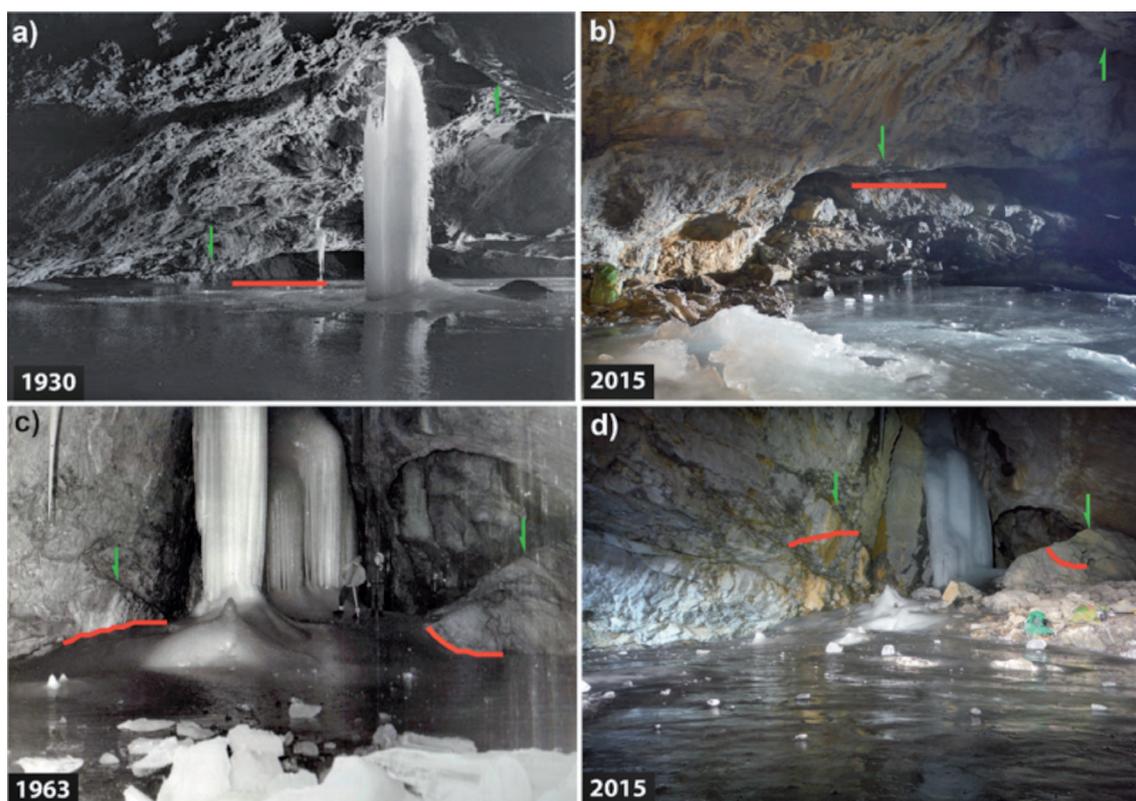


Figura 1: Comparación de fotografías históricas y actuales. a) Fotografía de la gran columna de hielo formada en el centro de la sala principal (Autor: Arxiu fotogràfic del Centre Excursionista de Catalunya). b) Sector similar que (a) en 2015. c) Sector Este de la sala central en 1963 (Autor: foto cedida por Tomás Urzanqui). d) Mismo sector que (c) en el año 2015. Las flechas verdes indican los puntos de comparación, mientras que las líneas rojas indica la altura aproximada a la que llegó el hielo.

Por otro lado, un comportamiento más complejo se observa en la cueva de los Sarrios, donde las temperaturas medias anuales permanecen bajo cero. La cueva de Sarrios 6 muestra un comportamiento similar a Casteret. Así, en algunos puntos el nivel de hielo ha caído hasta 67 cm (valor máximo) desde 2017, lo que implica una tasa de fusión ca. 12 cm al año en zonas no afectadas por la formación del hielo estacional, mientras que, en aquellas zonas afectadas, las tasas de fusión son menores. Por otro lado, cabe destacar la apertura de una nueva galería en Sarrios 6. Esta galería estaba totalmente sellada por el hielo en 2014, mientras que en 2015 una intensa corriente de aire ventilaba por un pequeño hueco de apenas 30 cm que en la actualidad ya supera los 130 cm de longitud. Esta disminución del hielo (22 cm a^{-1}) ha permitido el acceso a un sector nuevo de la cueva, nunca antes explorado, donde se han localizado nuevos depósitos de hielo fósil.

Por otra parte, la cueva de Sarrios 1 muestra un comportamiento más heterogéneo en función del sector. El depósito de hielo fósil que alberga la cueva ha retrocedido 66 cm desde 2017, lo que supone una tasa de fusión de ca. 16 cm a^{-1} . Sin embargo, a techo del depósito se ha acumulado hielo a un ritmo de 10 cm a^{-1} . Este proceso contrasta con la tónica general de pérdida de hielo observada en Sarrios 6 y Casteret, y a escasos metros en la propia cueva de Sarrios 1. Este balance positivo de hielo, se hace más notable en la galería superior, donde la temperatura ha permanecido bajo cero (incluso a escala estacional) durante todo el periodo monitorizado. Así, en esta galería, la cueva tiene la capacidad de congelar casi toda el agua que se infiltra en la cueva. La tasa de acumulación calculada es de aproximadamente 22 cm a^{-1} .

Conclusiones

Las medidas realizadas en las diferentes masas de hielo en las cuevas heladas de Casteret, Sarrios 1 y Sarrios 6, indican en general una pérdida constante del espesor y volumen de hielo. Así, las tasas de fusión oscilan entre los 12 y 17 cm a^{-1} , predominando un balance negativo. Esta fusión está controlada principalmente por la entrada de agua líquida y la falta de capacidad de congelación en el interior de la cueva. Esto puede estar relacionado con el aumento generalizado de las temperaturas atmosféricas, lo que induce una menor refrigeración de la cavidad durante el invierno. De manera excepcional, en determinados sectores de Sarrios 1, se está produciendo un balance positivo de la masa de hielo con tasas de acumulación que varían entre 10 y 22 cm a^{-1} . Este diferente comporta-

miento bajo unas mismas condiciones climáticas en el exterior informa de la necesidad de conocer el funcionamiento actual de las cavidades, para poder interpretar correctamente los momentos de formación o fusión evidenciados en los depósitos de hielo fósil.

Agradecimientos

Queremos agradecer la inestimable ayuda de la guardería de Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido, tanto en la facilitación de accesos como su ayuda durante los muestreos. También agradecer a los guardas de refugio de Góriz su colaboración en la logística del transporte de hielo y almacenamiento de muestras a lo largo de estos años.

Queremos recordar a nuestro compañero y amigo Carlos Sancho Marcén. Su entusiasmo por la geología nos hizo explorar nuevos horizontes.

Referencias

- Belmonte-Ribas, Á., Sancho, C., Moreno, A., López-Martínez, J., Bartolomé, M., n.d. *Present-day environmental dynamics in ice cave A294, Central Pyrenees, Spain.*
- Casteret, N., 1953. *Dans les glaces souterraines. Les plus élevés de Monde.* Librairie Académique Perrin, Paris, p. 93.
- Feurdean, A., Per oiu, A., Pazdur, A., Onac, B.P., 2011. «Evaluating the palaeoecological potential of pollen recovered from ice in caves: A case study from Sc ri oara Ice Cave, Romania». *Review of Palaeobotany and Palynology* 165, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2011.01.007>
- Kern, Z., Per oiu, A., 2013. «Cave ice – the imminent loss of untapped mid-latitude cryospheric palaeoenvironmental archives». *Quaternary Science Reviews* 67, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2013.01.008>
- Leunda, M., González Sampériz, P., Gil Romera, G., Bartolomé, M., Belmonte Ribas, Á., Gómez García, D., Kaltenrieder, P., Rubiales, J.M., Schwörer, C., Tinner, W., Morales Molino, C., Sancho, C., 2019. «Ice cave reveals environmental forcing of long-term Pyrenean tree line dynamics». *Journal of Ecology* 107, 814–828. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13077>

- Luetscher, M., Bolius, D., Schwikowski, M., Schotterer, U., Smart, P.L., 2007. «Comparison of techniques for dating of subsurface ice from Monlesi ice cave, Switzerland». *Journal of Glaciology* 53, 374–384.
- Luetscher, M., Jeannin, P.-Y., 2004. «A process-based classification of alpine ice caves». *Theoretical and Applied Karstology* 17, 5–10.
- Perşoiu, A., 2018. «Chapter 3. Ice Caves Climate», in: Perşoiu, A., Lauritzen, S.-E. (Eds.), *Ice Caves*. Elsevier, pp. 21–32. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811739-2.00003-6>
- Perşoiu, A., Onac, B.P., Wynn, J.G., Blaauw, M., Ionita, M., Hansson, M., 2017. «Holocene winter climate variability in Central and Eastern Europe». *Scientific Reports* 7, 1196. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-01397-w>
- Perşoiu Tiritu, A., 2011. «Palaeoclimatic Significance of Perennial Ice Accumulations in Caves: an Example from Scarisoara Ice Cave, Romania». *Graduate Theses and Dissertations*.
- Sancho, C., Belmonte, Á., Bartolomé, M., Moreno, A., Leunda, M., López-Martínez, J., 2018. «Middle-to-late Holocene palaeoenvironmental reconstruction from the A294 ice-cave record (Central Pyrenees, northern Spain)». *Earth and Planetary Science Letters* 484, 135–144. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2017.12.027>
- Sancho, C., Belmonte, Á., López, J., Moreno, A., Bartolomé, M., Calle, M., Santolaria, P., 2012. «Potencial paleoclimático de la cueva helada A294 (Macizo de Cotiella, Pirineos, Huesca)». *Geogaceta* 52, 101–104.
- St. Pierre, D., 2007. «Grotte Casteret». *BCRA Cave Studies Series* 17-48.
- Stoffel, M., Luetscher, M., Bollschweiler, M., Schlatter, F., 2009. «Evidence of NAO control on subsurface ice accumulation in a 1200 yr old cave-ice sequence, St. Livres ice cave, Switzerland». *Quaternary Research* 72, 16–26. <https://doi.org/10.1016/j.yqres.2009.03.002>

2. Evolución reciente del Glaciar de Monte Perdido

J. Revuelto¹; E. Alonso-González¹, L. M. Del Río ²,
J.I. López-Moreno¹

¹ Instituto Pirenaico de Ecología, CSIC. Avda Montañana 1005.
50059 Zaragoza, Spain

² Departamento de Física Aplicada. Escuela Politécnica,
Universidad de Extremadura. 10071 Cáceres, Spain
jrevuelto@ipe.csic.es, nlopez@ipe.csic.es



Resumen: En este trabajo se muestran los principales resultados derivados de la observación del glaciar de Monte Perdido con un láser escáner terrestre (TLS) y un Georadar (GPR), que han permitido diagnosticar las condiciones actuales del mismo, así como estudiar su evolución durante el periodo 2011-2020. La observación con el TLS se realiza a comienzos de otoño de manera recurrente, lo que permite así determinar la evolución anual de la superficie del glaciar. El pasado año 2019-2020 la disminución media, ha sido prácticamente nula, y el glaciar presentaba zonas en las que la nieve acumulada durante el invierno no había fundido y, por tanto, presentaba ganancias moderadas. Sin embargo, en la zona frontal, se observaron zonas de fuertes pérdidas. Si bien, durante el periodo 2011-2020 se han observado otros años con pérdidas medias moderadas e incluso nulas, varios años han mostrado descensos muy acusados. Así, el glaciar ha mostrado un claro deterioro en este periodo, con una pérdida media de espesor de hielo de 7.8 metros, superando los 18 metros en algunos sectores. La información del GPR ha permitido localizar zonas donde todavía quedan espesores de hielo de entre 30 y 50 metros, pero en general los espesores son muy inferiores. La información obtenida sugiere un rápido deterioro del glaciar que podría llevar a su desaparición en las próximas décadas.

Palabras clave: Láser escáner terrestre (TLS), Georadar (GPR), evolución glaciar, Pirineos.

Introducción

La mayoría de los glaciares del mundo han experimentado un rápido retroceso durante el último siglo, que ha sido particularmente intenso en las últimas dos décadas (Marshall 2014). Los glaciares del Pirineo son los más meridionales de Europa y se encuentran actualmente en una situación crítica (Rico *et al.*, 2017). Así, de los 52 glaciares

que existían al final de la Pequeña Edad del Hielo, solo quedan 19, habiéndose perdido un 88% de la superficie cubierta por hielo (Rico *et al.*, 2017). A pesar de su reducido tamaño, el estudio de los glaciares pirenaicos es muy interesante pues son muy sensibles a las fluctuaciones climáticas (Grunewald and Scheithauer, 2010) y permiten conocer el comportamiento de las masas de hielo durante el momento de su desaparición (Huss and Fischer, 2016).

Para diagnosticar el estado de un glaciar determinado es necesario conocer el volumen de hielo que en él permanece y cuantificar su movimiento. Así mismo, conocer las variaciones de volumen de hielo a escala anual, nos permite conocer la respuesta del glaciar a la variabilidad y cambio climático reciente (Solomina *et al.*, 2016). Actualmente se disponen de numerosas técnicas que permiten medir con mucha precisión las variables anteriormente mencionadas, incluyendo las estacas de ablación para el balance de masa y el movimiento del hielo, GPS, georadar, restitución de superficies a partir de fotografías aéreas, imágenes satélite ópticas y de radar, LIDAR terrestre y aerotransportado, fotogrametría, etc. El uso de cada una de ellas dependerá de las características de los glaciares y de la resolución espacial y temporal de las mediciones que se desean obtener. En glaciares muy degradados, su fuerte pendiente, caídas de rocas y la presencia de cavidades dentro del hielo hacen recomendable recurrir a técnicas que eviten la toma directa de datos (Fischer, 2016).

El glaciar de Monte Perdido es el tercer glaciar en superficie del Pirineo. En las últimas décadas ha mostrado un claro retroceso en superficie y espesor (Julian and Chueca, 2007; López-Moreno *et al.* 2016) y en los últimos años ha sido objeto de un seguimiento muy detallado. En este trabajo se describen los últimos resultados obtenidos en el glaciar de Monte Perdido con técnicas basadas en la teledetección terrestre (TLS y GPR) para conocer las fluctuaciones anuales de volumen y el espesor de hielo.

Material y métodos

Caracterización de la zona de estudio

El glaciar de Monte Perdido se localiza en los Pirineos Centrales españoles (42°40 N; 0°02 15 E). Está orientado hacia el norte bajo la cima del pico de Monte Perdido (3348 m) en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido.

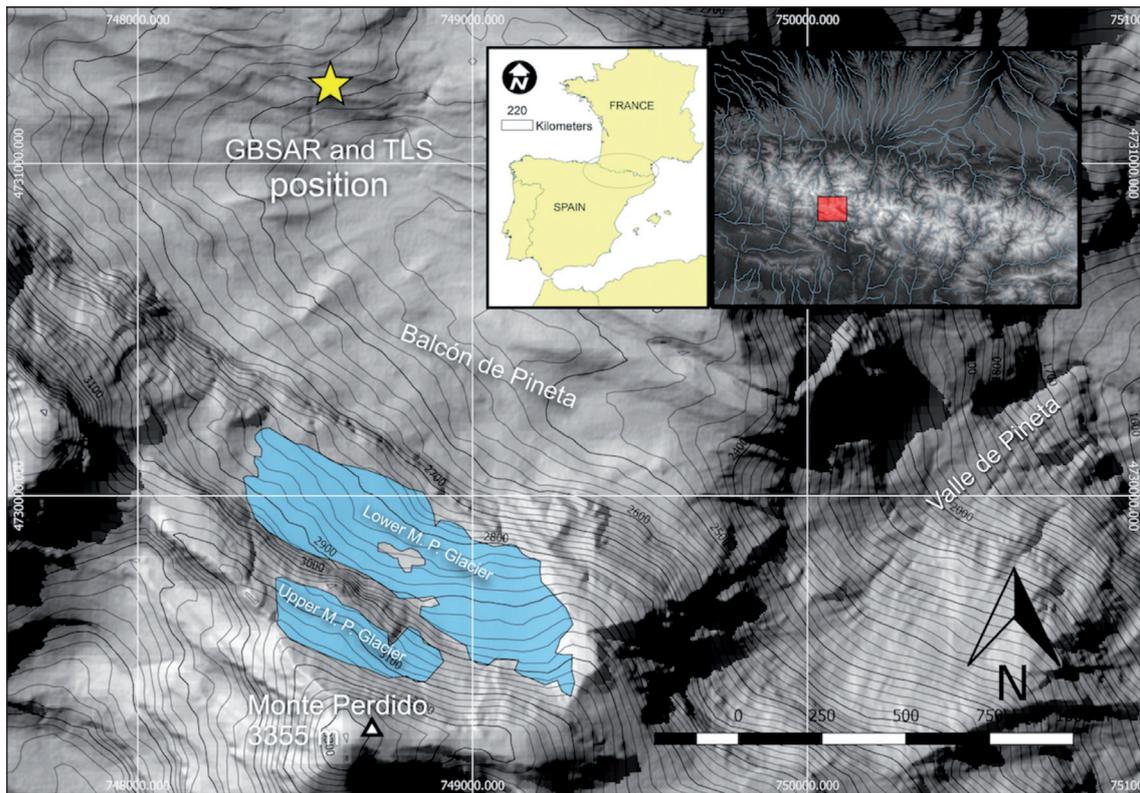


Figura 1. Localización del glaciar de Monte Perdido y las posiciones desde donde se han realizado las mediciones a larga distancia.

Numerosas morrenas de la Pequeña Edad del Hielo claramente indican que hace doscientos años el glaciar se componía de una única masa de hielo, que se dividió en tres cuerpos glaciados conectados por cascadas de seracs. El glaciar inferior desapareció a mediados del siglo 20, y los dos cuerpos restantes (glaciar inferior y superior) se desconectaron durante los años setenta (García-Ruiz et al., 2014).

Según mediciones realizadas al pie del glaciar y en la cima del pico Monte Perdido, se ha estimado que la isoterma 0°C se encuentra aproximadamente a 2950 m. s.n.m. No se disponen de mediciones directas de precipitación, pero las acumulaciones de nieve que se observan durante primavera indican que durante el periodo de acumulación (desde octubre hasta abril) la precipitación debe superar los 1500 milímetros.

Métodos de observación del glaciar

Además de las mediciones geomáticas que más adelante se detallan, en 2014 se instalaron en el glaciar siete balizas de ablación, en las que se ha medido la altura del hielo y su desplazamiento mediante GPS diferencial (Figura 2). Las siete balizas mostraron un rápido avance anual (en algunas de ellas superiores a 10 m cada año). Desde el año

2018, ninguna de las balizas sigue en el glaciar, pues el propio movimiento del hielo las ha expulsado.

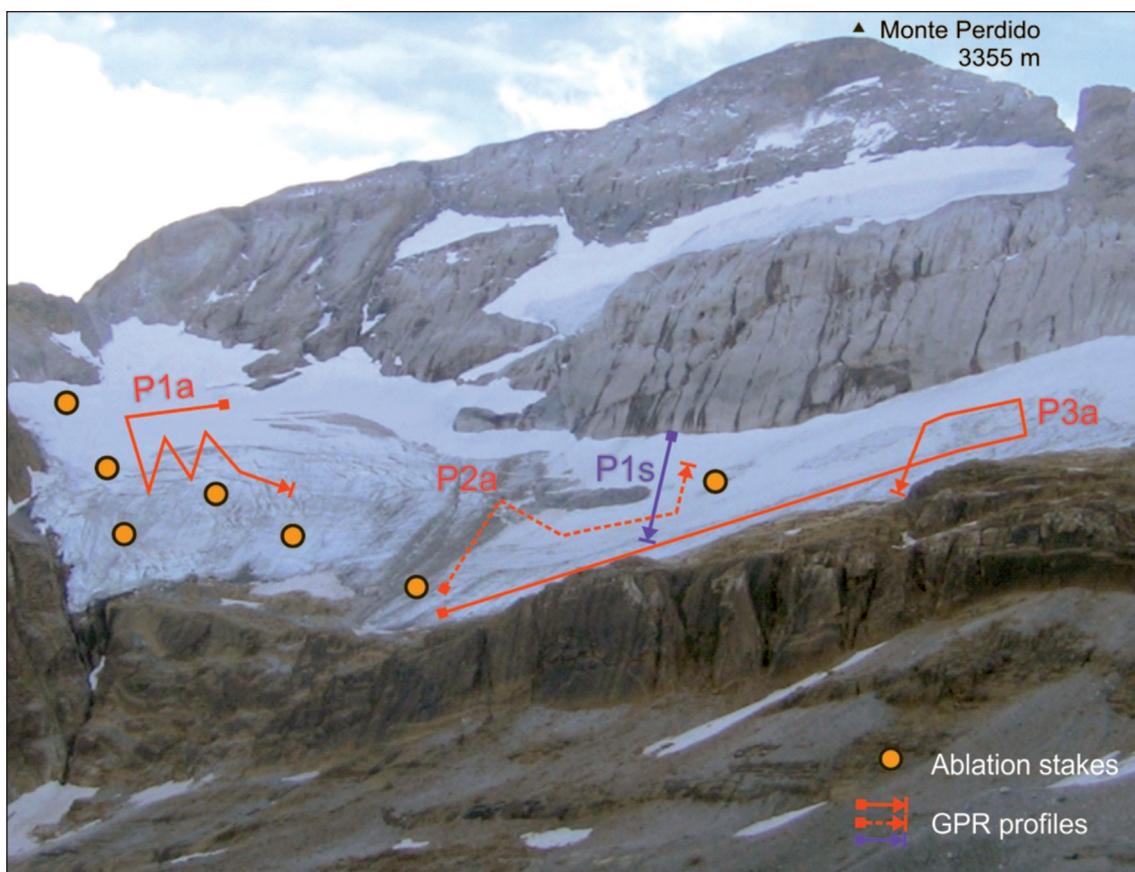


Figura 2. Localización de las siete balizas de ablación, así como los transectos para los que se ha obtenido el perfil de espesor de hielo con el GPR. P1s (en azul) es el transecto realizado en primavera de 2016.

P1a, P2a, P3a (en rojo) son los transectos de GPR realizados en otoño de 2016.

La foto fue obtenida en septiembre de 2011

Láser escáner terrestre, TLS

Este dispositivo obtiene cartografías tridimensionales de la superficie del glaciar con gran detalle que al compararlas entre sí, permiten cuantificar los cambios que se producen entre dos adquisiciones diferentes. El TLS emplea tecnología LIDAR, que mediante la medición del tiempo de vuelo de pulsos láser emitidos desde el sensor y su recepción tras rebotar con la superficie que se desea medir, infieren la distancia a la superficie muestreada. El sensor utilizado es el modelo RIEGL LPM-321, que funciona con una longitud de onda de 905 nanómetros (infrarrojo próximo). La emisión de pulsos láser la realiza con un paso de ángulo mínimo de 0.0188° , con una divergencia del haz láser de 0.0048° . (López-Moreno et al. 2017). El sensor se ha instalado todos los

otoños (finales de septiembre o comienzos de octubre) desde 2011. Se ha dispuesto de una vista casi frontal (la que se observa en la Figura 2) a una distancia de entre 1500 y 2000 metros del glaciar. La metodología para la georreferenciación de las nubes de puntos se describe en detalle en Revuelto et al. (2014). En error estimado está por debajo de 0.3 metros en altimetría.

Georadar GPR

En las últimas décadas el uso del georadar o Ground Penetrating Radar (GPR) se ha extendido para conocer el espesor y las características físicas y estructurales del sustrato subyacente. (Bradford & Harper, 2005; Del Rio *et al.*, 2014). El uso del GPR en el glaciar de Monte Perdido ha sido complejo por su elevada inclinación (entre 20° y 45°) y abundante agua circulando bajo su superficie. El 30 de abril y el 1 de mayo de 2016 utilizamos una serie de antenas (50, 200 y 500 MHz) de la marca Malå Geoscience para conocer el espesor y la estructura del hielo del glaciar. Las adversas condiciones meteorológicas (viento 60 km h⁻¹ y temperatura <-8°C) dificultó esta tarea, si bien la escasa agua circulante permitió obtener una discriminación nítida entre hielo y sustrato rocoso. Las antenas de 50 MHz y 200 MHz se configuraron para alcanzar espesores de hasta 60 metros con resoluciones de 0.9 m y 0.25 m respectivamente. La antena de 500 Mhz se configuró para ver la estructura de la nieve en los ocho primeros metros del perfil. Para estimar el espesor de hielo, asumimos un modelo simple de capas isotrópicas (nieve, hielo) con velocidades constantes en cada capa y el método que usa la difracción de las hipérbolas detectadas en cada capa (Moore *et al.*, 1999; López-Moreno *et al.*, 2018).

Resultados

Cambios de espesor de hielo del glaciar

La Figura 3 superior muestra un descenso generalizado de espesor de hielo durante el periodo de estudio con un valor medio de pérdida de 7.8 metros. Sin embargo, este valor medio enmascara fuertes diferencias espaciales. Así, en algunos sectores el espesor de hielo ha disminuido hasta 18 metros (fundamentalmente en la parte inferior de los cuerpos de hielo y el sector occidental del glaciar inferior), mientras que hay áreas que apenas han mostrado cambios. Los valores de cambio anuales también han mostrado importantes contrastes entre los años de estudio. De este modo, los años 2013-14 y 2015-16 mostraron pérdidas muy bajas de -0.07 m y -0.35 m respectivamente; o incluso ganancias como en 2012-13 y 2017-18; en los que el glaciar ganó respectivamente +0.33

m y +0.57 m, presentando así mismo zonas con pérdidas superiores a -3 m todos años. Así mismo el último año con observación 2019-20, el glaciar también ha mostrado una ligera ganancia en promedio de +0.29 m. Este último año es un buen ejemplo para mostrar la elevada variabilidad espacial de las pérdidas y ganancias (Figura 3 inferior). Así, en las partes altas del glaciar, hubo ganancias debido a que la nieve acumulada en el invierno 2019-20 no fundió completamente durante el verano, y se observaron pérdidas acusadas en grandes sectores de la parte frontal. Las pérdidas de hielo se concentraron los años 2011-12, 2014-15, 2016-17 y 2018-19, con reducciones medias de -1.8 m, -1.69 m -2.57 m y -1.59 m respectivamente.

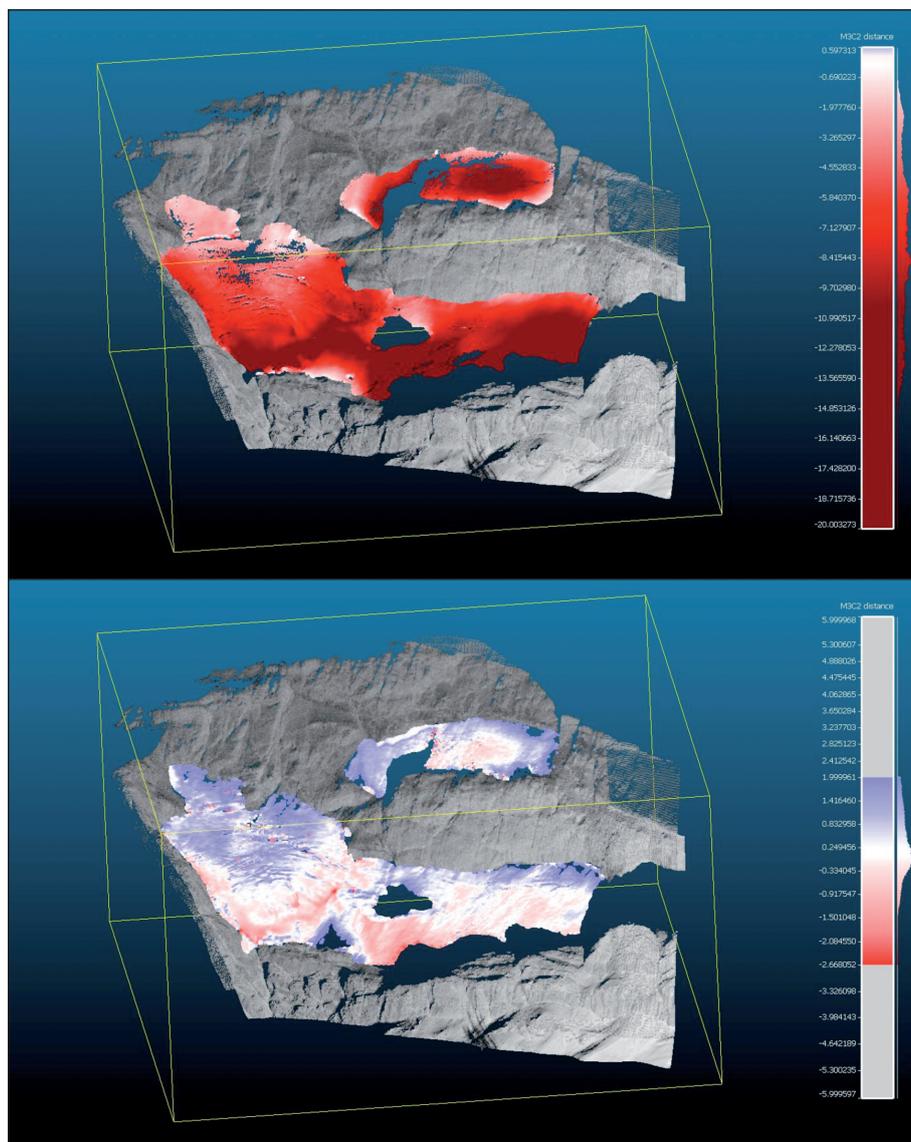


Figura 3: Distribución de pérdidas y ganancias de espesor del glaciar a lo largo de todo el periodo de estudio (2011-20, imagen superior) y durante el último año con observación (2019-20, imagen inferior)

Espesor del hielo y estructura interna a partir de georadar

La Figura 4 muestra los tres radargramas obtenidos en primavera de 2016 después de un primer procesado básico consistente en la corrección del decaimiento de energía. En función de las hipérbolas observadas a distintas frecuencias (200 y 500 MHz) se estimaron velocidades de $163 \pm 7 \text{ m } \mu\text{s}^{-1}$ y $200 \pm 5 \text{ m } \mu\text{s}^{-1}$, respectivamente para hielo y nieve que permitieron obtener un máximo espesor de hielo de $25.8 \pm 1.6 \text{ m}$.

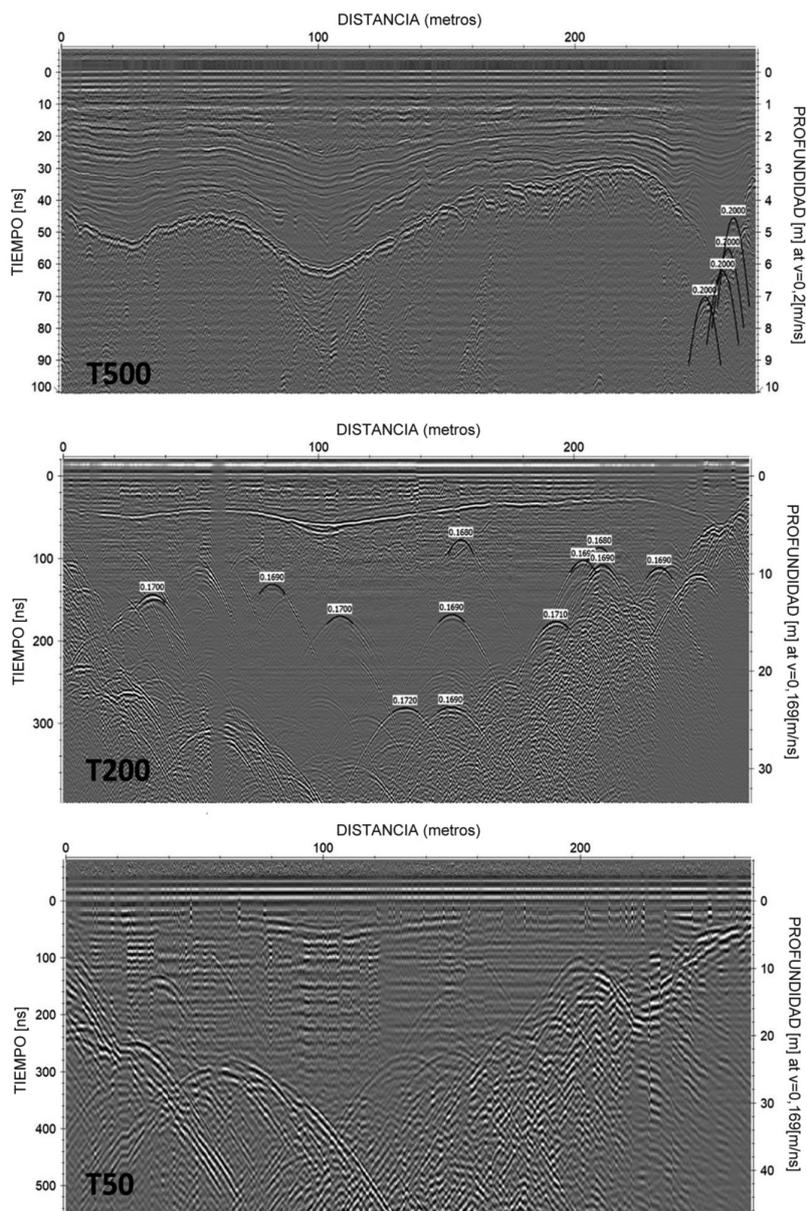


Figura 4: Radargramas obtenidos con antenas de 500 (T500), 200 (T200) and 50 (T50) MHz, mostrando la intersección entre el hielo, el suelo rocoso, así como distintas rocas de menor tamaño en el interior del hielo

Discusión y conclusiones

Cambios de espesor de hielo del glaciar

A pesar de que la técnica de TLS a distancias tan grandes ofrece una serie de incertidumbres (Revuelto *et al.*, 2014), los resultados han mostrado de forma clara que la disminución de espesor de hielo es muy variable de un año para otro. Desde 2011 ha habido cuatro años en los que se ha perdido en promedio más de 1.5 m de espesor, mientras que durante otros años el glaciar ha permanecido bastante estable o incluso ha mostrado un ligero incremento. En total se han perdido 7.8 metros durante el periodo 2011-2020. La acumulación de nieve sobre el glaciar si bien es variable, no fluctúa tanto como lo han hecho las pérdidas de espesor de hielo, lo que parece indicar que el balance de masa del glaciar se encuentra más controlado por las condiciones climáticas durante el periodo de fusión, que las de la acumulación de nieve. En cualquier caso, la acumulación de nieve también tiene importancia en el balance de masa y, de hecho, las zonas con menor acumulación de nieve debido a la acción del viento son algunas de las que han mostrado un mayor descenso en el volumen de hielo.

Comportamiento actual del glaciar y perspectivas futuras

En conjunto, los resultados demuestran que el glaciar se encuentra en un estado de evidente degradación. Para el periodo 1981-2010, López-Moreno *et al.* (2016) estimaron unas pérdidas anuales de espesor de $0.58 \pm 0.27 \text{ m a}^{-1}$. Así, los 7.8 metros de pérdida para el periodo 2011-2020 sugiere una clara aceleración en las pérdidas (0.97 m a^{-1}), con sectores donde las pérdidas han superado los 15 metros desapareciendo íntegramente el hielo. Dado que en la mayor parte del glaciar los espesores no superan los 30 metros, se podría asumir que el glaciar puede llegar a desaparecer casi totalmente en algún momento de los próximos 50 años. La hipótesis derivada de este trabajo sobre una mayor influencia de las temperaturas estivales (que han aumentado de forma drástica en las últimas décadas) respecto a la precipitación de los meses fríos (que ha permanecido estable) sugieren un escenario más pesimista, pues las proyecciones climáticas para las próximas décadas en el Pirineo apuntan hacia un acusado incremento térmico durante la estación cálida (López-Moreno *et al.*, 2011). La falta de movimiento de amplias partes del glaciar y la existencia de importantes depósitos de detritos dentro del cuerpo de hielo también se suman a las evidencias de que el glaciar se encuentra en una fase muy próxima a su desaparición. Los resultados apuntan a que el sector occidental del glaciar será el primero en desaparecer, siendo la parte más elevada y oriental del glaciar actual la que tiene más posibilidades de permanecer durante un periodo más prolongado

Agradecimientos

Agradecemos al Organismo Autónomo de Parques Nacionales, la financiación del proyecto: “El glaciar de Monte Perdido: Monitorización y estudio de su dinámica actual y procesos criosféricos asociados como indicadores de procesos de cambio global (844/2013)”. También agradecemos de forma especial la atención y apoyo que nos prestó en todo momento el personal del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido.

Bibliografía

- Bradford, J. H. y Harper, J. T. (2005), «Wave field migration as a tool for estimating spatially continuous radar velocity and water content in glaciers». *Geophysical Research Letters*, 32, L08502: 1-4.
- Brandt, O., Langley, K., Kohler, J. y Hamran, S. E. (2007), «Detection of buried ice and sediment layers in permafrost using multi-frequency ground penetrating radar: A case examination on Svalbard». *Remote Sensing of Environment*, 111: 212-227.
- Daniels S. (1996), «Surface Penetrating Radar. The Institution of Electrical Engineers. IEE Radar, Sonar, Navigation and Avionics. Series 6.
- Del Río, L.M, Rico, I., Serrano, E. y Tejado, J. J. (2014), *Applying GPR and Laser Scanner Techniques to Monitor the Ossoue Glacier (Pyrenees)*, J. Environ. Eng. Geoph.19 (4): 239-248.
- Dematteis, N., Luzi, G., Giordan, D., Zucca, F. y Allasia, P. (2017), *Monitoring Alpine glacier surface deformations with GB-SAR*. *Remote Sens. Lett.*, 8(10): 947-956.
- García-Ruiz, J.M., Palacios, D., Andrés, N., Valero-Garcés, B., López-Moreno, J. I., Sanjuán, Y. (2014), «Holocene and ‘Little Ice Age’ glacial activity in the Marboré Cirque, Monte Perdido Massif, Central Spanish Pyrenees», *Holocene* 24: 1439-1452. <https://doi.org/10.1177/0959683614544053>.
- Fischer, M., Huss, M., Kummert, M. y Hoelzle, M. (2016), «Application and validation of long-range terrestrial laser scanning to monitor the mass balance of very small glaciers in the Swiss Alps». *Cryosphere* 10: 1279-1295.
- Grunewald, K. y Scheithauer, J. (2010), «Europe’s 2010 southernmost glaciers: response and adaptation to climate change». *J. Glaciol.*, 56 (195): 129-142.

- Julián, A. y Chueca, J. (2007), «Pérdidas de extensión y volumen en los glaciares del macizo de Monte Perdido (Pirineo central español): 1981-1999». *Boletín Glaciológico Aragonés*, 8, 31-60.
- López-Moreno, J. I., Vicente-Serrano, S. M., Morán-Tejeda, E., Zabalza, J., Lorenzo-Lacruz, J. y García-Ruiz, J. M. (2011). «Impact of climate evolution and land use changes on water yield in the Ebro basin». *Hydrology and Earth System, Sci.*, 15: 311-322.
- López-Moreno, J. I., Revuelto, J., Rico, I., Chueca-Cía, J., Julián, A., Serreta, A., Serrano, E., Vicente-Serrano, S. M., Azorín-Molina, C., Alonso-González, E. y García-Ruiz, J. M. (2016). «Thinning of the Monte Perdido Glacier in the Spanish Pyrenees since 1981». *The Cryosphere* 10: 681-694.
- López-Moreno, J.I., Revuelto-Benedí, J., Alonso-González, E., Sanmiguel-Valladolid, A., Fassnacht, S. R., Deems, J. y Morán-Tejeda, E. (2017). «Using very long-range terrestrial laser scanner to analyse the temporal consistency of the snowpack distribution in a high mountain environment». *Journal of Mountain Science* 14 (5): 823-842.
- López-Moreno, J. I., Alonso-González, E., Montserrat, O., Del Río L. M., Otero, J., Lapazaran, J., Luzi, G., Dematteis, N., Serreta, A., Rico, I., Serrano-Cañadas, E., Bartolomé, M., Moreno, A., Buisán, S. y Revuelto, J. (2018). «Ground-based remote sensing techniques for diagnosis of the current state and recent evolution of the Monte Perdido Glacier, Spanish Pyrenees». *Journal of Glaciology* (aceptado para publicación).
- Moore, J. C., Pälli, A., Ludwig, F., Blatter, H., Jania, J., Gadek, B., Glowacki, P., Moch-nacki, D. e Isaksson, E. (1999). «High-resolution hydrothermal structure of Hans-breen, Spitsbergen, mapped by ground-penetrating radar». *Journal of Glaciology*, 45 (151): 524-532.
- Revuelto, J., López-Moreno, J. I., Azorín-Molina, C., Zabalza, J., Arguedas, G. y Vicente-Serrano, S. M. (2014). «Mapping the annual evolution of snow depth in a small catchment in the Pyrenees using the long-range terrestrial laser scanning». *Journal of Maps*, 10 (3): 359-373.
- Rico, I., Izaguirre, E., Serrano, E. y López-Moreno, J. I. (2017). «Current glacier area in the Pyrenees: an updated assessment 2016». *Pirineos*, 172: e029.

3. Estado ecológico de los ríos de cabecera en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido

Marta Quintana Buil
Universidad de Barcelona



En el estudio se recoge información sobre el estado ecológico de la cabecera del río Arazas en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (PNOMP), obtenido a partir de muestras recolectadas de mayo a octubre durante los años 2017, 2018 y 2019. En total, se seleccionaron cinco puntos de seguimiento, distribuidos entre zonas más y menos próximas al Refugio de Góriz, tanto de naturaleza superficial como subterránea (Figura 1). Se midieron parámetros hidromorfológicos (perfil del cauce y caracterización de los hábitats presentes), fisicoquímicos (temperatura del agua, conductividad, pH y oxígeno disuelto) y biológicos (concentración de clorofila A bentónica y macroinvertebrados acuáticos). Los resultados obtenidos se han comparado con los valores de referencia establecidos por la normativa vigente (ORDEN ARM/2656/2008) para la Tipología Ecológica 27: “Ríos de alta montaña”. En cuanto a los índices biológicos para los macroinvertebrados, los utilizados fueron: el IBMWP, el NFAM y el IASPT.

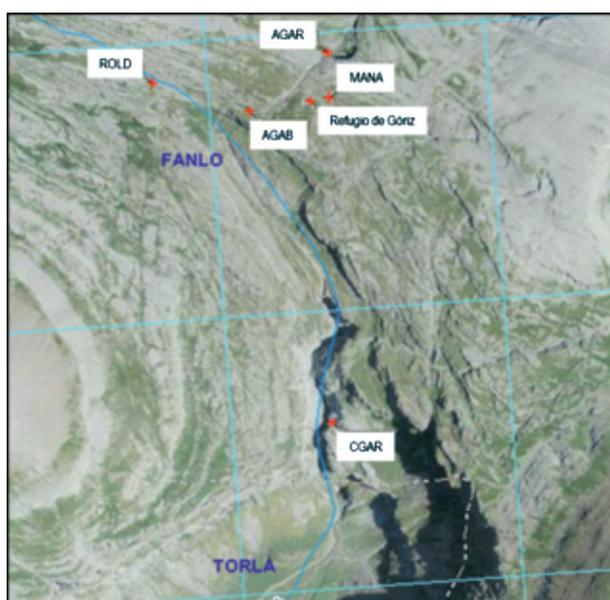


Figura 1. Localización de los puntos en los que se ha hecho seguimiento. Los puntos AGAR, AGAB y ROLD son superficiales. Los puntos MANA y CGAR son subterráneos.

Según los parámetros fisicoquímicos, los estados ecológicos de todos los puntos estudiados se catalogan como buenos y muy buenos. No obstante, se registran puntualmente valores anómalos de origen desconocido, a tenerse en cuenta para futuros seguimientos. En especial destacan los registrados en la conductividad del punto que se encuentra en el Barranco de Góriz aguas abajo del Refugio de Góriz en las campañas de septiembre y octubre de 2019, llegando a unos valores de $880\mu\text{S}/\text{cm}$ y $695\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente (Figura 2). El pH no se ha representado gráficamente, dado que los valores se mantuvieron estables a lo largo de todas las campañas, con unos valores de entre 6.9 y 9, catalogándose como estados ecológicos buenos y muy buenos en comparación con los valores de referencia.

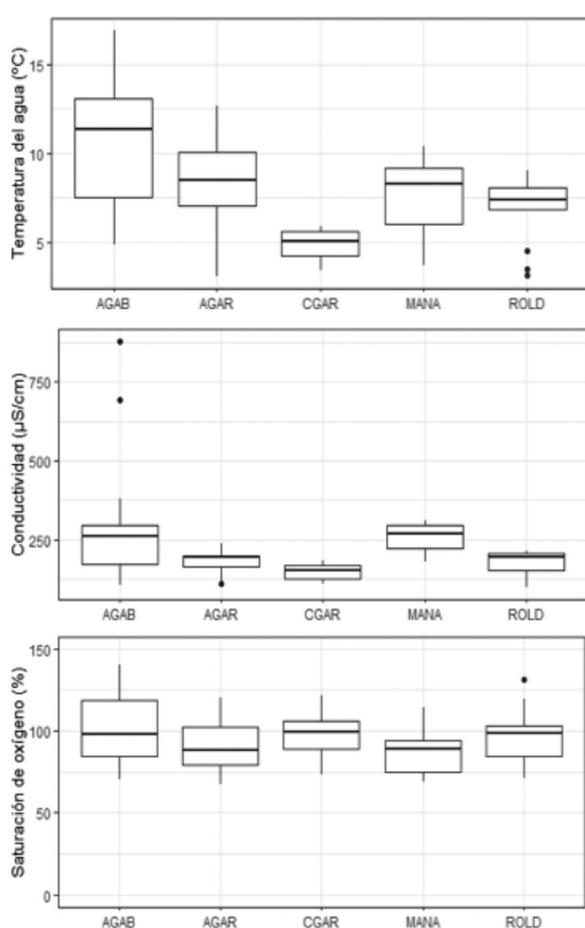


Figura 2. Parámetros fisicoquímicos registrados. Se representa la temperatura del agua, la conductividad y la saturación de oxígeno.

De las comunidades biológicas, los resultados obtenidos en la concentración de la clorofila A bentónica reflejan un aumento natural hacia los meses de verano (Figura 3), respondiendo a la mejora de las condiciones abióticas: mayor temperatura, luz y ralentización de las aguas. Destacar que en el Barranco de Góriz aguas abajo del Refugio de Góriz se registra un aumento mayor en comparación al resto de puntos analizados, acompañado de la aparición de algas filamentosas y abundante detritus (Figura 3). Esta proliferación se da posiblemente por un aporte de nutrientes de origen alóctono.

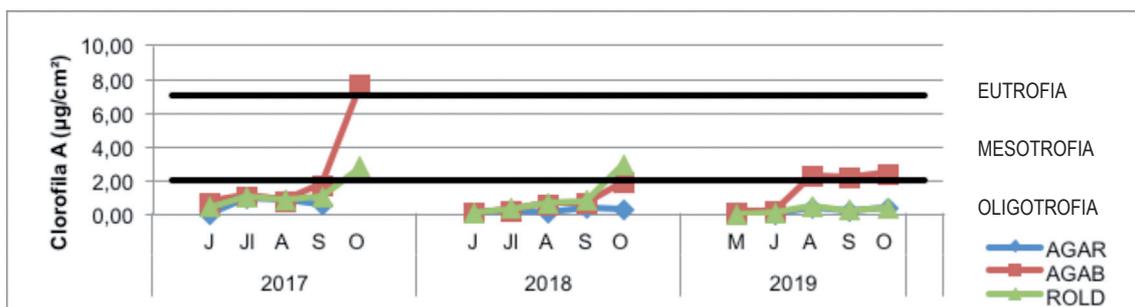


Figura 3. . Evolución temporal de la concentración de clorofila A bentónica en aquellos puntos superficiales: AGAB, AGAR y ROLD. Las imágenes corresponden a la proliferación de algas filamentosas y detritus en el punto AGAB.

En el estudio de los macroinvertebrados, se ha concluido que el factor limitante de su desarrollo son las condiciones abióticas (sustrato del cauce y climatología), que hacen del medio acuático un ambiente estresante. Se distingue un gradiente muy marcado: en primavera grandes caudales, de elevada velocidad, y bajas temperaturas, y en verano un estiaje muy severo, que implica la ralentización de las aguas e incluso la discontinuidad del caudal. Los valores obtenidos en el IBMWP y NFAM reflejan unos estados ecológicos malos y deficientes en las campañas primaverales principalmente, aunque a medida que mejoran las condiciones abióticas aumentan el número de familias y de individuos, obteniendo unos estados ecológicos buenos. Tras los tres años de estudio, pero, se ha podido comprobar la falta de precisión en los valores de referencia establecidos por la normativa, que no se ajustan a las condiciones estresantes descritas, por lo que inutilizan su uso. Por otra parte, comparando los distintos puntos estudiados entre sí (Figura 4), se aprecia una disminución de la biodiversidad y abundancias de macroinvertebrados en el Barranco de Góriz aguas abajo del refugio de Góriz en comparación a los demás puntos de naturaleza superficial, y que, aparte, fue acompañado de la presencia de taxones más tolerantes a la contaminación (Figura 5). Destaca la presencia de quironómidos ricos en hemoglobina,

indicadores de condiciones anóxicas, donde la falta de oxígeno puede ser causada por la actividad microbiana originada por la descomposición de la elevada cantidad de materia orgánica, posiblemente de origen alóctono. Con los resultados obtenidos, se puede pensar que hay evidencias de presión antropogénica en este punto de la cabecera del río Arazas, reflejada no solo en los valores obtenidos en el estudio de los macroinvertebrados, sino también con el aumento desproporcionado de la concentración de clorofila A bentónica.

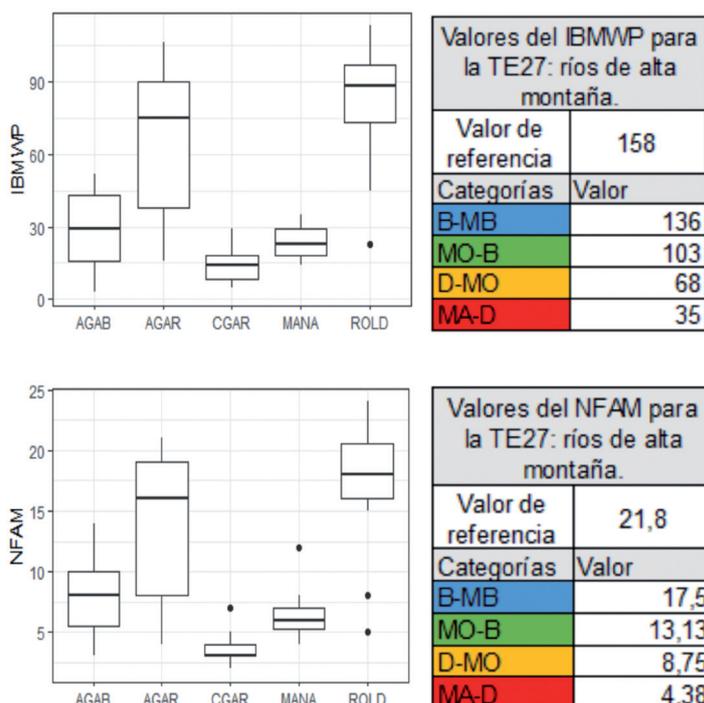


Figura 4. Valores obtenidos en el cálculo de los índices IBMWP y NFAM para cada punto estudiado, y los valores de referencia establecidos por la normativa.

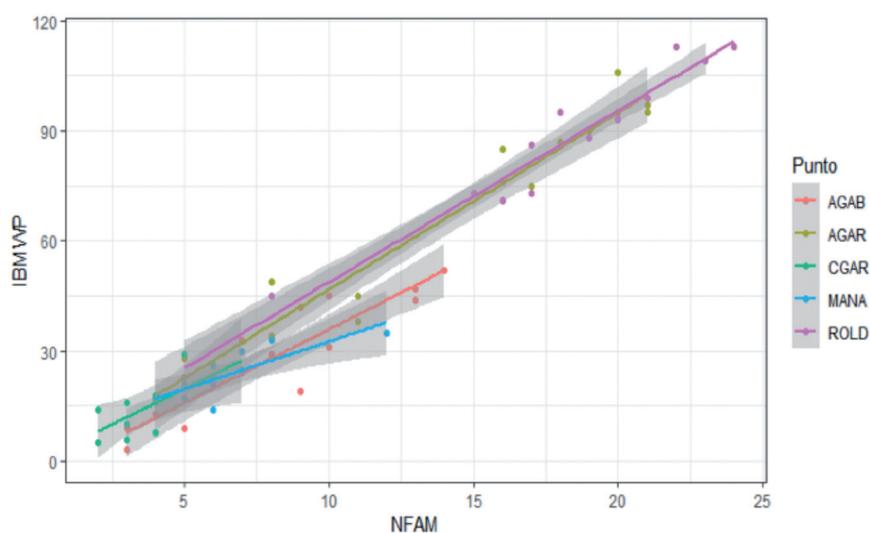


Figura 5. Representación del índice IASTP (equivalente al IBMWP entre el NFAM) en el que se observa la similitud del punto AGAB con los puntos MANA y ROLD, indicando la presencia de familias de macroinvertebrados de menor valor indicador, y por tanto más tolerantes a la contaminación.

En general, el estudio de las aguas del parque se ha planificado con una prospección futura, resultado de la falta de datos históricos y conocimientos previos para comprender la hidrodinámica kárstica de la zona. Por tanto, este estudio constituye una base de carácter biológico para el seguimiento del estudio de los ríos del PNOMP. Deberá tenerse en cuenta, por una parte, la naturaleza del cauce y la climatología para poder entender los resultados obtenidos, y por otra parte, la posible inutilización de la normativa de referencia en cuanto a los parámetros biológicos dada su poca especificidad.

Bibliografía

- ACA (2006). Biori: *Protocol d'avaluació de la qualitat biològica dels rius*. Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya.
- ACA (2008). *Els espais fluvials. Manual de diagnosi ambiental*. Xarxa de municipis de la Diputació de Barcelona.
- Alba-Tercedor, J. & Sánchez-Ortega, A. (1988) *Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas basado en el de Hellawell (1978)*. *Limnetica* 8: 51-56
- Alba-Tercedor, J., Jáimez-Cuéllar, P. Álvarez, M. Avilé, J., Bonada, N. Casas, J., Mella-do, A., Ortega, M., Pardo, I., Prat, N., Rieradevall, M., Robles, S., Sáinz-Cantero, C.E., Sánchez-Ortega, A., Suárez, M.L., Toro, M., Vidal-Abarca, M.R., Vivas, S., Zamora-Muñoz, C. (2004). *Caracterización del estado ecológico de ríos mediterráneos ibéricos mediante el índice IBMWP antes BMWP'*. *Limnetica*, 21(2002): 21, 3-4: 175-185.
- Barquin, J., Peñas, F. J., Álvarez-Cabria, M., Rodríguez-Castillo, T., González, A. M., Estévez, E., Lezcano, M., Fernandez, F., Rojo, J., García, A. & Álvarez, C. (2013). *Optimización de las redes de seguimiento del estado de conservación en ríos de alta montaña. Proyectos de Investigación en Parques Nacionales (2010-2013)*, Publisher: Organismo Autónomo de Parques Nacionales. MAGRAMA.
- Benateau, S., Gaudard, A., Stamm, C. & Altermatt, F. (2019). *Climate change and freshwater ecosystems: Impacts on water quality and ecological status. Hydro-CH2018 Project*. Federal Office for the Environment (FOEN), Bern, Switzerland. 110 pp.
- Benito Alonso, J.L. (2005). *Flora y vegetación del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (Sobrar, Pirineo central aragonés). Bases científicas para su gestión sostenible*. Tesis doctoral en la Universitat de Barcelona, Facultat de Biologia. 87pp.

- Benito Alonso, J.L. (2006). «Vegetación del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (Sobrarbe, Pirineo central aragonés). 421 pp. + mapa de vegetación actual 1:40.000». *Serie Investigación*, nº 50. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón. Gobierno de Aragón. Zaragoza. [Disponible en www.jolube.net]
- Caissie, D. (2006). «The thermal regime of rivers: A review». *Freshwater Biology*. Vol. 51: 1389–1406.
- Camargo, J.A. & Alonso, A. (2007). «Contaminación por nitrógeno inorgánico en los ecosistemas acuáticos: problemas medioambientales, criterios de calidad del agua e implicaciones del cambio climático». *Ecosistemas* 16(2):98-110
- Carpenter, S. R., Fisher, S. G., Grimm, N. B. & Kitchell, J. F. (1992). «Global change and freshwater ecosystems». *Annual Review of Ecology and Systematics* 23: 119-139.
- Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. 73pp. [Disponible en: <https://www.boe.es/doue/2000/327/L00001-00073.pdf>]
- Directiva 2008/105/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, relativa a las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas, por la que se modifican y derogan ulteriormente las Directivas 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE y 86/280/CEE del Consejo, y por la que se modifica la Directiva 2000/60/CE. 27pp. [Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:02008L0105-20130913&from=ES>]
- Directiva 2013/39/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de agosto de 2013, por la que se modifican las Directivas 2000/60/CE y 2008/105/CE en cuanto a las sustancias prioritarias en el ámbito de la política de aguas. 17pp. [Disponible en: <https://www.boe.es/doue/2013/226/L00001-00017.pdf>]
- Figura, S., Livingstone, D. M., & Kipfer, R. (2013). «Competing controls on groundwater oxygen concentrations revealed in multidecadal time series from riverbank filtration sites». *Water Resources Research*, 49, 7411–7426. [Disponible en: <https://doi.org/10.1002/2013WR013750>]
- Guareschi, S., Gutiérrez-Cánovas, C., Picazo, F., Sánchez-Fernández, D., Abellán, P., Velasco, J. & Millán, A. 2012. «Aquatic macroinvertebrate biodiversity: patterns and surrogates in mountainous Spanish national parks». *Aquatic Conservation: Marine And Freshwater Ecosystems*, 22: 598–615. <http://dx.doi.org/10.1002/aqc.2256>

- Jaume, D., Conradi, M. & López-González, P. (2004). *Curso práctico de entomología. Capítulo 18: Copépodos*. Barcelona. ISBN: 84-490-2383-1. 953pp: 303-331
- Jeffrey, S. W. & Humphrey, G. F. (1975). «New spectrophotometric equations for determining chlorophyll a, b, c1 and c2 in higher plants, algae and natural phytoplankton». *Biochem. Physiol. Pflanz.* 167: 191-194.
- Mackereth, F.J.H., Heron, J. & Talling, J.F. (1978). *Water Analysis: some revised methods for limnologists*. Freshwater Biological Association. Scientific publication No. 36.
- MAGRAMA- Ministerio de Agricultura y Medio Ambiente. (2013). *Organismos invertebrados bentónicos en ríos. Protocolo de muestreo y laboratorio de fauna bentónica de invertebrados en ríos vadeables*. ML-Rv-I-2013
- MAGRAMA-Ministerio de Agricultura y Medio Ambiente. (2014 a). *Ordesa y Monte Perdido: Historia* [Disponible en <http://www.mapama.gob.es/es/red-parques-nacionales/nuestros-parques/ordesa/historia/default.aspx>]
- MAGRAMA-Ministerio de Agricultura y Medio Ambiente. (2014 b). *Ordesa y Monte Perdido: Ficha técnica* [Disponible en <http://www.mapama.gob.es/es/red-parques-nacionales/nuestros-parques/ordesa/ficha-tecnica/default.aspx>]
- MAGRAMA-Ministerio de Agricultura y Medio Ambiente. (2014 c). *Ordesa y Monte Perdido: Valores naturales* [Disponible en <http://www.mapama.gob.es/es/red-parques-nacionales/nuestros-parques/ordesa/valores-naturales/hidrologia.aspx>]
- Manfrin, A., Larsen, S., Scalici, M.M Wuertz, S. & Monaghan, M. T. (2018). *Stress response of Chironomus riparius to changes in water temperature and oxygen concentration in a lowland stream*. *Ecol. Indic.* 95, 720–725.
- Millán, A., Abellán, P., Sánchez, D., Picazo, F., Velasco, J., Lobo, J.M. & Ribera, I.G. (2013) *Efectividad de la red de Parques Nacionales peninsulares en la conservación de la biodiversidad acuática. Proyectos de investigación en Parques Nacionales 2008-2011*. [Disponible en: <http://docplayer.es/71239206-Efectividad-de-la-red-de-parques-nacionales-peninsulares-en-la-conservacion-de-la-biodiversidad-acuatica.html>]
- Lambán, L. J., Jódar, J. & Custodio, E. (2019). «Investigaciones hidrogeológicas en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (Huesca, España)». *Boletín Geológico y Minero*, 130 (4): 615-640. ISSN: 0366-0176. DOI: 10.21701/bolgeomin.130.4.003
- Lencioni, V. (2004). «Survival strategies of freshwater insects in cold environments». *Journal of Limnology*, 63 (Suppl. 1): 45-55. <http://dx.doi.org/10.4081/jlimnol.2004.s1.45>

- Montes, C. (1995). *La explotación y la gestión de las aguas subterráneas y la conservación de los humedales españoles: una perspectiva ecológica. Las aguas subterráneas en la Ley de Aguas Española: Un decenio de Experiencias*. Univ. Murcia. Pgs. 305-327.
- Moreno, J. M. (2005). *Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático*. Proyecto ECCE. Para el Ministerio de Medio Ambiente.
- Plan Rector de Uso y Gestión (PRUG) del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido y su zona periférica de protección (2015). 94pp. [Disponible en: http://www.mapa-ma.gob.es/es/red-parques-nacionales/nuestros-parques/ordesa/prug-ordesa_tcm30-65577.pdf]
- Prat, N., Fortuño, P. & Rieradevall, M. (2009) *Manual d'utilització de l'Índex d'Hàbitat Fluvial (IHF)*. Grup de recerca F.E.M. (Freshwater Ecology and Management). Universitat de Barcelona. 28pp.
- Roca, J.R. (2000). *Estudio de impacto ambiental de la adecuación del Refugio de Góriz*.
- Romaní, A.M. (2001). *Biofilms fluvials. Metabolisme heterotròfic i autotròfic en rius mediterranis*. Barcelona. Institut d'estudis Catalans, arxius de les seccions de ciències, CXXIX, Secció de Ciències Biològiques. ISBN: 84-7283-599-5. 248pp: 20-21.
- Rosenberg, D.M. & Resh, V.H. (1993). *Introduction to freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. Chapman & Hall, New York, 1-9.
- Sabater, S., & Elosegí, A. (2009). «Conceptos y técnicas en ecología fluvial». *Boletín de la Real Sociedad Geográfica*, ISSN 0210-8577, N°. 145, 2009, págs. 374-375.
- Sardiñas, O. & Pérez, A. (2004). «Determinación de nitrógeno amoniacal y total en aguas de consumo y residuales por el método del fenato». *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, ISSN 1561-3003 [online] vol.42, N° 2 [Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032004000200002&lng=es&nr=iso]. ISSN 1561-3003]
- Streble, H., & Dieter, K. (1987). *Atlas de los Microorganismos de Agua Dulce. La vida en una gota de agua*. Barcelona. Ediciones Omega, S.A. ISBN: 978-84-282-0800-0.
- Tachet, H., Richoux, P., Bournaud, M. & Usseglio-Polatera, P. (2010). *Invertébrés d'Eau Douce. Systematique, Biologie, Ecologie*. CNRS Editions, Paris. ISBN-13: 9782271069450. 587pp.
- Tierno, J.M. & Sánchez, A. (1996). *Catálogo de los plecópteros de Aragón. Catalogus de la entomofauna aragonesa* 11: 3-8. ISSN: 1134-6108. [Disponible en: <http://sea-entomologia.org/PDF/CATALOGUS/catalogus11.pdf>]

- Toro, M., Robles, S., Tejero, I., Cristóbal, E., Velasco, S., Sánchez, J.R. & Pujante, A., (2009). «Grupo 32. Tipo Ecológico N° 27. Ríos de alta montaña». En: VVAA., *Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. 14 p.
- Torralba, A. & Ocharan, F. (2002). «Valoración preliminar del estado ecológico de los ríos del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (Huesca) según sus comunidades de macroinvertebrados bentónicos. Sobrarbe», *Revista del Centro de Estudios de Sobrarbe*, nº 8.2002, 129-164.
- Torralba, A. & Ocharan, F (2005). *Catálogo de los odonatos de Aragón (Odonata)*. *Catálogo de la entomofauna aragonesa* 32: 3-25. ISSN: 1134-6108. [Disponible en: <http://sea-entomologia.org/Publicaciones/Catalogos/catalogus32.pdf>]



4. Programa de seguimiento de lepidópteros en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido

Fernando Jubete Taxo

C/Vega, 7. 34337 Fuentes de Nava (Palencia)

fjubete@avespalencia.org

Resumen: Desde el año 2010 se vienen llevando a cabo trabajos de seguimiento de las poblaciones de mariposas diurnas en el parque nacional de Ordesa y Monte Perdido. En el año 2011 se comenzaron a realizar censos con banda siguiendo la metodología *Butterfly Monitoring Scheme* (BMS). Actualmente se han establecido seis transectos, con una metodología de muestreo que contempla cuatro visitas anuales, una por mes durante el periodo de mayo a agosto.

El número de visitas estandarizadas llevadas a cabo desde 2011 ha sido de 130, contabilizándose 13.592 individuos pertenecientes a 135 especies, lo que representa el 83,3% de las especies conocidas en el parque.

La media anual de ejemplares contabilizados fue de 1.359,2, mientras que la media anual de especies detectadas en los transectos estandarizados fue de 64,2.

Los recorridos de Revilla y Soaso mantienen los mayores valores de densidad media con 187,3 y 109,1 ind./ha respectivamente.

Introducción

Los programas de seguimiento son una herramienta imprescindible para la correcta gestión de un espacio natural (Kremen *et al.*, 1994; Vora, 1997). En el caso de la fauna y flora, aportan los datos e información básica sobre las especies y el medio en el que habitan, permitiendo conocer parámetros como su fenología, tamaño poblacional o la evolución y tendencia de las poblaciones.

Las mariposas diurnas son uno de los grupos que han sido empleados como indicadores de los cambios en los ecosistemas debido en buena parte a la facilidad y sencillez de los métodos de estudio que requieren (Pollard & Yates, 1993; van Swaay *et al.*, 2008; Hernández Hernández *et al.*, 2020). La superfamilia Papilionoidea cuenta en España con 250 especies (Monasterio-León *et al.*, 2017), un número razonable que facilita su estudio.

Además, las mariposas diurnas son especies ampliamente distribuidas por la práctica totalidad de hábitats europeos (Kudrna *et al.*, 2011; García-Barros *et al.*, 2004) lo que resulta de gran ayuda a la hora de establecer programas de muestreo

Las mariposas son buenas especies bioindicadoras que reaccionan rápidamente a los cambios ambientales y a las alteraciones climáticas (Thomas, 2005; Dennis, 1993; Settele *et al.*, 2008). Sus poblaciones responden también de forma rápida ante alteraciones en la composición y estructura de la vegetación (van Swaay *et al.*, 2010). Muchas especies muestran además una limitada capacidad dispersiva (Stevens *et al.*, 2010), lo que implica que reflejen de manera inmediata los cambios sufridos en el ecosistema. Por último, son especies con ciclos vitales cortos, que permiten registrar en periodos de tiempo muy reducidos los cambios sufridos en sus poblaciones (Curtis *et al.*, 2015; Robin *et al.*, 2015).

Por estos motivos, la comunidad de mariposas diurnas ha sido elegido como uno de los grupos faunísticos que conforman el programa de seguimiento de especies diseñado en el parque nacional de Ordesa y Monte Perdido. Estos trabajos comenzaron en el año 2010, correspondiendo la coordinación y contratación de estos a la empresa SARGA.

Material y método

Área de estudio

El área de estudio se circunscribe al Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido, enclavado en los Pirineos centrales. Se trata de un espacio protegido con una superficie de 15.696,2 hectáreas, que incluyen un área periférica de protección de 19.196,36 hectáreas.

El parque representa los ecosistemas propios de montaña, con un desnivel que se encuentra entre los 730-3.355 m s.n.m. El 18% de la superficie del parque está ocupado por áreas forestales, principalmente hayedos (*Fagus sylvaticus*), pinares (*Pinus* sp.) y abetales (*Abies alba*) en las partes altas, mientras que en las zonas más bajas se encuentran bosques mediterráneos de encinas (*Quercus ilex*) y quejigos (*Quercus faginea*), con un denso sotobosque con especies como el boj (*Buxus sempervirens*) o la coscoja (*Quercus coccifera*). Uno de los elementos paisajísticos más destacado del parque es la presencia de cañones fluviales producidos por el glaciario de épocas pasadas, estos accidentes en la orografía acogen interesantes formaciones ripícolas en el fondo de estos y crean también unas condiciones microclimáticas que diversifican de forma notable las comunidades vegetales y animales que allí se asientan.

Los pisos alpino y subalpino del parque ocupan una parte importante de la superficie del parque, estando compuestos por bosques de pino negro (*Pinus uncinata*) en las partes más bajas y pastizales y extensas zonas de canchales y zonas de suelo desnudo en las laderas con mayor pendiente o más expuestas a los fenómenos erosivos.

Metodología de trabajo

La metodología de trabajo empleada para el recuento de mariposas diurnas se basa en el protocolo de trabajo descrito por Pollard (1977) y que se denomina *Butterfly Monitoring Scheme* (BMS). Este método de trabajo se basa en el conteo de mariposas diurnas a lo largo de un itinerario con una longitud predeterminada. En este transecto se contabilizan todas las mariposas en una banda de 2,5 metros de anchura en cada uno de los lados de la línea de progresión y en los cinco metros por delante y encima de la posición del observador.

Los resultados obtenidos con esta metodología de trabajo no solamente contabilizan el número de ejemplares a lo largo del transecto, también permiten obtener densidades absolutas al conocerse la extensión de la superficie muestreada. Al tratarse de recorridos fijos donde se realiza un programa de seguimiento con una metodología estandarizada, su repetición en el tiempo permite la comparación de resultados para conocer la composición y abundancia de la comunidad de lepidópteros, ver la evolución de los resultados interanuales o comparar los datos obtenidos con los de otras estaciones que utilicen la misma metodología de trabajo.

El orden y la clasificación taxonómica de las especies se ha realizado siguiendo el listado propuesto por Wiemers *et al.* (2018).

En el parque nacional de Ordesa y Monte Perdido el programa de seguimiento de mariposas comenzó en 2010 (Murría *et al.*, 2010), en 2011 se llevan a cabo los primeros censos con metodología BMS (Murría *et al.*, 2011), en 2015 se definen seis estaciones de muestreo donde comienzan a llevarse a cabo los censos (Murría *et al.*, 2015) y, finalmente, a partir de 2018 se estandariza el periodo y las jornadas de muestreo en los seis recorridos (Jubete *et al.*, 2018), definiéndose una periodicidad de cuatro visitas anuales durante el periodo mayo-agosto, realizándose una visita por mes y recorrido.

Los seis recorridos del parque nacional de Ordesa y Monte Perdido donde se llevan a cabo los transectos son los siguientes: Añisclo, Pineta, Revilla, Cutas, Lañas y Soaso (figura 1 y tabla 1). La distancia total de los seis recorridos es de 14,3 kilómetros y la superficie muestreada es de 7,9 hectáreas.

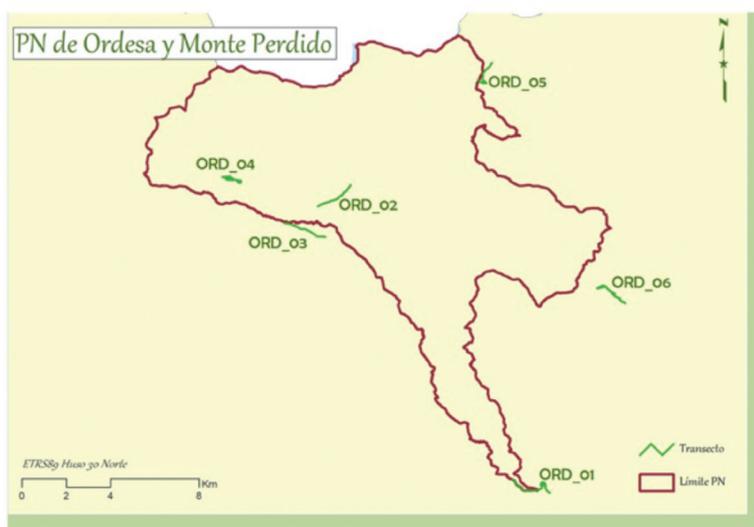


Figura 1. Localización de los recorridos del programa BMS en el PN de Ordesa: Añisclo (ORD_01), Soaso (ORD_02), Cutas (ORD_03), Lañas (ORD_04), Pineta (ORD_05) y Revilla (ORD_06).

Tabla 1. Datos técnicos y descripción de los recorridos

Recorrido	Longitud m	Altitud m	Hábitats principales
Añisclo	2577	660-719	Bosque de ladera. Hayedo. Encinar. Vegetación de ribera con <i>Salix elaeagnos</i>
Revilla	2229	1100-1266	Brezales oromediterráneos con aliaga
Lañas	2016	1315-1329	Hayedo. Prados y matorral sobre sustrato calizo. Vegetación de ribera con <i>Salix elaeagnos</i> .
Soaso	1866	1675-1741	Brezales oromediterráneos con aliaga. Prados y matorral sobre sustrato calizo.
Pineta	1970	1485-1610	Hayedo. Prados y matorral sobre sustrato calizo. Vegetación de ribera con <i>Salix elaeagnos</i> .
Cutas	3645	2083-2167	Desprendimientos mediterráneos occidentales y termófilos. Prados alpinos y subalpinos calcáreos

Resultados

Desde que comenzaron los trabajos de seguimiento en el año 2011 se han llevado a cabo un total de 130 jornadas con censos estandarizados siguiendo la metodología BMS. Hasta el año 2018 el esfuerzo de muestreo no ha sido homogéneo ni entre los recorridos

ni entre los diferentes años de estudio. El mayor número de visitas se ha producido en los recorridos de Soaso y Cutas (25), seguido por el de Añisclo (24).

El número total de mariposas contabilizadas durante el periodo de estudio ha sido de 13.592 individuos pertenecientes a 135 especies, lo que representa el 83,3% de las especies conocidas en el parque.

La media anual de ejemplares contabilizados fue de 1.359,2, siendo 2016 el año con un mayor de ejemplares contabilizados.

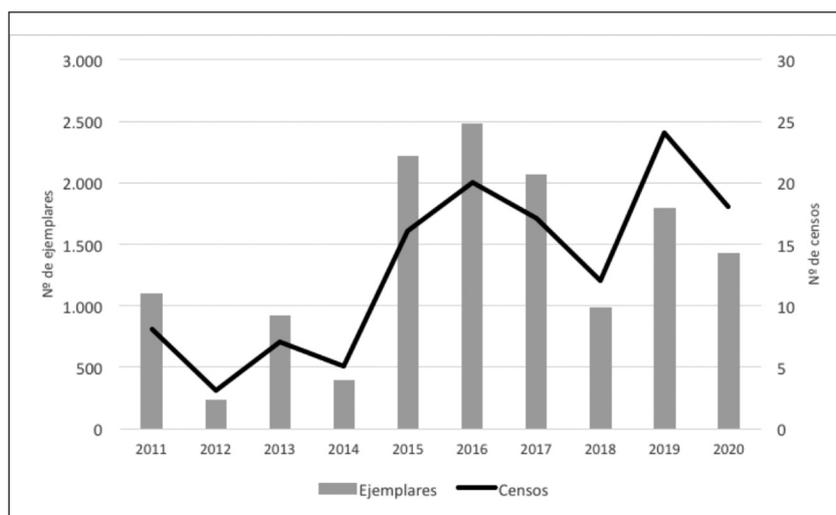


Figura 2. Número de ejemplares de mariposas diurnas contabilizadas por años y número de censos estandarizados

La media anual de especies detectadas en los transectos estandarizados ha sido de 64,2, siendo también 2016 el año con el mayor número, 96 en total.

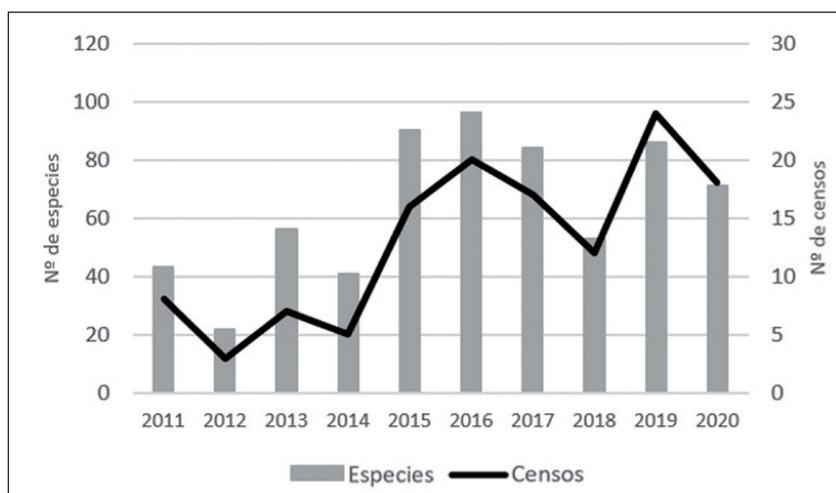


Figura 3. Número de especies detectadas anualmente y número de censos estandarizados

Un análisis de resultados por recorridos muestra a Revilla, Cutas y Soaso, en ese orden, como los que obtuvieron el mayor número de ejemplares contabilizados. Si se compara la densidad media obtenida entre los censos de cada estación, el orden varía, siendo el recorrido de Revilla con 187,3 ind./ha el que mantiene las densidades más elevadas, seguido por Soaso con 109,1 ind./ha y Pineta con 73,6 ind./ha.

Tabla 2. Resumen de resultados por recorridos (periodo 2011/20)

	Añisclo	Pineta	Revilla	Cutas	Lañas	Soaso
Nº individuos	1267	1670	4076	3202	903	2474
Nº especies	77	61	84	48	68	76
Nº censos	24	18	22	25	16	25
Densidad media	31,5	73,6	187,3	71,0	44,0	109,1

La tabla 3 muestra las diez especies más abundantes durante el periodo de estudio. *Erebia arvernensis* ha sido la mariposa más abundante, esta especie vive en pastizales de los pisos alpino y subalpino, volando los imagos durante los meses de julio a septiembre, cuando en ocasiones se alcanzan densidades superiores a los 200 ind./ha en los hábitats más favorables.

La segunda y cuarta especies en abundancia son *Pyronia tithonus* y *Coenonympha arcania*, dos ninfálidos que viven en zonas arbustivas de porte bajo.

La tercera mariposa más abundante es *Lysandra coridon*, un licénido distribuido en el tercio norte peninsular y el sistema ibérico que vuela en áreas abiertas durante los meses de julio a septiembre.

Tabla 3. Especies con mayor número de ejemplares contabilizados

Nº	Especie	N.º ejemplares
1	<i>Erebia arvernensis</i>	1309
2	<i>Pyronia tithonus</i>	1146
3	<i>Lysandra coridon</i>	1061
4	<i>Coenonympha arcania</i>	940
5	<i>Pieris brassicae</i>	769
6	<i>Pieris rapae</i>	619
7	<i>Erebia meolans</i>	596
8	<i>Melanargia galathea</i>	516
9	<i>Lasiommata megera</i>	506
10	<i>Glaucopsyche melanops</i>	377

Aunque se dispone de una serie temporal de censos de diez años, el esfuerzo de muestreo llevado a cabo no ha sido homogéneo durante todas las temporadas, lo que dificulta la comparación anual de los resultados. No obstante, el volumen de datos tiene ya la suficiente entidad como para comenzar a ser analizado con un programa estadístico que permite obtener unos primeros resultados sobre la tendencia de la comunidad de mariposas en el parque nacional de Ordesa, su evolución en los diferentes hábitats presentes en el parque o la tendencia de las especies más abundantes.

Los recorridos llevados a cabo en el parque nacional de Ordesa y Monte Perdido están aportando información de especies de distribución escasa en la península ibérica como *Phengaris arion*, *Phengaris alcon* o *Hamearis lucina*, además de otras de distribución en zonas de alta montaña como *Erebia arvernensis*, *Erebia epiphron*, *Erebia meolans*, *Erebia lefebvrei* o *Agriades glandon*.

Conclusiones

La puesta en marcha de un programa de seguimiento de mariposas diurnas en el parque nacional de Ordesa y Monte Perdido se considera como una herramienta válida, sencilla de aplicar y que permite obtener información de gran interés para la gestión del espacio como:

- i. Obtener a medio y largo plazo índices de abundancia de las especies que permitirán conocer cual es la tendencia de las diferentes comunidades de mariposas que viven en el parque (zonas alpinas, forestales, áreas de matorral, etcétera).
- ii. Caracterizar la población de ropalóceros, que puede sufrir la pérdida de especies o la incorporación de otras nuevas, bien sean especies migratorias o que estén ampliando su área de distribución.
- iii. Obtener información complementaria sobre aspectos relacionados con la biología de las mariposas diurnas como su densidad, hábitats ocupados o fenología de vuelo.
- iv. Conocer o intuir algunas de las amenazas que pueden estar sufriendo estas poblaciones.

Referencias bibliográficas

- Dennis, R.L.H. 1993. *Butterflies & climate change*. Manchester University Press, Manchester
- García-Barros, E., Munguira, M., Martín Cano, J., Romo Benito, H., García-Pereira, P. & Maravalhas, E.S. 2004. Atlas de las mariposas diurnas de la Península Ibérica e islas Baleares (Lepidoptera: Papilionoidea & Hesperioidea). Monografías S.E.A., vol. 11.
- Hernández Hernández, M., García-Barros, E., Munguira, M.L. y Cabello de Alba, A. 2020. Estimación de la completitud en censos de mariposas diurnas con datos de seguimiento de BMS España (Lepidoptera, Papilionoidea). *Boln. Asoc. esp. Ent.*, 44 (3-4): 451-470.
- Jubete, F., Antor, R. y Villagrasa, E. 2018. Seguimiento de lepidópteros en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido. Año 2018. SARGA - Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido, Gobierno de Aragón. Informe inédito.
- Kremen, C., Merenlender, A.M. & Murphy, D.D. 1994. Ecological monitoring: a vital need for integrated conservation and development programs in the tropics. *Conservation Biology*, 8: 388–397
- Kudrna, O., Harpke, A., Lux, K., Pennerstorfer, J., Schweiger, O., Settele, J., Wiemers, M. 2011. *Distribution atlas of butterflies in Europe*. Gesellschaft für Schmetterlingsschutz e.V., Halle, 576 pp.
- Monasterio-León, Y. (coord.), García-Carrillo, A., Vila-Ujaldón, R., Vicente-Arranz, J.C., Escobés-Jiménez, R., García-Alama, J.A., Moreno-Iriondo, O., Hernández-Roldán, J., Parra-Arjona, B., Murria-Beltrán, E., Antón-Lázaro, J., Baquero-Herce, A., Olivares-Villegas, J., Barea-Azcón, J.M., Pérez-Fernández, R., Jubani-Fontanillas, J., Gutiérrez-García, D., Montagud-Alario, S., López-Ildefonso, M., Fernández Bisson, P.M. & Delgado-Bello, J.A. 2017. Propuesta Actualizada de nombres comunes en castellano de las mariposas de la Península Ibérica, Baleares y Canarias (Lepidoptera: Papilionoidea). *Bol. SEA*, nº 60: 463-483.
- Murria, E., Antor, R. & Villagrasa, E. 2010. Seguimiento de las poblaciones de lepidópteros en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido. SODEMASA - Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido, Gobierno de Aragón. Informe inédito.

- Murria, E., Antor, R. & Villagrasa, E. 2011. Seguimiento de las poblaciones de lepidópteros en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido. SODEMASA - Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido, Gobierno de Aragón. Informe inédito.
- Murria, E., Antor, R. & Villagrasa, E. 2015. Seguimiento de lepidópteros en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido. SARGA - Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido, Gobierno de Aragón. Informe inédito.
- Murría-Beltrán, E. 2020. Adiciones a los Papilionoidea del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (Huesca), y de otros espacios naturales protegidos y áreas de la mitad norte de Aragón (Noreste de España) (Lepidoptera). Monografías Tercer Milenio, vol. 10: 195-216. Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A.)
- Pollard, E. 1977. A method for assessing changes in the abundance of butterflies. *Biological Conservation*, 12: 115-134.
- Pollard, E. & Yates, T.Y. 1993. *Monitoring Butterflies for Ecology and Conservation*. Chapman & Hall. 277 pp.
- Robin, J.C., Brereton, T.M., Dennis, R.L.H., Carbone, C. & Isaac, N.J.B. 2015. Butterfly abundance is determined by food availability and is mediated by species traits. *Journal of Applied Ecology*, 52: 1676-1684.
- Settele, J., Kudrna, O., Harpke, A., Kühn, I., Van Swaay, C., Verovnik, R., Warren, M., Wiemers, M., Hanspach, J., Hickler, T., Kühn, E., Van Halder, I., Veling, K., Vliegthart, A., Wynhoff, I. & Schweiger, O. 2008. Climatic Risk Atlas of European Butterflies. Pensoft, Sofia, Moscow. *BioRisk 1* (Special Issue): 1–710. <https://doi.org/10.3897/biorisk.1>.
- Stevens, V.M., Turlure, C. & Baguette, M. 2010. A meta-analysis of dispersal in butterflies. *Biol. Rev.* doi: 10.1111/j.1469-185X.2009.00119.x
- Thomas, J.A. 2005. Monitoring change in the abundance and distribution of insects using butterflies and other indicator groups. *Phil Trans R Soc Lond B* 360:339–357
- Van Swaay, C.A.M., Nowicki, P., Settele, J. & van Strien, A.J. 2008. Butterfly monitoring in Europe: methods, applications and perspectives. *Biodivers Conserv*, 17: 3455–3469. DOI 10.1007/s10531-008-9491-4.
- Van Swaay, C.A.M., Cuttelod, A., Collins, S., Maes, D., López-Munguira, M., Šaši, M., Settele, J., Verovnik, R., Verstrael, T., Warren, M., Wiemers, M. & Wynhof, I. 2010. European red list of butterflies. IUCN and butterfly conservation Europe. Publications Office of the European Union, Luxembourg.

- Vora, R.S. 1997. Developing programs to monitor ecosystem health and effectiveness of management practices on Lakes States National Forests, USA. *Biological Conservation* 80: 289–302
- Wiemers, M., Balletto, E., Dinca, V., Faltynek Fric, Z., Lamas, G., Lukhtanov, V., Munguira, M.L., van Swaay, C.A.M., Vila, R., Vliegthart, A., Wahlberg, N. & Verovnik, R. 2018. An updated checklist of the European Butterflies (Lepidoptera, Papilionoidea). *ZooKeys* 811: 9-45.

5. ¿Por qué es fundamental un seguimiento de los individuos que conforman las poblaciones para conservar especies? El caso del topillo nival en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido



Jesús Martínez-Padilla¹,
J. Millán², C. Camacho¹ y J.T. García³

¹ ARAID. Instituto Pirenaico de Ecología. Departamento de Conservación de la Biodiversidad y Restauración de Ecosistemas. Avda. N.ª Sra. de la Victoria 16. 22700 Jaca (Huesca)

² ARAID. Instituto Universitario de Investigación Mixto IA2 - Instituto Agroalimentario de Aragón. Calle Miguel Servet, 177. 50013 Zaragoza (España)

³ Instituto de Investigación en Recursos Cinegéticos (CSIC – UCLM – JCCM). Avda. Ronda de Toledo, 12. 13071 Ciudad Real

Introducción

El cambio climático y de usos del suelo son las mayores amenazas para la pérdida de biodiversidad, especialmente en los hábitats de alta montaña, más susceptibles y menos resilientes. La monitorización de especies que nos puedan indicar estos cambios es fundamental para prevenir y mejorar los efectos de las alteraciones del hábitat, ya sea por cambios climáticos o de usos del suelo. Los seguimientos poblacionales son necesarios para cuantificar las fluctuaciones de abundancia que pueden existir, así como los factores que las pueden determinar. Las variaciones en abundancia de roedores es un hecho bien conocido en el que se han determinado múltiples causas de origen biótico o abiótico. Esta caracterización individual permite hacer predicciones más precisas de potenciales amenazas para las poblaciones y, por tanto, mejorar las medidas que eventualmente se tendrían que ejecutar para la conservación y gestión de la especie objeto. Sin embargo, dependiendo del tipo de seguimiento poblacional, estas fluctuaciones de abundancia no tienen que ser necesariamente un reflejo de lo que ocurre a nivel individual. Para ello, es fundamental la cuantificación de la calidad o condición física, la composición de edad y sexo y el origen de los individuos que la conforman.

Haciendo uso de los datos ya recopilados en los últimos 10 años y en esta temporada de campo, se describe el patrón de variación temporal y altitudinal de las abundancias poblacionales e individuales del topillo nival (*Chionomys nivalis*) en el PNOMP. Especí-

ficamente, se pretende (1) hacer una caracterización espacial y altitudinal de la dinámica poblacional de la especie; (2) cuantificar las variaciones espaciales y altitudinales de variables morfológicas (3) mejorar el conocimiento de la estructura genética de la especie y (4) evaluar el estado de salud de las poblaciones.

Para este trabajo, se usó el topillo nival como modelo de estudio para abordar los 4 objetivos anteriormente descritos. Las razones por las que se eligió esta especie son porque tiene una distribución parchada a múltiples escalas y con una enorme plasticidad de nicho altitudinal desde los 0 m hasta los 4700 m, aunque la especie se encuentra en el PNOMP desde aproximadamente los 1400 m. La presencia de la especie está ligada a la presencia de pedreras con zonas de pasto verde aledañas. Además, tiene una alta detectabilidad, de tal modo que la probabilidad de captura está altamente asociada a su presencia. En estos ambientes pedregosos de montaña es relativamente frecuente y, por tanto, no tiene un estatus de protección especial. El hecho de que sea una especie relativamente abundante en ambientes extremos de alta montaña, hace que la especie sea un modelo de estudio ideal para detectar posibles cambios ambientales tanto en su dinámica poblacional como en las características morfológicas de los individuos que la conforman.

Métodos

Este trabajo es el resultado de la conjunción de un seguimiento realizado a largo plazo desde 2011 a 2020 en 26 localidades donde habita el topillo nival en el PNOMP distribuidas en un gradiente altitudinal desde los 1400 m hasta los 2400 m (Figura 1), siempre durante el mes de septiembre. El seguimiento durante 2011 a 2019 fue llevado a cabo íntegramente por el equipo de seguimiento de fauna de SARGA. Durante todos estos años, se colocaron un total de 20 trampas Sherman que se revisaron al día siguiente y recogieron en el caso de aparecer la especie (Fotografía 1). Si no apareció, se recogieron al día siguiente independientemente de la aparición o no de individuos. Este método se ha calificado como fiable para detectar la presencia de la especie en las áreas seleccionadas (método 1). Para cada individuo capturado, se estimó el peso con una pesola (con precisión de 1 g. Fotografía 2), el tamaño (distancia meato-ano con una precisión del 0.1mm) y se estimó el sexo y edad. Para el desarrollo de los objetivos 3 y 4, se dispusieron 20 trampas Sherman por área, pero se revisaron 5 veces, al amanecer y al atardecer empezando en el día siguiente a la colocación de las mismas (método 2). En cada captura, además de las medidas descritas anteriormente, se obtuvo una única muestra de sangre para evaluar la carga patogénica y se exploraron ectoparásitos. Finalmente, se identificaron individualmente los ejemplares capturados con una combinación única de cortes en el pelaje.

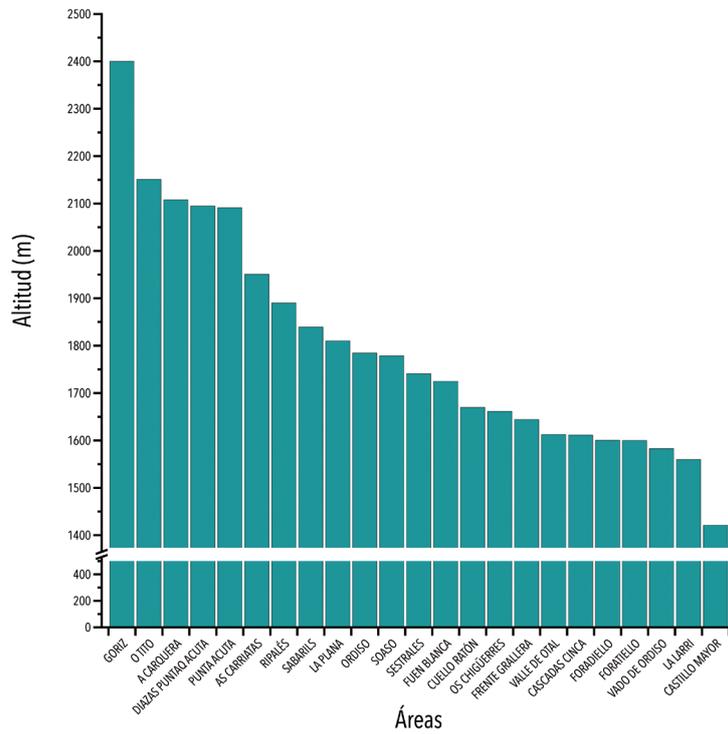


Figura 1. Distribución altitudinal de las zonas muestreadas de topillo nival en el PNOMP.



Fotografía 1



Fotografía 2

Resultados y discusión

Se describen los resultados en función de los objetivos anteriormente descritos:

1. Dinámica poblacional de la especie.

De las 26 localidades muestreadas se capturaron un total de 302 individuos diferentes (Figura 2). Asumiendo que la tasa de captura puede ser un indicador de la abundancia poblacional, se realizaron análisis estadísticos para poder determinar cómo la tasa de captura varió con el tiempo o la altitud. No se observaron asociaciones estadísticamente significativas temporales o altitudinales en las tasas de captura, ni una forma lineal ni cuadrática.

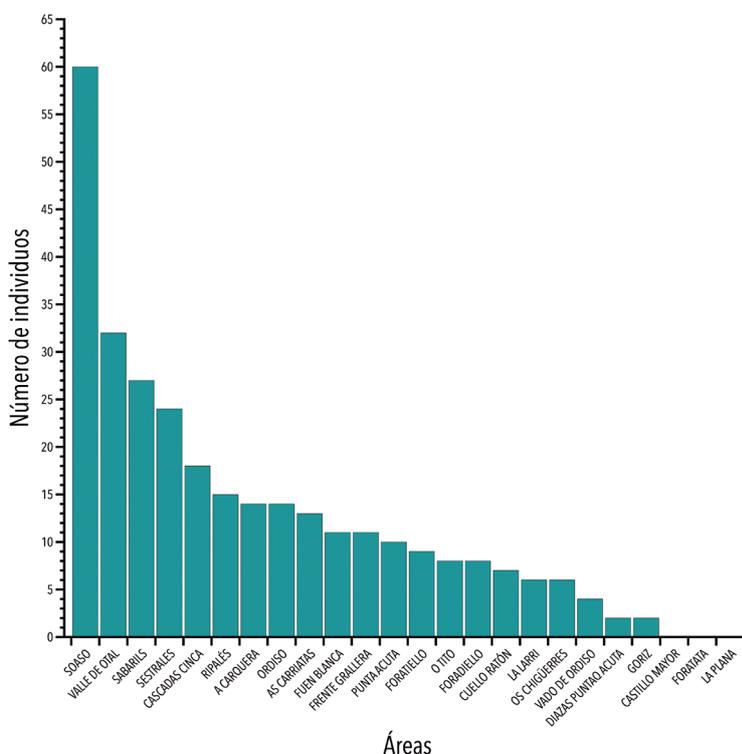


Figura 2. Distribución de individuos capturados por área de muestreo durante el período 2011-2020 en el PNOMP.

El método 1 de captura no permite la cuantificación de la abundancia poblacional, por lo que se realizaron capturas en 2020 siguiendo un método de captura-recaptura individualizado (método 2) que lo pudiera permitir. Sin embargo, el bajo número de recapturas no permitió evaluar el tamaño poblacional en cada zona de captura. El método de captura no lo permite. En los próximos años se podrá evaluar este método eligiendo más zonas con mayores tasas de captura para poder implementarlo.

2. Variaciones espaciales y altitudinales de variables morfológicas

A partir de las medidas de peso de 296 individuos y de tamaño de 259 individuos, no se obtuvieron tendencias ni temporales ni altitudinales (Figura 3). Estos análisis fueron corregidos por el efecto de la edad, donde los individuos jóvenes fueron menos pesados (joven: 31.21 ± 0.48 g; adulto: 44.13 ± 0.72 g) y más pequeños (joven: 5.55 ± 0.14 ; adulto: 10.65 ± 0.34). Sin embargo, considerando la condición física con el peso como variable dependiente corregido por el tamaño como covariable, así como la edad, se observó que a medida que ha transcurrido el tiempo, los individuos están en mejor condición física. Es decir, la pendiente de la relación entre el peso y el tamaño se ha incrementado con el paso del tiempo (Figura 4). Esta tendencia es contraria a otros patrones similares descritos en poblaciones de topillo nival de los alpes suizos (Bonnet *et al.* 2017), y que la explicación en las poblaciones de estudio de este trabajo está lejana con los datos actuales recogidos. Posibles explicaciones podrían centrarse en un flujo no aleatorio de inmigrantes, una mayor proporción de hembras preñadas en los últimos años, un mayor crecimiento de los juveniles en las fechas de captura o cambios en variables ambientales

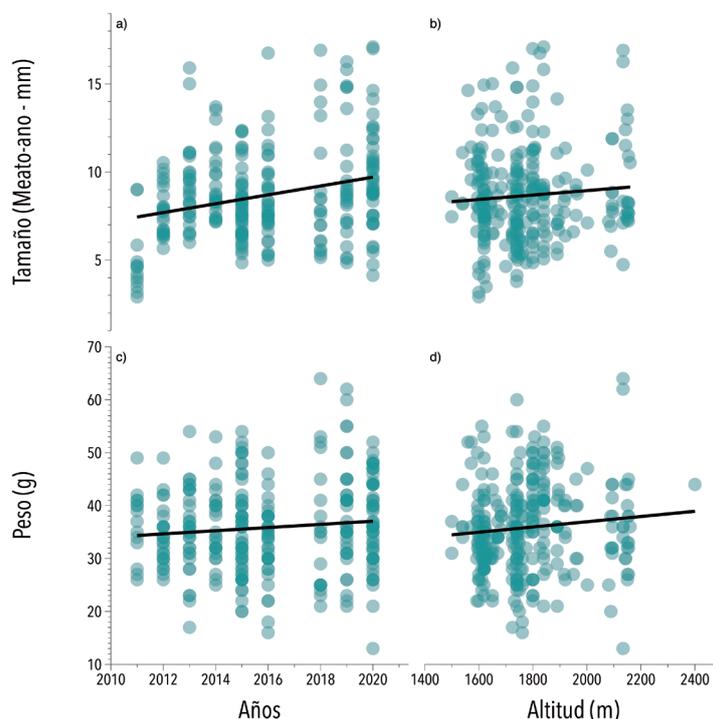


Figura 3. Relaciones no significativas entre el tamaño del topillo nival en relación a los años (a) o la altitud (b). Similarmente, se describe la relación no significativa entre el peso del topillo nival y el año (c) o la altitud (d).

3. Estructura genética de las poblaciones.

Se obtuvieron muestras de los 24 individuos capturados en 2020 en las áreas de Sabarils, A Cárquera, Ripalés y Góriz para su genotipado (caracterización genética). Las muestras se analizarán usando un número de marcadores de entre 10 y 12 establecidos para el topillo nival (Wandeler *et al.* 2008). Esperamos que las primeras pruebas realizadas nos permitan detectar suficiente variabilidad genética como para identificar inmigrantes (Piry *et al.* 2004), asignar paternidades (Hadfield *et al.* 2006) y una identificación individualizada (Marshall *et al.* 1998, Galpern *et al.* 2012). El objetivo de la caracterización genética se centraría en la estructura genética de las poblaciones de topillo nival a diferentes altitudes y a diferentes escalas (Pirineos y Europa), así como la influencia del flujo genético en la dinámica evolutiva de caracteres morfológicos.

4. Estado de salud de las poblaciones.

Obtuvimos muestras de prevalencias de ácaros (50%) y obtuvimos muestras de pulgas, garrapatas y ácaros para su identificación (Fotografía 3). Inicialmente, no parece que la presencia de ácaros esté asociada a diferencias de peso de topillo. El objetivo es investigar tanto la presencia de agentes patógenos transmitidos por las garrapatas y evaluar si la dispersión de esos agentes está asociado a la dispersión de los vectores de los topillos. Estos análisis están aún por realizar y desarrollar.



Fotografía 3



Fotografía 4

Conclusiones

A modo de resumen podemos concluir:

1. La dinámica poblacional no parece estar asociada a variaciones temporales o altitudinales.
2. La ausencia de tendencia temporal no refleja los cambios morfológicos (condición) a escala temporal o altitudinal.
3. Puede que exista un efecto modulador de la altitud en el peso de los topillos en función de la edad.
4. La condición física de los topillos ha mejorado a lo largo de los años.
5. La condición física de los topillos está asociada a la altitud y al tiempo. Específicamente, la asociación peso y tamaño es más estrecha y positiva a medida que pasa el tiempo y se desciende en altitud.
6. Pretendemos continuar con esta línea de investigación en el futuro ampliando la escala geográfica dentro del Pirineo y colaborando con otros investigadores en España y Europa.

Agradecimientos

Este trabajo no habría sido posible sin la colaboración en la captura desde 2011 por Fernando Carmena y Nacho, del equipo de seguimiento de fauna de SARGA en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido, no sin la ayuda en 2020 de Julia Cosín, Guillermo Coronas, Dani y Meme. Agradecemos enormemente el apoyo del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido para la realización y tramitación de los permisos para poder desarrollar este trabajo.

Referencias

Bonnet, T., Wandeler, P., Camenisch, G. & Postma, E. 2017. Bigger Is Fitter? Quantitative Genetic Decomposition of Selection Reveals an Adaptive Evolutionary Decline of Body Mass in a Wild Rodent Population. *PLoS Biol*, 15: e1002592.

- Galpern, P., Manseau, M., Hettinga, P., Smith, K. & Wilson, P. 2012. Allelematch: an R package for identifying unique multilocus genotypes where genotyping error and missing data may be present. *Molecular ecology resources*, 12: 771-778.
- Hadfield, J., Richardson, D. & Burke, T. 2006. Towards unbiased parentage assignment: combining genetic, behavioural and spatial data in a Bayesian framework. *Molecular Ecology*, 15: 3715-3730.
- Marshall, T. C., Slate, J., Kruuk, L. E. B. & Pemberton, J. M. 1998. Statistical confidence for likelihood-based paternity inference in natural populations. *Molecular Ecology*, 7: 639-655.
- Piry, S., Alapetite, A., Cornuet, J.-M., Paetkau, D., Baudouin, L. & Estoup, A. 2004. GENECLASS2: a software for genetic assignment and first-generation migrant detection. *Journal of heredity*, 95: 536-539.
- Wandeler, P., Ravaioli, S. & Bucher, T. 2008. Microsatellite DNA markers for the snow vole (*Chionomys nivalis*). *Molecular ecology resources*, 8: 637-639.

6. Diferente susceptibilidad de *Rana pyrenaica* a dos enfermedades emergentes de anfibio



Jaime Bosch Pérez^{1,2}

Barbora Thumsová²

Roser Velarde³

Albert Martínez-Silvestre⁴

¹Research Unit of Biodiversity (CSIC, UO, PA),
Universidad de Oviedo
33600 Mieres, Asturias

²Museo Nacional de Ciencias Naturales-CSIC.
28006 Madrid

³Wildlife Ecology & Health group (WEH) and
Servei d'Ecopatologia de Fauna Salvatge
(SEFaS), Departament de Medicina i Cirurgia
Animals, Universitat Autònoma de Barcelona.
08193 Bellaterra, Barcelona

⁴CRARC (Centro de Recuperación
de Anfibios y Reptiles de Cataluña).
08783 Masquefa (Barcelona)

Introducción

Los anfibios son los vertebrados más amenazados, con más de 40% de sus especies incluidas en alguna categoría de amenaza de la IUCN. Aunque la pérdida y destrucción de sus hábitats sigue siendo su principal amenaza a nivel global, las enfermedades emergentes se han convertido en la amenaza más preocupante.

Los hongos del género *Batrachochytrium* y los virus del género *Ranavirus* son patógenos emergentes que ya infectan a centenares de especies de anfibios, y han provocado mortalidades masivas, declives poblacionales y extinciones de poblaciones y especies en todo el mundo.

Los espacios protegidos no están a salvo de las enfermedades emergentes y, de hecho, dado que son un foco de atracción turística y reciben multitud de visitantes de zonas alejadas de todo el mundo, frecuentemente son las zonas de entrada de patógenos introducidos. En España, dos parques nacionales han sufrido la acción del hongo quitridio *B. dendrobatidis* (*Bd*) y de *Ranavirus* (*Rv*) en las últimas dos décadas, provocando declives poblacionales muy serios y extinciones locales. El Parque Nacional Sierra de Guadarrama sufrió un brote de quitridiomycosis en el año 1997 cuyos efectos son aún hoy patentes 20 años más tarde (Bosch et al. 2018). Por otro lado, en el Parque Nacional de Picos de Europa detectamos en 2005 un brote de ranaviriosis que provocó descensos bruscos de un alto número de poblaciones de anfibios (Price et al. 2014) que aún no se ha recuperado (Bosch et al., en preparación).

En el año 2020, y en el marco del proyecto de investigación *Efectos demográficos y remediación de enfermedades infecciosas de anfibios en parques nacionales de montaña* financiado por el Organismo Autónomo Parques Nacionales, iniciamos un estudio de la incidencia actual de enfermedades emergentes de anfibios en los cinco parques nacionales de montaña peninsulares de la red. En el caso del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido, si bien conocíamos la presencia de *Bd* desde el año 2008, nunca se había registrado ningún episodio de mortalidad asociada.

Los trabajos iniciados recientemente comprenden no sólo el análisis de la presencia de *Bd* y *Rv* en zonas relevantes del Parque sino, y fundamentalmente, el estudio de su incidencia en la dinámica poblacional de las especies más importantes de anfibios. Para ello, además del uso de técnicas moleculares habituales para la cuantificación de la carga fúngica y viral de ambos patógenos (PCR a tiempo real), empleamos técnicas de marcaje individual y recaptura mediante la inserción de microchips. Las muestras han sido recogidas en torundas estériles en el caso de los ejemplares vivos, mientras que en ejemplares encontrados muertos, y en un número muy bajo de ejemplares vivos empleados como referencia, se recogió todo el animal, o una porción de tejido inferior a 2 mm de la punta de una falange, respectivamente. En el caso de ejemplares encontrados muertos, se analizó preferentemente tejido hepático, y la diagnosis molecular fue confirmada mediante técnicas histológicas convencionales (tinción de hematoxilina/eosina) en diferentes áreas y órganos de los ejemplares. Además, todos los animales fueron medidos y pesados, y siempre manejados con guantes de látex desechables. Todo el material de muestreo, incluyendo las botas de campo, fue desinfectado con Virkon (R) al 1% antes y después de su uso en cada localidad.

Resultados preliminares

Hasta el momento hemos marcado con microchip un total de 36 ejemplares de rana pirenaica (*Rana pyrenaica*) y 96 de tritón pirenaico (*Calotriton asper*) en las cuatro localidades con poblaciones más abundantes de la primera especie: los barrancos de Comas, Fuen Berná, Forca Martín y Forcallos. En estas localidades, además del marcaje individual de ejemplares de ambas especies, hemos recogido muestras de infección tanto en torundas como de tejido, en distintos estadios de desarrollo también de una tercera especie: el sapo partero común (*Alytes obstetricans*), dado que frecuentemente se comporta como un superhospedador tanto de la quitridiomycosis, como de la ranaviriosis (p.e. Rosa et al. 2017). Además, hemos recogido muestras ocasionales en las siguientes localidades donde se vienen realizando los conteos anuales de larvas desde 2007: barrancos de Yaba, Fuen

Carduso, paralelo Fuen Carduso, Arrablo, Lugar, Forqueta Sorripas, Brocal, La Ralla, Refoba, Paralelo Refoba, Canal de Lapayón, Calzil, Garganta y río Yaga.

La prevalencia de infección para *Bd* fue del 0% tanto en adultos de *A. obstetricans* (n=3) como en sus larvas (n=38). Por el contrario, la prevalencia en el caso de los adultos de *C. asper* fue del 4,6% (n=108). En *R. pyrenaica*, la prevalencia de infección de *Bd* fue del 7,8% en adultos (n=102), y del 0% en larvas (n=47). En el caso de *Rv*, las prevalencias de infección fueron mucho más altas. Mientras que los adultos de *A. obstetricans* podrían no estar infectados (n=3), el 67,6% de sus larvas si lo están (n=37). Más de la mitad de los adultos de *C. asper* están infectados (51,3%, n=72), mientras que en el caso de *R. pyrenaica* la infección con *Rv* afecta al 70,8% de los adultos (n=48) y al 100% de las larvas (n=4).

La intensidad de infección es muy baja en el caso de *Bd*: 21 equivalentes genómicos de zoosporas (EGZ; mediaerror estándar) en *C. asper*, y de sólo 11 EGZ en el caso de *R. pyrenaica*. Por el contrario, la intensidad de infección para *Rv* es baja en *C. asper* (5736 equivalentes genómicos de viriones, EGV), alta en *A. obstetricans* (46514486 EGV) y extraordinariamente alta en *R. pyrenaica* ($1e+74e+6$ EGV).

Durante los trabajos de campo se encontraron multitud de ejemplares muertos (fig. 1), sobre todo de larvas, pero también de adultos, juveniles y recién metamorfoseados de *R. pyrenaica* fundamentalmente en el barranco de Fuen Berná, y sólo un adulto en el barranco de Forca Martín. El análisis molecular de todas las muestras de *R. pyrenaica* recogidas (Figura 2), indicó que la carga de infección varía, fundamentalmente, entre ejemplares vivos y muertos, y no sustancialmente entre los distintos estadios de desarrollo. Todos los ejemplares encontrados muertos resultaron positivos para *Rv*, llegando la carga media de infección hasta los $4e+71e+7$ EGV, mientras que fue sensiblemente más baja en los ejemplares vivos ($2e+52e+5$ EGV).

Todas las larvas, y algunos ejemplares adultos, encontrados muertos no presentaron los signos típicos de ranaviriosis (hemorragias y úlceras), mientras que muchos animales mostraron signos evidentes de ranaviriosis (Figura 1). Un ejemplar adulto encontrado muerto sin signos de ranaviriosis presentó, sin embargo, lesiones evidentes de la enfermedad en el análisis histológico, como la presencia de cuerpos de inclusión víricos, degeneración celular y focos de necrosis en diferentes tejidos (Figura 3).

Pon último, el análisis molecular de un ejemplar recién metamorfoseados, encontrado muerto por Pedro Hernández en el barranco de Canal Lapayón durante los trabajos de voluntariado de la Asociación Herpetológica Española (AHE), confirmó la incidencia de la ranaviriosis desde, al menos, el verano de 2017.



Figura 1. Ejemplares de *Rana pyrenaica* encontrados muertos por ranavirosis en el verano de 2020 en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido.

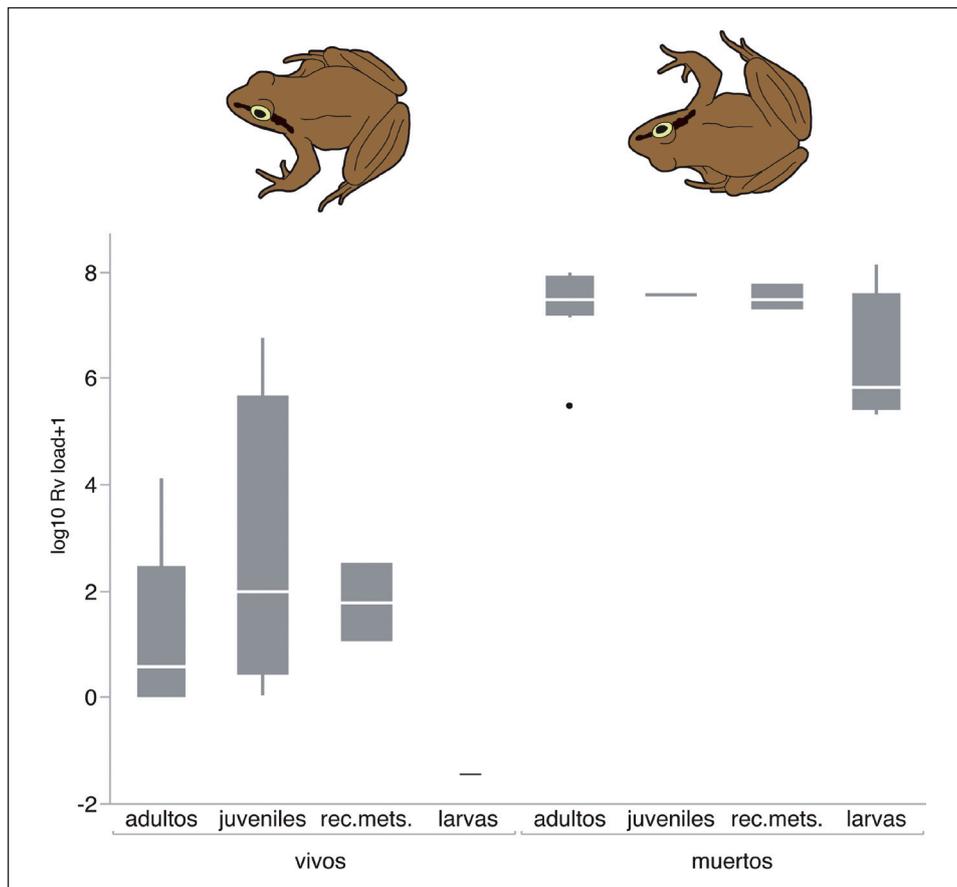


Figura 2. Carga de infección por *Ranavirus* en ejemplares encontrados vivos y muertos en distintos estadios de desarrollo vital de *Rana pyrenaica*.

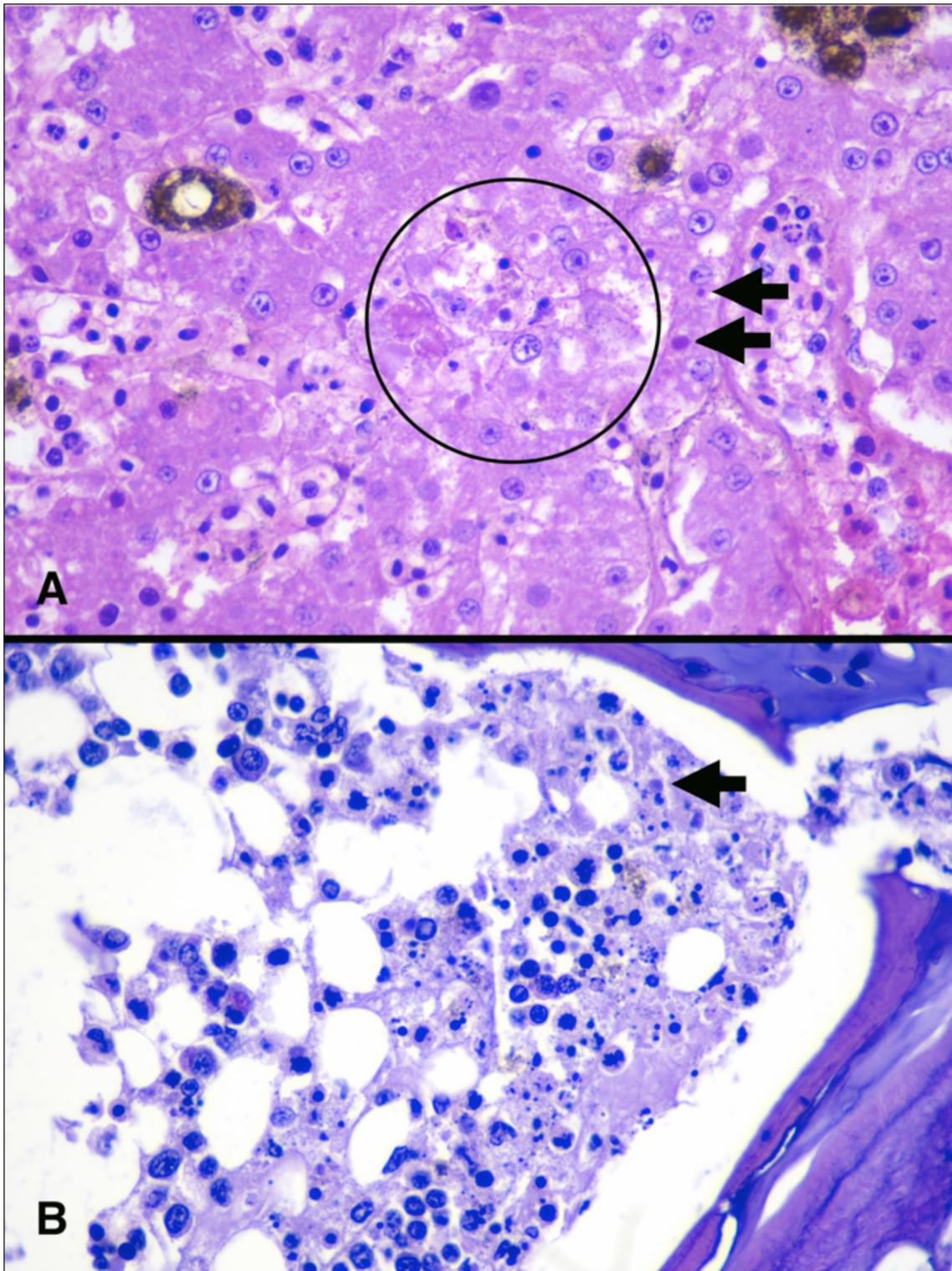


Figura 3. Cortes histológicos de hígado (A) y médula ósea (B) de un ejemplar de *Rana pyrenaica* hallado muerto en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (el círculo marca el foco de necrosis y las flechas negras señalan cuerpos de inclusión víricos intracitoplasmáticos).

Discusión

Mientras que la incidencia de la quitridiomycosis en el parque parece muy baja, la incidencia de la ranaviriosis supone uno de los casos más graves encontrados hasta ahora en España (p.e. von Essen et al. 2020). La poca carga de *Bd* encontrada puede explicarse por la ausencia, en las localidades típicas de *R. pyrenaica* donde se ha centrado el estudio hasta la fecha, del superhospedador esencial de *Bd*: las larvas invernantes de *A. obstetricans*. Así, la falta de pozas profundas que soporten la sequía estival y la congelación invernal hace que las larvas de *A. obstetricans* completen su desarrollo en un año, escapando a la infección por *Bd*, al contrario que los adultos de *C. asper* y de *R. pyrenaica* que son predominantemente acuáticos.

Los extraordinariamente altos valores de infección por *Rv* encontrados en *R. pyrenaica* indican una altísima susceptibilidad de la especie al patógeno. La alta susceptibilidad de las poblaciones de montaña de otra rana parda (*Rana agilis*) a *Rv* es conocida (Pearman & Garner 2005), y se explicaría por el aislamiento genético de sus poblaciones. En el caso de *R. pyrenaica*, y comparado con *R. temporaria*, su carácter más acuático y, sobre todo, su extremo aislamiento genético, podría incrementar su susceptibilidad a *Rv*.

Aunque todavía es pronto para explicar el origen y el alcance del brote de ranaviriosis en el parque, los primeros resultados indican que la enfermedad estaría ya presente en, prácticamente, todo el parque y desde, al menos, 2017. A la espera de los análisis sobre la relación entre el aumento de las temperaturas en la zona y la aparición de las primeras mortalidades, todo hace suponer que este podría haber sido el desencadenante del brote.

Dado el carácter relictivo de las poblaciones de *R. pyrenaica* en el parque, así como su tendencia global negativa desde que existen registros de abundancia larvaria, parece prudente iniciar cuanto antes un programa de cría en cautividad de la especie. La experiencia acumulada con la otra especie de rana parda endémica de la península ibérica y eminentemente acuática (*Rana iberica*), en el Parque Nacional Sierra de Guadarrama (Martín-Beyer et al. 2011, Bosch et al. 2019) garantiza el éxito en el mantenimiento de poblaciones cautivas de *R. pyrenaica*.

Conclusiones

1. La infección por *Bd* es moderada, probablemente por la ausencia de su principal superhospedador en zonas de montaña (larvas invernantes de *A. obstetricans*).

2. *Rv* está ampliamente extendido en el parque, infectando a todas las especies y causando mortalidades masivas en, al menos, *R. pyrenaica*.
3. *R. pyrenaica* presenta cargas de infección muy elevadas nunca antes registradas en España, pudiendo ser la especie más sensible de todas las analizadas hasta la fecha.
4. La ranaviriosis podría ser la causa del declive de *R. pyrenaica* en el parque, y el aumento generalizado de las temperaturas el posible desencadenante del brote de la enfermedad.

Bibliografía

- Bosch J, Bielby J, Martín-Beyer B, Rincón P, Correa-Araneda F, Boyero L, 2019. Eradication of introduced fish allows successful recovery of a stream-dwelling amphibian. PLoS ONE 14, e0216204
- Bosch J, Fernández-Beaskoetxea S, Garner TWJ, Carrascal LM, 2018. Long-term monitoring of an amphibian community after a climate change- and infectious disease-driven species extirpation. Global Change Biology 24, 2622-2632
- von Essen M, Leung WTM, Bosch J, Pooley S, Ayres C, Price SJ, 2020. High pathogen prevalence in an amphibian and reptile assemblage at a site with risk factors for dispersal in Galicia, Spain. PLoS ONE 15, e0236803
- Martín-Beyer B, Fernández-Beaskoetxea S, García G, Bosch J, 2011. Re-introduction program for the common midwife toad and Iberian frog in the Natural Park of Peñalara in Madrid, Spain: can we defeat chytridiomycosis and trout introductions? In: Global Re-introduction Perspectives: 2011. More case studies from around the globe (Soorae PS, ed). Gland, Switzerland, IUCN/SSC Re-introduction Specialist Group - Abu Dhabi, UAE; pp.81-84
- Pearman PB, Garner TWJ, 2005. Susceptibility of Italian agile frog populations to an emerging strain of *Ranavirus* parallels population genetic diversity. Ecology Letters 8, 401-408
- Price SJ, Garner TWJ, Nichols RA, Balloux F, Ayres C, Mora-Cabello de Alba A, Bosch J, 2014. Collapse of amphibian communities due to an introduced ranavirus. Current Biology 24, 2586-2591
- Rosa GM, Sabino-Pinto J, Laurentino TG, Martel A, Pasmans F, Rebelo R, Griffiths RA, Stöhr AC, Marschang RE, Price SJ, Garner TWJ, Bosch J, 2017. Impact of asynchronous emergence of two lethal pathogens on amphibian assemblages. Scientific Reports 7, 43260.

7. El proyecto GLORIA en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido. Cómo afecta el calentamiento global a la flora de alta montaña

José Luis Benito Alonso

1Jolube Consultor Botánico y Editor, Jaca - www.jolube.es



RESUMEN: Presentamos algunos resultados obtenidos tras 19 años del estudio de los efectos del calentamiento global sobre la flora, dentro del proyecto internacional denominado GLORIA (*Global Observation Research Initiative In Alpine Environments*).

En estos 19 años hemos podido medir una tendencia ascendente sostenida, tanto en la temperatura media del suelo, como de la duración del periodo vegetativo.

En el caso del Pirineo, el periodo vegetativo dentro de una misma cima es un mes más corto en su cara norte que en la sur. Además, en las cuatro cimas GLORIA de Ordesa, el gradiente térmico del suelo disminuye de media 0,55 °C cada 100 m de altitud. Además, el suelo se hiela 9,1 días más por cada 100 m de ascenso.

A escala europea se está produciendo un ascenso en altitud de las especies de alta montaña.

¿Qué es el proyecto GLORIA?

El proyecto GLORIA (*Global Observation Research Initiative In Alpine Environments*) o Iniciativa para la investigación y el seguimiento global de los ambientes alpinos), tiene por objeto establecer una red mundial de seguimiento a largo plazo para conocer cómo está afectando el calentamiento global a la flora de alta montaña alpina.

Su originalidad reside en que es la primera vez que se realiza un monitoreo coherente, con la misma metodología y simultáneo, de los efectos del calentamiento global sobre un ecosistema concreto, en nuestro caso las comunidades de flora vascular de la alta montaña (PAULI & *al.*, 2015).

Además, nos va a permitir conocer con precisión el periodo vegetativo de la flora de alta montaña, así como sus variaciones de exposición dentro de una misma montaña, interanuales, así como altitudinales y latitudinales.

El proyecto GLORIA está auspiciado por la Academia Austriaca de Ciencias y se puso en marcha en 2001 gracias a un proyecto financiado por el V Programa Marco de la

Unión Europea. Se inició en 18 macizos de Europa (Figura 1), en estos momentos se ha extendido a 115 zonas piloto de todo el mundo (Figura 2). En España hay seis zonas piloto activas y es el país europeo con más áreas de estudio GLORIA. Nuestro país participa desde sus inicios con dos ZP: una en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido, bajo la coordinación científica del Dr. Luis Villar (Instituto Pirenaico de Ecología-CSIC de Jaca, Huesca) y el que suscribe; y otra en la Sierra Nevada, gestionada por la Universidad de Granada.

Posteriormente, en España se han unido otras cuatro ZP:

- En 2005 una segunda ZP en la Sierra Nevada nororiental, a cargo de la Universidad de Granada.
- En 2006 se instala una en el Sistema Central, a cargo de la Universidad Complutense.
- En 2011 una segunda ZP piloto en el Valle de Tena (Pirineo central silíceo), a cargo de José Luis Benito y Luis Villar, con el patrocinio del Gobierno de Aragón.
- En 2012 en el Sistema Ibérico (Moncayo), a cargo de José Luis Benito y Luis Villar, también con el apoyo del Gobierno de Aragón.

Además, en la cordillera pirenaica se han sumado dos nuevas ZP en 2018, las dos primeras del Pirineo francés: Pirineo Central Norte (Hautes Pyrénées - Gavarnie) y Pirineo Oriental Norte (Pyrénées Orientales - Valée d'Éyne).



Figura 1. Mapa de Europa donde se localizan las 18 zonas piloto GLORIA originales (2001).

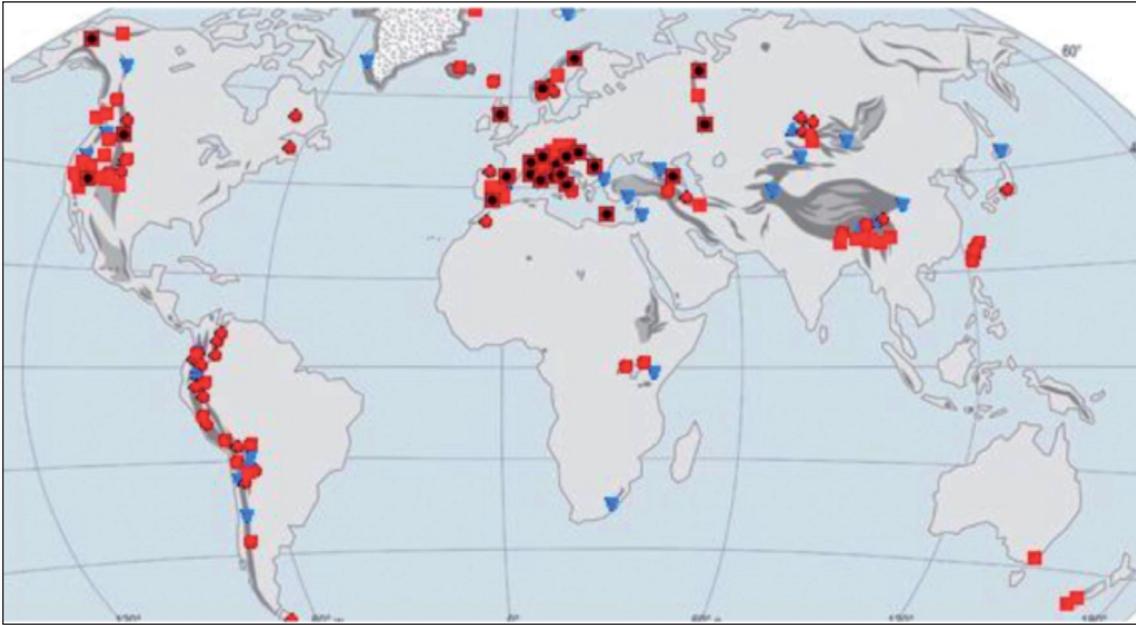


Figura 2. Mapa mundial donde están representadas las 115 zonas piloto de muestreo de flora alpina con metodología GLORIA (2020).

El proyecto GLORIA-Aragón está integrado dentro de la Estrategia Aragonesa de Cambio Climático Horizonte 2030 (EACC 2030) del Gobierno de Aragón, financiada por su Dirección General de Cambio Climático y Educación Ambiental. Incluye las zonas piloto de Ordesa (Pirineo central calizo), Valle de Tena (Pirineo central silíceo) y Moncayo.

Además, las zonas piloto GLORIA-Aragón forman parte de *LTER*, la Red de Investigación Ecológica a Largo Plazo (García & al., 2016); de *GrassPlot*, la base de datos multiescala para estudiar la diversidad de plantas en pastos del Paleártico (Dengler, 2018); y de *SoilTemp*, la base de datos global de temperaturas del suelo (Lembrechts & al., 2020).

¿Por qué los ecosistemas alpinos?

- La flora de alta montaña alpina es un ecosistema representado en todos los continentes y se puede estudiar en todas las cordilleras de la Tierra.
- Las montañas son áreas de rica biodiversidad, y muchas veces la flora del piso alpino muestra un alto grado de endemismo. En el caso del Pirineo presenta un 12% de endemidad en las cimas frente al 5% general de la cordillera.

- El estudio de la flora es sencillo, y los materiales usados están al alcance de cualquier grupo de investigación.
- El método es aplicable y adaptable a cualquier montaña.
- Permite hacer comparaciones, no sólo en el tiempo de una zona de estudio, sino también entre montañas y continentes.
- Porque las posibles variaciones que se registren en estos ambientes no son atribuibles a otros factores, pues se buscan montañas que estén poco intervenidas por el hombre.

Método

- En cada macizo estudiado, la zona piloto (ZP) está compuesta por cuatro cimas a diferentes altitudes, que representan los niveles supraforestales de vegetación, desde el piso alpino inferior al nivel o el superior que le corresponda biogeográficamente.
- Las cuatro cimas de una ZP deberán ser geológicamente similares y climáticamente homogéneas. No deberá haber vulcanismo activo.
- En cada cima se establecen cuatro parcelas de 1×1 m en cada uno de los puntos cardinales principales (N, S, E, O), a 5 m de altitud por debajo de la cumbre (Figura 3).

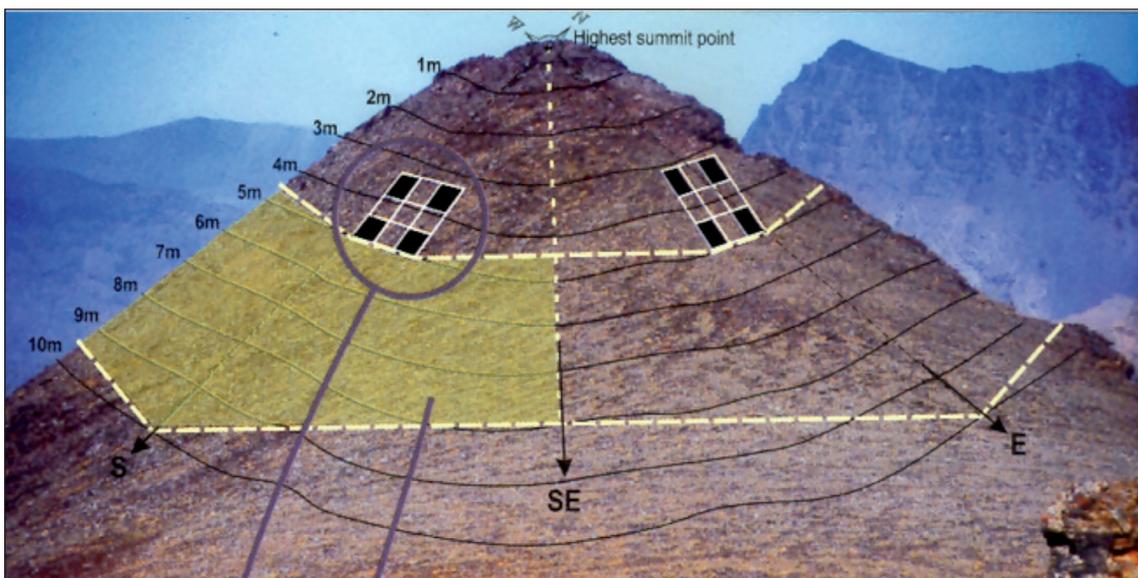


Figura 3. Esquema de muestreo de una cima.

- Mediante un sistema *point-quadrat*, se muestrea la flora en cada una de las parcelas (100 puntos por parcela de un metro cuadrado, 400 puntos por orientación, 1600 puntos por cima, Figuras 4 y 5).
- En cada cima se instalan cuatro termómetros automáticos que recogen datos cada hora, uno en cada orientación (N, S, E, O), enterrado a 10 cm de profundidad.
- Además, se toma nota de toda la flora de la cima en ocho secciones, cuatro desde la cima a -5 m y otras cuatro de -5 a -10 m de altitud por debajo del punto culminante.
- Este muestreo se realiza cada 7 años. En la ZP de Ordesa ya se ha realizado 3 muestreos: 2001, 2008 y 2015. Se están procesando los datos conjuntos de toda Europa.
- Se pueden realizar otros muestreos adicionales. En nuestro caso hemos contado con la participación de Juan José Fernández, investigador del IPE-CSIC de Jaca, especialista en la vida del suelo, para estudiar la actividad microbiana del suelo de estas cimas a través de la descomposición de la materia orgánica (Djukic & al., 2018; Jiménez & al., 2019).
- El manual GLORIA se puede descargar desde www.jolube.es y www.gloria.ac.at.



Figura 4. Muestreo detallado, mediante *point quadrat*, en las parcelas de un metro cuadrado, en la Punta Tobacor.



Figura 5. *Androsace ciliata*, una de las especies características de la alta montaña pirenaica.

La zona piloto de Ordesa

En la zona piloto GLORIA establecida en Ordesa (ES-CPY), las cuatro cimas elegidas para hacer los muestreos son las siguientes (Figuras 6 y 7):

- Punta Acuta (ACU), 2242 m, representa el límite de los árboles, el ecotono subalpino-alpino;
- Punta Custodia o Arrablo (CUS), 2519 m, en el piso alpino inferior;
- Punta Tobacor (TOB), 2779 m, en el piso alpino superior;
- Punta de las Olas (OLA), 3022 m, representando al piso subnival o al piso superior.

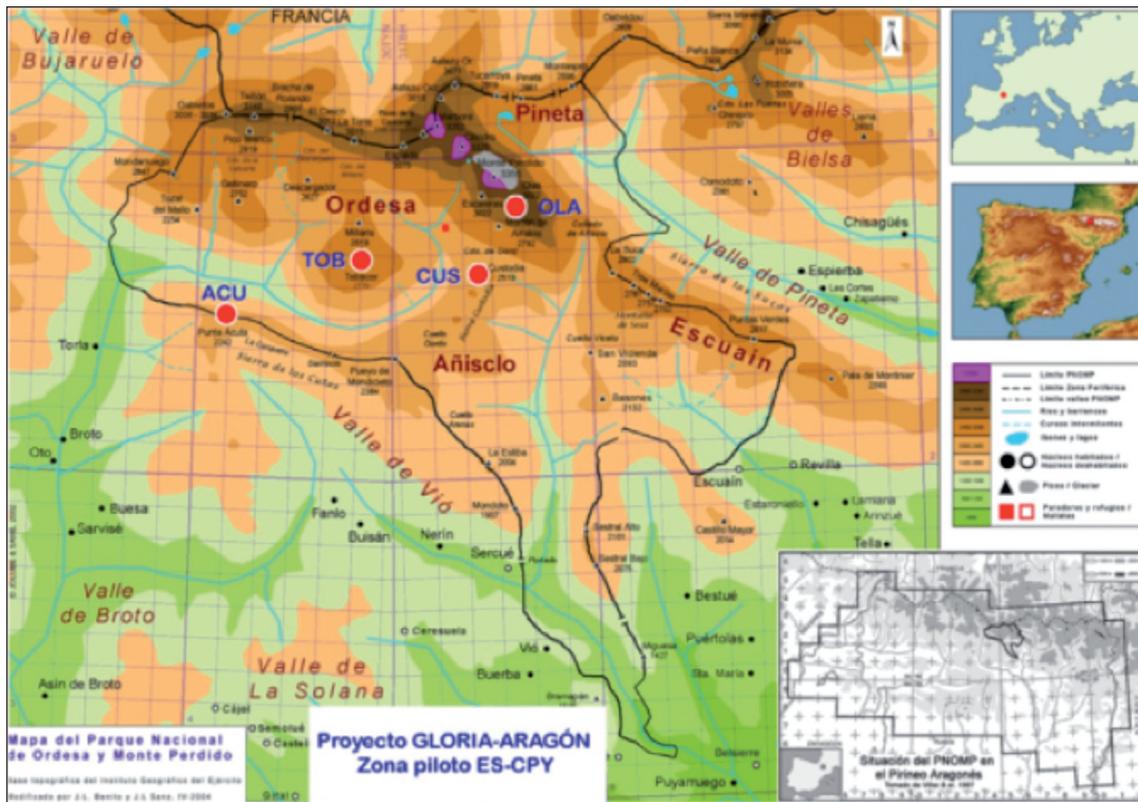


Figura 6. Mapa de situación de la ZP ES-CPY (Ordesa, Pirineo calizo).

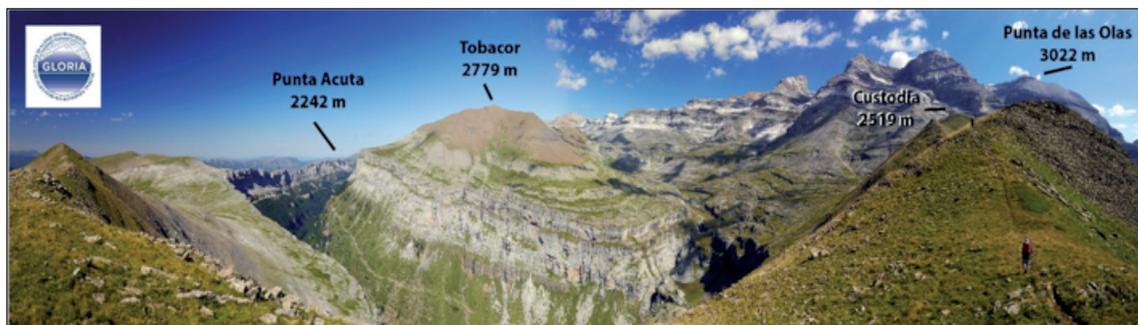


Figura 7. Panorámica de la ZP ES-CPY (Ordesa, Pirineo calizo).

La temperatura del suelo

Las biotas alpinas dependen mucho de la temperatura y de la innivación, entre otros factores climáticos. Los datos relacionados con su régimen son relativamente fáciles de obtener (directamente para la temperatura, indirectamente para la nieve) mediante termómetros de registro automático en miniatura (*T-loggers* o *data-loggers*) enterrados en el

suelo, en nuestro caso, a 10 cm de profundidad. En la actualidad usamos el modelo *Geo-Precision MLog5W*.

Si un punto determinado queda o no cubierto por la nieve se puede deducir por la forma que adopta la oscilación térmica diurna. En contraste con la temperatura aérea, la medida de la temperatura a 10 cm de profundidad nos permite obtener de un modo fácil e invisible un registro continuo muy importante para la vida vegetal, lo que nos permite calcular el periodo vegetativo (PV), entendido como el lapso de tiempo en el cual la temperatura media diaria es igual o superior a 4 °C, y por tanto permite el desarrollo de la vida vegetal, en particular de las raíces que pueden acceder al agua para poner en marcha la maquinaria fisiológica.

Para ello, en cada una de las cimas de GLORIA-Aragón tenemos instalados en el suelo 4 termómetros automáticos, uno en cada una de las cuatro orientaciones principales.

La temperatura y el periodo vegetativo en la zona piloto ES-CPY (Ordesa, Pirineo calizo)

Hemos analizado los datos de los 16 termómetros automáticos que tenemos instalados desde 2001 en la ZP del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (ES-CPY).

Debemos advertir de que hay algunos huecos, sobre todo en los años 2003-08, pues algunos de los termómetros fallaron. En esa época usábamos el modelo *Tid-Bit* de Hobo, que obligaba a desenterrar el termómetro para tomar los datos y ha dado problemas de fiabilidad.

Tal como podemos observar en las gráficas, a pesar de la variabilidad anual que registramos, se confirma la tendencia de ascenso, tanto en la temperatura media del suelo, y más marcadamente en la duración del periodo vegetativo (PV).

Evolución de la temperatura del suelo

Hemos hecho un análisis de la evolución de la temperatura media diaria del suelo. En esta primera tabla podemos ver un resumen anual de la media de las temperaturas de los cuatro termómetros de cada cima.

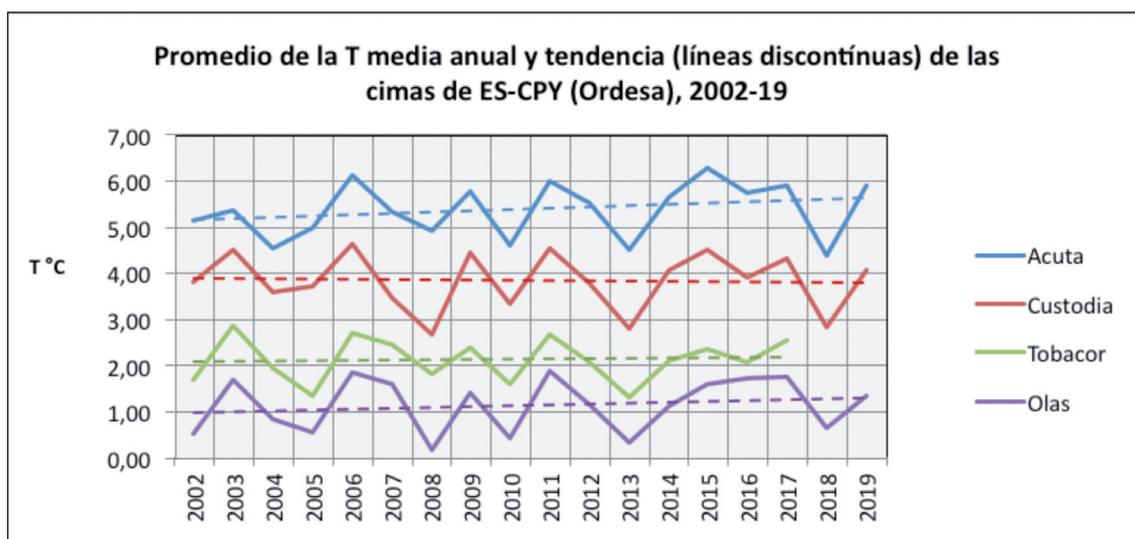
Durante el periodo 2002-19, en Punta Acuta (2242 m) la T media de la cima es de 5,4 °C ($\pm 0,5$); la orientación más cálida es la Sur (6,1 \pm 0,7 °C), mientras que la más fría es la Norte (4,7 \pm 0,6 °C). El año más frío de la serie ha sido el 2013 (4,52 °C), mientras que el más cálido ha sido el 2015 (6,27 °C).

La T promedio de Custodia (2519 m) es de 3,9°C ($\pm 0,6$); la orientación más cálida es la Sur (4,5 \pm 0,5°C), mientras que la más fría es la Norte (3,4 \pm 0,6°C). El año más frío de la serie ha sido el 2008 (2,7°C), mientras que el más cálido ha sido el 2006 (4,06°C).

La T promedio del Tobacor (2779 m) es de 2,1°C ($\pm 0,5$); la orientación más cálida es la Sur, si bien tiene una gran variabilidad debido a que faltan datos de siete años (3,9 \pm 2°C). La orientación más fría es la Norte (1,1 \pm 0,6°C). El año más frío de la serie ha sido el 2013 (1,3°C), mientras que el más cálido ha sido el 2003 (2,84°C).

Por último, la T media de la Punta de las Olas (3022 m) es de 1,1°C ($\pm 0,6$); la orientación más cálida es la Sur (2,7 \pm 0,6°C), mientras que la más fría es la Este (0,6 \pm 0,9°C). El año más frío de la serie ha sido el 2008 (0,23°C), mientras que el más cálido ha sido el 2011 (1,84°C). Cabe decir que la cara oeste tiene mucho afloramiento de roca viva y muy poco suelo que no atenúa tanto las temperaturas extremas.

Hemos calculado el gradiente térmico del suelo en nuestra zona piloto. La T media desciende 0,55°C ($\pm 0,04$) cada 100 metros de altitud.



Tablas de la temperatura media anual (°C) por orientaciones y promedio, en ES-CPY, 2002-2019										
T (°C)	Punta Acuta (2242 m)					Punta Custodia (2519 m)				
AÑO	N	S	E	W	MED	N	S	E	W	MED
2002	4,49	5,94	5,22	5,05	5,14	3,40	4,45	4,06	3,64	3,82
2003	4,90	5,70	5,84	5,22	5,37	4,47	4,85	4,30	*	4,50
2004	3,60	5,16	4,74	4,87	4,56	3,19	4,20	3,47	*	3,59

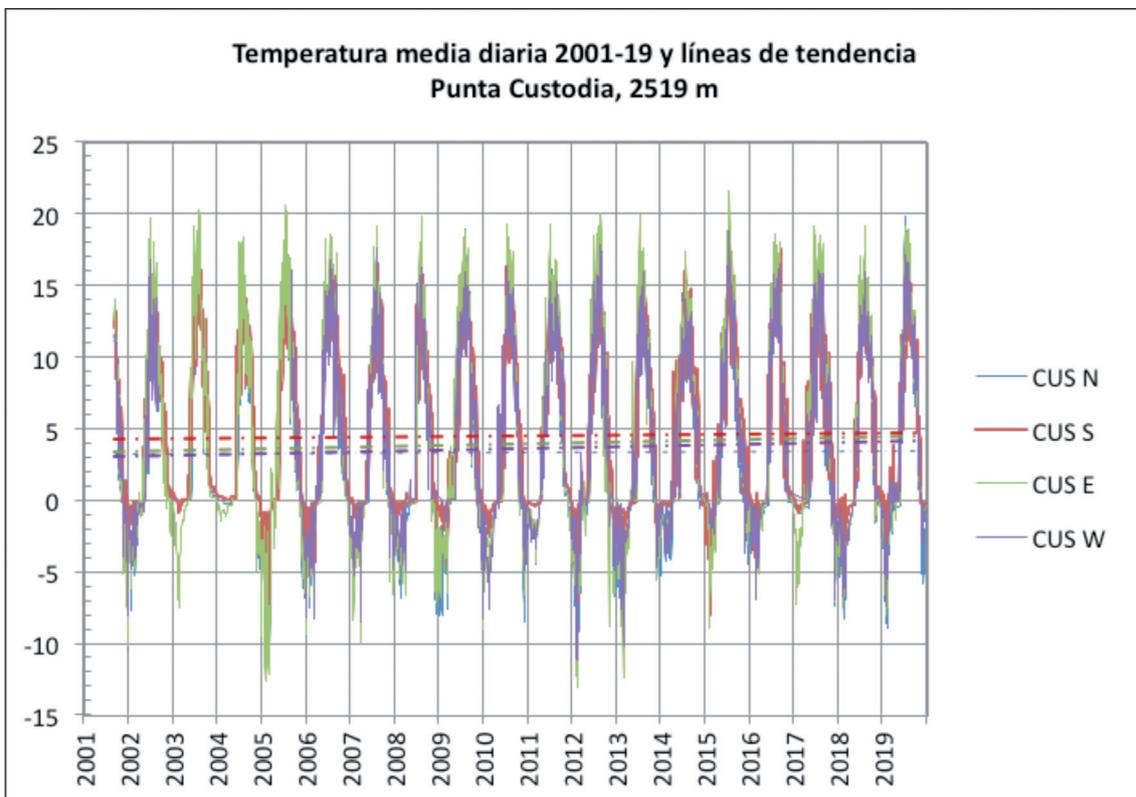
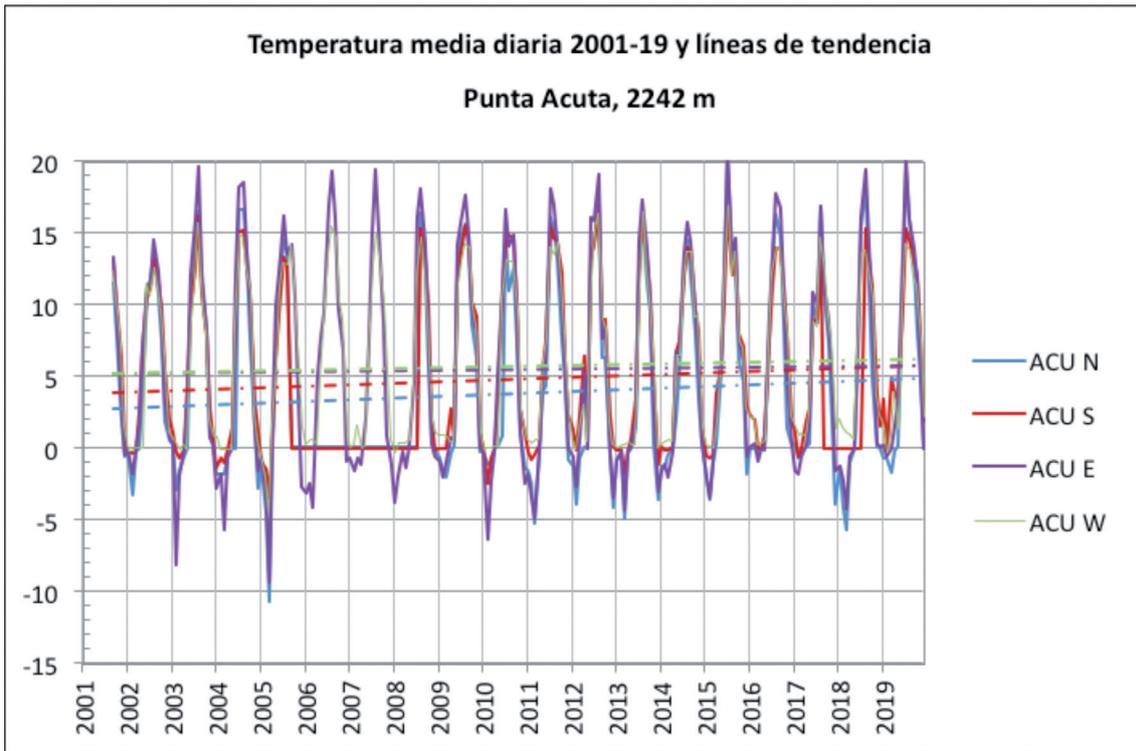
2005	4,76	5,56	5,20	5,33	5,00	3,08	4,31	3,69	2,52	3,64
2006	*	*	6,07	6,24	6,11	4,25	5,37	4,54	4,45	4,61
2007	*	*	5,28	5,45	5,33	3,16	4,42	3,17	3,27	3,47
2008	6,01	7,35	4,87	5,03	4,86	2,02	3,41	2,51	3,03	2,70
2009	4,97	6,52	5,90	5,90	5,78	4,05	5,03	4,60	4,23	4,43
2010	3,81	5,29	4,46	5,08	4,61	3,33	4,02	3,18	2,98	3,33
2011	4,95	6,69	6,11	6,44	6,01	4,22	5,04	4,84	4,15	4,52
2012	4,44	6,40	5,65	5,91	5,54	3,39	4,40	3,89	3,71	3,78
2013	3,53	5,16	4,60	4,97	4,52	2,27	3,41	2,95	2,75	2,79
2014	4,78	6,18	5,74	6,02	5,64	3,65	4,64	4,35	3,69	4,04
2015	5,27	6,78	6,47	6,78	6,27	3,86	4,99	4,75	4,58	4,49
2016	5,19	6,00	6,04	5,87	5,74	3,37	4,38	4,25	3,75	3,91
2017	5,24	*	6,24	6,52	5,97	3,79	5,13	4,59	4,72	4,52
2018	4,38	*	5,45	5,55	5,20	2,89	3,99	3,87	3,32	3,47
2019	4,84	6,83	6,06	6,13	5,92	3,41	4,72	4,22	4,10	4,07
MED	4,70	6,11	5,55	5,69	5,42	3,43	4,49	3,96	3,68	3,87
DEST	$\pm 0,65$	$\pm 0,69$	$\pm 0,60$	$\pm 0,59$	$\pm 0,55$	$\pm 0,64$	$\pm 0,55$	$\pm 0,67$	$\pm 0,66$	$\pm 0,59$
MAX	6,01	7,35	6,47	6,78	6,27	4,47	5,37	4,84	4,72	4,61
MIN	3,53	5,16	4,46	4,87	4,52	2,02	3,41	2,51	2,52	2,70

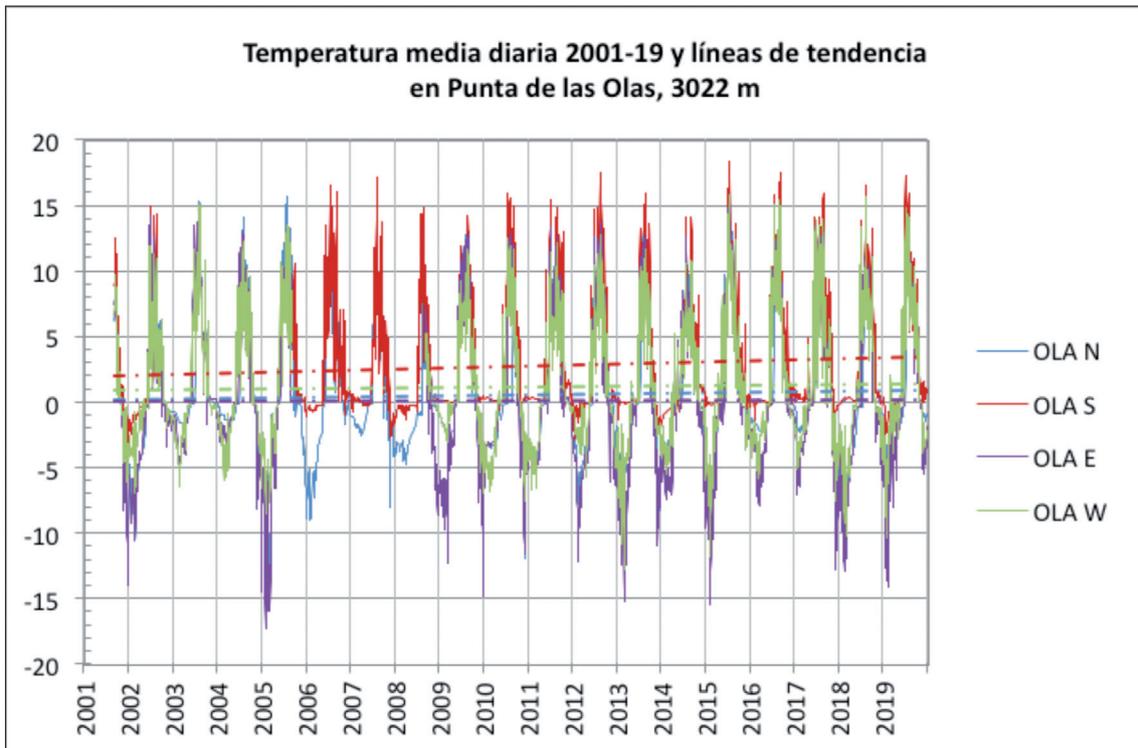
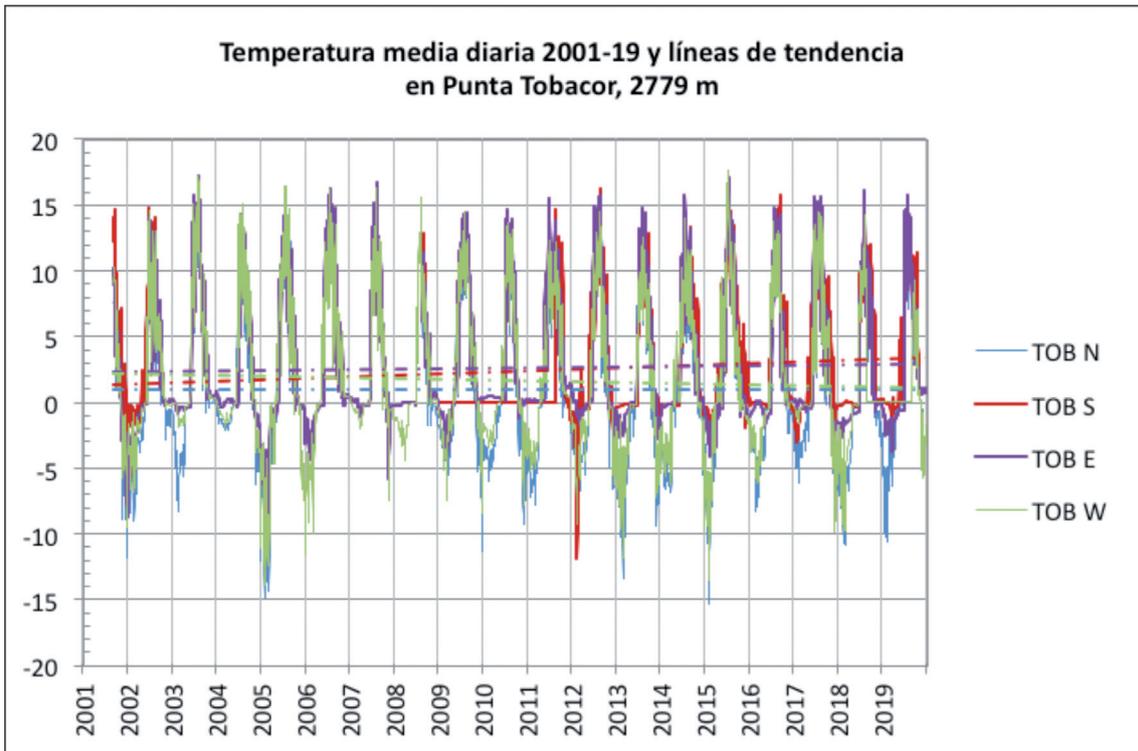
T (°C)	Punta Tobacor (2779 m)					Punta de las Olas (3022 m)				
	N	S	E	W	MED	N	S	E	W	MED
2002	0,73	3,33	1,75	1,68	1,68	-0,17	1,79	-0,09	0,83	0,51
2003	1,88	*	3,54	3,21	2,84	1,67	*	1,81	1,63	1,66
2004	1,44	*	2,33	2,13	1,93	0,86	*	0,69	1,01	0,82
2005	0,84	*	2,15	1,16	1,35	0,16	1,72	-0,52	1,45	0,52
2006	*	*	2,99	2,50	2,70	0,52	3,20	*	*	1,82
2007	*	*	2,68	2,28	2,45	0,90	2,27	*	*	1,56
2008	1,95	9,71	1,37	1,59	1,86	-0,84	1,81	-1,91	0,83	0,23
2009	1,59	*	3,26	2,38	2,38	1,15	3,02	-0,03	1,54	1,39
2010	0,52	*	2,73	1,67	1,60	-1,44	2,90	-0,21	0,42	0,39

2011	1,53	4,45	3,98	2,34	2,68	1,32	3,51	1,38	1,29	1,84
2012	0,98	3,03	3,09	1,36	2,06	0,80	2,85	-0,27	1,24	1,11
2013	-0,16	2,71	2,38	0,48	1,31	-0,22	2,55	-1,21	0,33	0,32
2014	0,90	2,95	2,94	1,70	2,10	0,92	2,35	0,08	1,11	1,09
2015	1,39	3,74	2,71	1,76	2,34	1,45	3,25	0,50	1,36	1,59
2016	1,08	3,37	2,48	1,49	2,08	1,32	3,45	0,62	1,57	1,71
2017	1,27	3,49	3,03	2,43	2,53	1,39	3,46	0,51	1,68	1,73
2018	0,23	2,97	2,09	*	1,63	-0,57	3,04	-0,62	0,81	0,62
2019	1,08	3,66	2,60	*	2,28	0,94	2,85	0,08	1,53	1,32
MED	1,08	3,95	2,67	1,88	2,10	0,56	2,75	0,05	1,16	1,12
DEST	$\pm 0,57$	$\pm 1,97$	$\pm 0,63$	$\pm 0,65$	$\pm 0,46$	$\pm 0,88$	$\pm 0,61$	$\pm 0,91$	$\pm 0,43$	$\pm 0,57$
MAX	1,95	9,71	3,98	3,21	2,84	1,67	3,51	1,81	1,68	1,84
MIN	-0,16	2,71	1,37	0,48	1,31	-1,44	1,72	-1,91	0,33	0,23

Tabla de temperaturas mínimas y máximas absolutas, por orientación, en ES-CPY (Ordesa), 2001-2020

	MÍNIMAS ABSOLUTAS				MÁXIMAS ABSOLUTAS			
	N	S	E	W	N	S	E	W
ACU	-13,24 01/3/05	-4,45 12/2/10	-12,96 01/3/05	-6,33 28/02/05	27,97 14/7/15	27,10 13/7/15	30,04 14/7/15	22,96 24/7/08
CUS	-13,91 23/02/05	-11,04 5/02/15	-14,56 13/02/12	-12,73 13/02/12	27,37 8/7/10	28,28 14/7/15	29,12 21/7/05	23,36 14/7/15
TOB	-17,44 6/02/15	-13,86 13/02/12	-11,79 21/01/05	-14,73 6/02/15	20,38 14/7/15	22,37 05/9/01	23,64 24/7/06	25,74 3/8/03
OLA	-17,25 01/3/05	-7,28 14/12/01	-17,98 27/01/05	-14,17 6/02/15	21,60 14/7/15	28,21 18/8/12	21,12 16/7/15	25,44 5/8/20





Evolución del periodo vegetativo

El periodo vegetativo (PV) medio es el tiempo teórico durante el cual las plantas pueden realizar un ciclo vital, desde el desarrollo de sus estructuras vegetativas, pasando por la floración hasta la fructificación. Se estima que el desarrollo de las plantas se puede iniciar y mantener cuando la temperatura media diaria es igual o superior a los 4 °C, aunque hay casos en los que a partir de 2 °C ya se puede iniciar la actividad; a partir de entonces el agua del suelo está disponible para las raíces y comienza el desarrollo.

Durante el periodo 2002-19, hemos calculado que en Punta Acuta (2242 m) el PV es de menos de 6 meses (177,6 días); la orientación con un PV más prolongado es la Sur (192,5 días, 6,4 meses), mientras que la que lo tiene más corto es la Norte (157,9 días, 5,3 meses), con una diferencia de PV entre ambas de más de un mes (35 días).

El PV promedio de Custodia (2519 m) es de 5 meses (151,5 días); la orientación en la que es más corto es la Norte (140,1 días; 4,7 meses), y más largo en el Sur (160,7 días; 5,4 meses), con una diferencia de PV entre ambas de c. de 21 días.

El PV del Tobacor (2779 m) es de casi 4 meses (115 días); la ladera más fría es la Norte (107,6 días; 3,6 meses), mientras que la más cálida es la Sur (139,6 días; 4,3 meses), con una diferencia de PV entre ambas de 22 días.

Por último, el PV de la Punta de las Olas (3022 m) es de algo más de 3 meses (98,4 días). La vertiente con el PV más corto es la Norte (86,5 días; 2,9 meses) y la que lo tiene más amplio es la Sur (112,1 días; 3,7 meses), con una diferencia de PV entre ambas de 25,6 días.

Hemos calculado el gradiente altitudinal de descenso del PV. Así, cada 100 metros de altitud el PV desciende 9,1 días (± 3), es decir, casi un mes (27,3 días) cada 300 m de desnivel.

Gracias a los datos de la estación meteorológica de Góriz (2195 m) que tenemos desde 2001-2019, podemos decir que, cuando se registra la primera nevada en Góriz, el suelo en la cumbre de Punta de las Olas (3022 m) se congela de manera continua, y generalmente una semana antes se produce el descenso de la temperatura media diaria por debajo de los 4 °C.

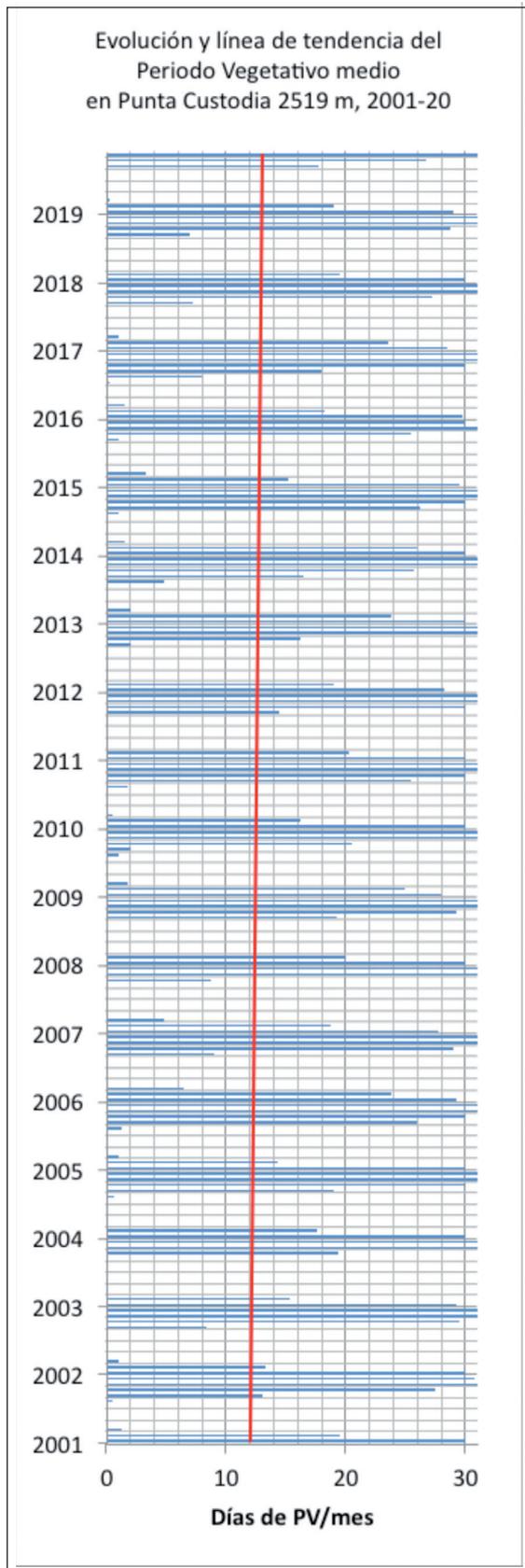
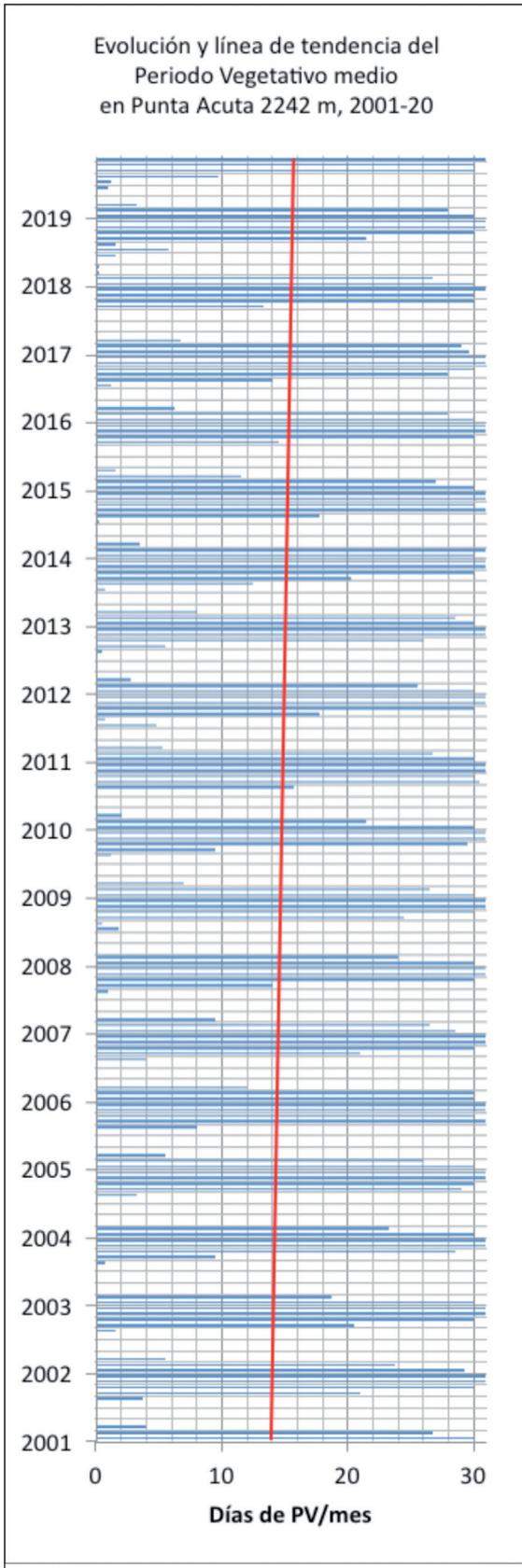
Entre los datos extremos, cabe destacar los dos periodos vegetativos más cortos que hemos podido medir en la cara norte de la Punta de las Olas, los años 2008 y 2010, con 39 y 26 días respectivamente (frente a la media del periodo de 86,5 días), en los que la innivación fue especialmente copiosa y se mantuvo hasta el mes de agosto (días 6 y 26

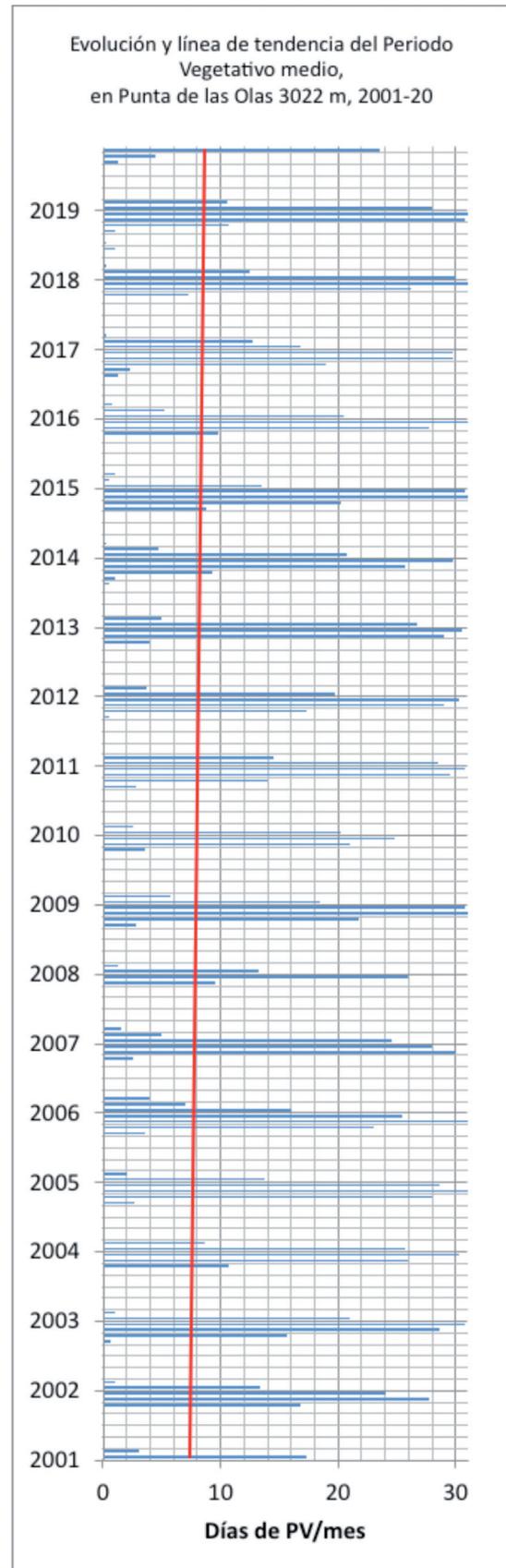
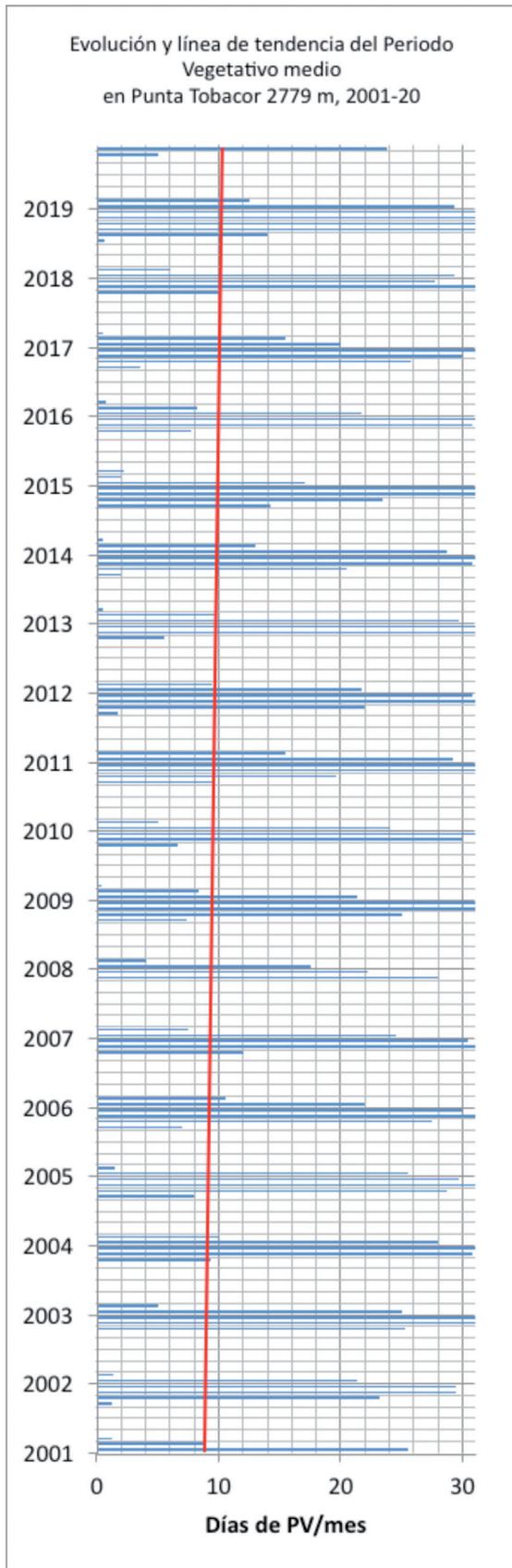
respectivamente). Este año 2020 el PV también será corto pues, según nuestros datos, el deshielo no finalizó hasta el día 28 de julio.

A continuación, mostramos las tablas de datos correspondiente a las gráficas de evolución del periodo vegetativo (media diaria $\geq 4^{\circ}\text{C}$), por días y meses.

Tabla del periodo vegetativo (PV) anual en la ZP ES-CPY, contado en días, desglosado por orientaciones. En cada orientación indicamos en rojo los valores de PV máximos y en azul los mínimos																	
PV ANUAL en días	Punta Acuta (ACU) 2242 m				Punta Custodia (CUS) 2519 m				Tobacor (TOB) 2779 m				Punta de las Olas (OLA) 3022 m				
	FECHA	N	S	E	W	N	S	E	W	N	S	E	W	N	S	E	W
2002	153	198	174	176	136	159	152	*	97	*	105	111	86	*	87	76	
2003	151	175	169	156	133	154	146	*	111	*	121	120	82	*	108	103	
2004	135	168	159	154	121	140	126	*	109	*	103	115	91	*	100	113	
2005	*	*	182	190	149	163	160	*	*	*	126	124	106	*	*	*	
2006	*	*	202	204	165	195	171	184	*	*	120	136	100	120	*	*	
2007	*	*	179	184	133	171	149	152	*	*	108	103	86	97	*	*	
2008	*	*	166	160	114	126	116	126	*	*	*	86	39	78	*	*	
2009	167	197	184	181	158	173	172	158	120	*	123	129	101	121	106	114	
2010	134	167	160	162	126	138	121	144	95	*	91	105	26	100	72	90	
2011	174	215	204	208	164	175	171	168	126	*	141	133	111	135	116	118	
2012	161	188	168	177	151	159	150	155	111	134	111	111	98	109	95	100	
2013	148	170	162	162	128	138	139	139	105	111	108	106	85	106	92	98	
2014	170	206	190	194	158	175	165	168	112	139	124	131	87	107	91	83	
2015	180	233	203	228	146	187	169	167	108	141	120	115	109	116	97	101	
2016	150	185	174	174	119	149	141	139	90	120	94	97	75	126	85	94	
2017	174	*	205	210	151	184	175	175	103	149	129	124	100	134	95	118	
2018	152	*	170	159	133	153	152	146	103	115	101	*	77	110	95	109	
2019	161	208	178	187	137	153	143	151	117	128	112	*	98	111	106	117	
MED	157,9	192,5	179,4	181,4	140,1	160,7	151,0	155,1	107,6	129,6	113,9	115,4	86,5	112,1	96,1	102,4	
DEST	14,2	20,8	15,6	21,3	15,7	18,9	18,0	16,0	9,8	13,5	13,2	14,0	22,4	15,1	11,0	13,3	
MESES	5,3	6,4	6,0	6,0	4,7	5,4	5,0	5,2	3,6	4,3	3,8	3,8	2,9	3,7	3,2	3,4	
MÁX	180	233	205	228	165	195	175	184	126	149	141	136	111	135	116	118	
MÍN	134	167	159	154	114	126	116	126	90	111	91	86	26	78	72	76	
MED. CIMA	177,66				151,53				115,04				98,43				
DEST	± 21,29				± 18,57				± 14,09				± 18,81				

Tabla del periodo vegetativo (PV) anual en ES-CPY, 2020-2019, contado en meses, por orientaciones. Se incluye la media del periodo, así como el PV máximo y mínimo (en rojo los años en los que faltan datos de alguna orientación)																				
PV ANUAL Meses	Punta Acuta (ACU) 2242 m					Punta Custodia (CUS) 2519 m					Tobacor (TOB) 2779 m					Punta de las Olas (OLA) 3022 m				
FECHA	MED	N	S	E	W	MED	N	S	E	W	MED	N	S	E	W	MED	N	S	E	W
2002	5,8	5,1	6,6	5,8	5,9	5,0	4,5	5,3	5,1	*	3,5	3,2	*	3,5	3,7	2,8	2,9	*	2,9	2,5
2003	5,4	5,0	5,8	5,6	5,2	4,8	4,4	5,1	4,9	*	3,9	3,7	*	4,0	4,0	3,3	2,7	*	3,6	3,4
2004	5,1	4,5	5,6	5,3	5,1	4,3	4,0	4,7	4,2	*	3,6	3,6	*	3,4	3,8	3,4	3,0	*	3,3	3,8
2005	6,2	*	*	6,1	6,3	5,2	5,0	5,4	5,3	*	4,2	*	*	4,2	4,1	3,5	3,5	*	*	*
2006	6,8	*	*	6,7	6,8	6,0	5,5	6,5	5,7	6,1	4,3	*	*	4,0	4,5	3,7	3,3	4,0	*	*
2007	6,1	*	*	6,0	6,1	5,0	4,4	5,7	5,0	5,1	3,5	*	*	3,6	3,4	3,1	2,9	3,2	*	*
2008	5,4	*	*	5,5	5,3	4,0	3,8	4,2	3,9	4,2	2,9	*	*	*	2,9	2,0	1,3	2,6	*	*
2009	6,1	5,6	6,6	6,1	6,0	5,5	5,3	5,8	5,7	5,3	4,1	4,0	*	4,1	4,3	3,7	3,4	4,0	3,5	3,8
2010	5,2	4,5	5,6	5,3	5,4	4,4	4,2	4,6	4,0	4,8	3,2	3,2	*	3,0	3,5	2,4	0,9	3,3	2,4	3,0
2011	6,7	5,8	7,2	6,8	6,9	5,7	5,5	5,8	5,7	5,6	4,4	4,2	*	4,7	4,4	4,0	3,7	4,5	3,9	3,9
2012	5,8	5,4	6,3	5,6	5,9	5,1	5,0	5,3	5,0	5,2	3,9	3,7	4,5	3,7	3,7	3,4	3,3	3,6	3,2	3,3
2013	5,4	4,9	5,7	5,4	5,4	4,5	4,3	4,6	4,6	4,6	3,6	3,5	3,7	3,6	3,5	3,2	2,8	3,5	3,1	3,3
2014	6,3	5,7	6,9	6,3	6,5	5,6	5,3	5,8	5,5	5,6	4,2	3,7	4,6	4,1	4,4	3,1	2,9	3,6	3,0	2,8
2015	7,0	6,0	7,8	6,8	7,6	5,6	4,9	6,2	5,6	5,6	4,0	3,6	4,7	4,0	3,8	3,5	3,6	3,9	3,2	3,4
2016	5,7	5,0	6,2	5,8	5,8	4,6	4,0	5,0	4,7	4,6	3,3	3,0	4,0	3,1	3,2	3,2	2,5	4,2	2,8	3,1
2017	6,5	5,8	*	6,8	7,0	5,7	5,0	6,1	5,8	5,8	4,2	3,4	5,0	4,3	4,1	3,7	3,3	4,5	3,2	3,9
2018	5,3	5,1	*	5,7	5,3	4,9	4,4	5,1	5,1	4,9	3,5	3,4	3,8	3,4	*	3,3	2,6	3,7	3,2	3,6
2019	6,1	5,4	6,9	5,9	6,2	4,9	4,6	5,1	4,8	5,0	4,0	3,9	4,3	3,7	*	3,6	3,3	3,7	3,5	3,9
MED	5,9	5,3	6,4	6,0	6,0	5,0	4,7	5,4	5,0	5,2	3,8	3,6	4,3	3,8	3,8	3,3	2,9	3,7	3,2	3,4
DEST	0,6	0,5	0,7	0,5	0,7	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,4	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,7	0,5	0,4	0,4
MÁX	7,0	6,0	7,8	6,8	7,6	6,0	5,5	6,5	5,8	6,1	4,4	4,2	5,0	4,7	4,5	4,0	3,7	4,5	3,9	3,9
MÍN	5,1	4,5	5,6	5,3	5,1	4,0	3,8	4,2	3,9	4,2	2,9	3,0	3,7	3,0	2,9	2,0	0,9	2,6	2,4	2,5
DIF	1,9	1,5	2,2	1,5	2,5	1,9	1,7	2,3	2,0	1,9	1,6	1,2	1,3	1,7	1,7	2,1	2,8	1,9	1,5	1,4
MEDIA CIMA	5,9 ± 0,7					5,1 ± 0,6					3,8 ± 0,5					3,3 ± 0,6				





Resultados a nivel europeo

En el ámbito que nos ocupa el proyecto GLORIA, el estudio de la flora vascular de alta montaña, ya estamos observando las consecuencias del calentamiento global a nivel europeo. En tan sólo siete años (2001-2008), además del aumento de la temperatura, hemos visto una respuesta muy rápida de la flora alpina en forma de ascenso altitudinal de las plantas amantes del calor o termófilas hacia las partes altas de las montañas (Gottfried & al., 2012; Pauli & al., 2012).

En dicho intervalo de tiempo, se ha producido un ascenso medio en altitud de la flora alpina europea de 2,7 m, lo que a largo plazo puede provocar la extinción de las especies más frioleras por la pérdida de su hábitat idóneo, sobre todo en las montañas del sur de Europa.

Gracias a la red de termómetros automáticos que tenemos instalados, hemos podido saber que, entre 2001 y 2008, la temperatura media diaria de las mínimas de junio ascendió 1,6°C en el Pirineo y Sierra Nevada, resultando éste alza más acusado que el del conjunto de las montañas estudiadas en Europa, que se sitúa de media en los 0,7°C.

Es lo que hemos llamado la “termofilización” de la montaña. El análisis de los datos del seguimiento que hicimos en 2015 de la zona piloto de Ordesa (ES-CPY), permitirá confirmar si sigue esta tendencia. Se trata de un hecho sorprendente, dada la inercia que tienen estos ecosistemas y la menor capacidad de desplazamiento que tienen estos organismos si los comparamos, por ejemplo, con los animales.

Por otra parte, en un estudio a lo largo de 20 años en los Apeninos y los Alpes (Rogora & al., 2018), también han observado esta rápida respuesta de los ecosistemas montañosos al cambio climático. A medida que las temperaturas aumentaron, la cubierta vegetal en cumbres alpinas y subalpinas también aumentó.

Esto nos podría hacer pensar en que las plantas de zonas bajas podrían desplazar a las plantas más frioleras ya que, en su desplazamiento en altitud, llegaría un momento en el que las especies de ecosistemas más fríos ya no tuvieran un espacio físico que colonizar con condiciones de temperatura y humedad adecuadas y que llegaran a extinguirse.

A este respecto, nuestros estudios apuntan en dos direcciones: en las montañas del centro y norte de Europa se aprecia un aumento de la biodiversidad, ya que las especies de zonas más bajas colonizan la alta montaña, mientras que las especies más frioleras mantienen su estatus, ya que existen microhábitats libres y colonizables con las condiciones adecuadas. Sin embargo, en las montañas mediterráneas se está evidenciando una

pérdida de diversidad vegetal, probablemente como consecuencia de un aumento de la evapotranspiración durante el periodo vegetativo por el aumento del calor, con una menor disposición de agua para las plantas (Gottfried & al., 2012; Pauli & al., 2012). Este hecho no afecta a las montañas del norte donde no se produce este déficit hídrico. Para el ámbito aragonés, en las cumbres pirenaicas encontramos también un aumento de la diversidad vegetal, aunque no tan acusado como en las montañas del norte de Europa. En el Moncayo, como montaña mediterránea, parece previsible un retroceso del número de especies, pero no podremos confirmarlo hasta que analicemos los datos obtenidos en la repetición del muestreo de flora que hicimos en 2019.

Otra de las conclusiones del proyecto GLORIA es que, a escala de nuestro continente, las laderas que más exposición solar reciben son, por orden, Este, Sur, Oeste y Norte, si bien en el Pirineo la ladera que más energía recibe es la Sur, mientras que la Este y la Oeste van más o menos parejas. Al parecer, en las montañas del centro y norte de Europa la formación de nubes a partir de media mañana haría que la exposición Este fuera la que recibiera la mayor radiación, mientras que en el Pirineo las nubes evolucionan más tarde, pasado el mediodía o ya de tardes.

Referencias bibliográficas (descargables en www.gloria.ac.at)

- Dengler, J., V. Wagner, I. Dembicz, I. García-Mijangos, A. Naqinezhad, S. Boch, A. Chiarucci, T. Conradi, G. Filibeck, R. Guarino, J.L. Benito Alonso & al. (2018). GrassPlot - a database of multi-scale plant diversity in Palaearctic grasslands. *Phytocoenologia* 48 (3): 331-347. [DOI:10.1127/phyto/2018/0267].
- Djukic, I., S. Kepfer-Rojas, I. Kappelschmidt, K. Steenberg Larsen, C. Beier, B. Berg, K. Verheyend, [...], J.L. Benito Alonso, J.J. Jiménez, L. Villar & al. (2018). Early stage litter decomposition across biomes. *Science of the Total Environment* 628-629: 1369–1394. [https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.012].
- Dullinger, S., I. Kleinbauer, H. Pauli, M. Gottfried, R. Brooker, L. Nagy, J.-P. Theurillat, J.I. Holten, Otari Abdaladze, J.-L. Benito Alonso, L. Villar & al. (2007). Weak and variable relationships between environmental severity and small-scale co-occurrence in alpine plant communities. *Journal of Ecology* 95 (6): 1284–1295.
- García, M.B., C.L. Alados, R. Antor, J.L. Benito Alonso, J.J. Camarero, F. Carmena, P. Errea, F. Fillat, R. García-González, J.M. García-Ruiz, L. Villar & al. (2016). Integrando escalas y métodos LTER para comprender la dinámica global de un espacio

protegido de montaña: el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido. *Ecosistemas* 25(1): 19-30.

- Gottfried, M., H. Pauli, A. Futschik, M. Akhalkatsi, P. Barančok, J.L. Benito Alonso, L. Villar & al. (2012). Continent-wide response of mountain vegetation to climate change. *Nature Climate Change* 2: 111-115 (10 de enero de 2012) [doi:10.1038/nclimate1329].
- Jiménez, J. J., J. M. Igual, L. Villar & J.L. Benito-Alonso & J. Abadías-Ullod (2019). Hierarchical drivers of soil microbial community structure variability in “Monte Perdido” Massif (Central Pyrenees). *Scientific Reports* 9 (8768): 1-17.
- Lembrechts J.J., [...], J.L. Benito Alonso, L. Villar, [...] & al. (2020). SoilTemp: a global database of near-surface temperatures. *Global Change Biology* 26(11): 6616-6629. [doi.org/10.1111/gcb.15123].
- Pauli, H., M. Gottfried, S. Dullinger, O. Abdaladze, M. Akhalkatsi, J.L. Benito Alonso, L. Villar & al. (2012). Recent Plant Diversity Changes on Europe’s Mountain Summits. *Science* 336(6079): 353-355 (20 de Abril de 2012). [DOI: 10.1126/science.1219033].
- Pauli, H.; Gottfried, M.; Lamprecht, A.; Niessner, S.; Rumpf, S.; Winkler, M.; Steinbauer, K. & Grabherr, G., coords. & eds. (2015). Manual para el trabajo de campo del proyecto GLORIA. Aproximación al estudio de las cimas. Métodos básico, complementarios y adicionales. 5ª edición. 150 pp. Global Observation Research Initiative in Alpine Environments (GLORIA). Editor: GLORIA-Coordinación, Academia Austriaca de Ciencias y Universidad de Recursos Naturales y Ciencias de la Vida, Viena, Austria. Edición en español a cargo de Benito, J.L. & Villar, L., Jaca, España. ISBN: 978-92-79-47948-9.
- Rogora, M. & al. (2018) Assessment of climate change effects on mountain ecosystems through a cross-site analysis in the Alps and Apennines. *Science of The Total Environment* 624: 1429-1442. [DOI10.1016/j.scitotenv.2017.12.155].



8. Mapa de vegetación actual, a escala 1: 10.000, del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido y su zona periférica de protección

José Luis Benito Alonso

Jolube Consultor Botánico y Editor, Jaca (Huesca) – www.jolube.es

RESUMEN: Presentamos la publicación del nuevo mapa de vegetación actual del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (PNOMP) y su zona periférica de protección (ZPP), a escala 1:10.000, editado en diciembre de 2018 por el Organismo Autónomo Parques Nacionales, con motivo del centenario del Parque Nacional. Este trabajo ofrece el mayor nivel de detalle alcanzado hasta ahora en el PNOMP. Usa como leyenda principal los hábitats Corine del Mapa de Hábitats de Aragón (MHA) del Gobierno de Aragón y se corresponde con la Lista Patrón de los Hábitats Terrestres de España de 2017 (LPHTE). Como leyenda secundaria tiene la de los hábitats de importancia comunitaria (HIC).

Introducción

La cartografía de la vegetación ofrece una información básica e imprescindible para la gestión del patrimonio natural. De ella se pueden derivar y planificar muchos estudios, no sólo de flora y vegetación, también de fauna, de paisaje, de carga ganadera, de gestión de la capacidad turística, planificación de infraestructuras, etc., como podremos ver en el Anexo. Por ello, el Gobierno de Aragón puso en marcha en 2005 el proyecto de cartografía de hábitats de Aragón (SANZ & BENITO, 2007) con leyenda del *CORINE Biotopes Manual-CBM* (COMISIÓN EUROPEA, 1991), con el fin de tener una cartografía temática básica para la gestión del territorio, y nos asigna la coordinación del proyecto. A partir de aquí elaboramos una lista de los hábitats de Aragón (LHA, BENITO, 2011), tomando como referencia la lista de los hábitats CORINE de Cataluña, a partir del *Manual dels hàbitats de Catalunya* (VIGO & al, 2005; CARRERAS & al., 2014, 2105). A continuación, se elaboraron varias hojas piloto, una de las cuales fue la 178-2 (Escuaín) correspondiente a la parte nordeste del espacio protegido que nos ocupa.

No obstante, este mapa que ahora se publica es heredero del que confeccionamos entre 1991 y 1993, a escala 1: 25.000, por encargo del Parque, que sería publicado años más tarde en tres hojas, de forma parcial (VILLAR & BENITO, 2001), pues no incluyó

la zona periférica. En aquel momento la información sobre las comunidades vegetales del Parque era todavía fragmentaria, por lo que la leyenda en muchos casos no pudo alcanzar el nivel de detalle que tenemos en la actualidad.

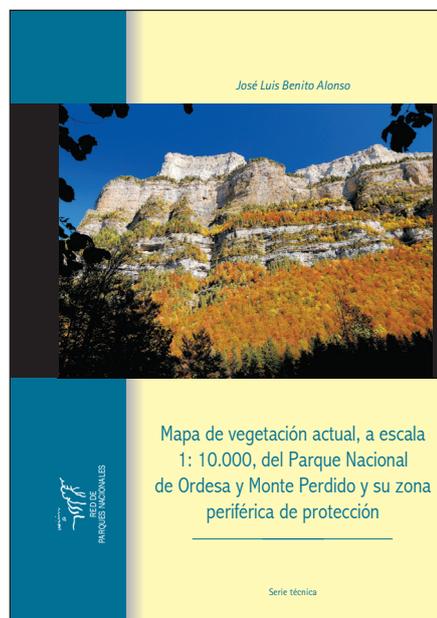
A raíz de la elaboración de mi tesis doctoral sobre la flora y la vegetación del Parque (BENITO, 2005, 2006), actualicé la información en un mapa sintético a escala 1:40.000, aunque manteniendo la anterior leyenda de tipo fisionómico-sintaxonómica, enriquecida en muchos casos hasta el nivel de asociación. En el año 2012, el Parque nos encargó la actualización y mejora del mapa, haciéndolo más detallado e incorporando la lista de hábitats CORINE de Aragón. y la Lista de Hábitats de Interés Comunitario. Esta última cartografía, actualizada prácticamente hasta un mes antes de su publicación, es la que venimos a presentar aquí, actualizando la leyenda a la Lista Patrón de los Hábitats Terrestres de España (LPHTE, 2017).

Organización de la obra

El trabajo en sí consta de tres partes.

La primera es **el libro de 450 páginas**, editado en diciembre de 2018 por el Organismo Autónomo Parques Nacionales, dentro de la *Serie técnica*, con motivo del centenario del Parque Nacional.

Está compuesto en su mayor parte por el manual de interpretación de los 118 hábitats CORINE y de los 34 hábitats de importancia comunitaria. (HIC) que hemos localizado en este espacio protegido. Está organizado en fichas a doble página (Figs. 1 y 4), que incluyen mapas sintéticos de cada hábitat. Cada ficha se compone de una descripción del hábitat, fisiográfica y fisionómica; un cuadro sintético de la ecología; le sigue su distribución en el PNOMP y ZPP; un párrafo dedicado a enumerar la flora vascular principal; un apartado de sintaxonomía (taxonomía de la vegetación), con asignación de las asociaciones fitosociológicas (comunidades vegetales); se da su correspondencia, si es el caso, con un HIC y con los hábitats Paleártico y EUNIS. En la página derecha incluye un mapa sintético con la distribución del hábitat en el Parque. Todo ello viene ilustrado con fotos del hábitat y de las especies de flora más típicas, que suma cerca de 1000 imágenes. Está disponible para su descarga en PDF (BENITO, 2018).



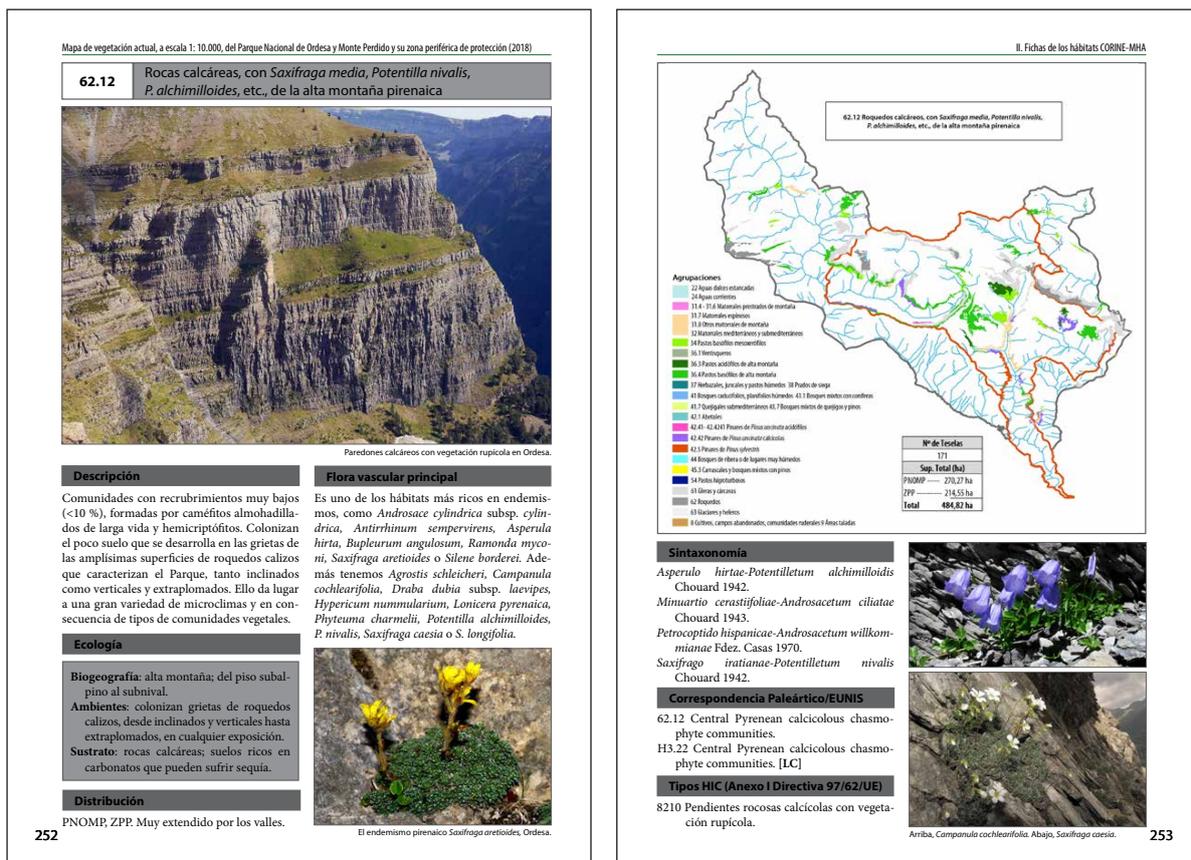


Figura 1. Ejemplo de ficha del hábitat CORINE-MHA 62.12

Continúa el libro con un capítulo dedicado a la geobotánica, explicando la zonación altitudinal de la vegetación del PNOMP y su ZPP (Fig. 2), desde el piso basal, a 700 m en Añisclo, hasta el subnival que alcanza los 3348 m del Monte Perdido, pasando por los pisos montano, oromediterráneo, subalpino y alpino; incluye cortes de vegetación de los cuatro valles (Fig. 3). Le sigue un capítulo sintético con las cifras de los distintos hábitats; tablas de correspondencias entre los hábitats CORINE, HIC y EUNIS. Después tenemos el esquema sintaxonómico de las comunidades del Parque Nacional. Acabamos con la bibliografía y el índice de especies y de sintáxones citados.

Mapa de vegetación actual, a escala 1:10.000, del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido y su zona periférica de protección (2018)

LOS PISOS DE VEGETACIÓN

El paisaje vegetal del PNOMP, como hemos visto, consta de más de un centenar de hábitats, en su mayor parte definidos a partir de las formaciones vegetales. Sus elementos dependen del relieve, la altitud y el clima, y se estructuran en pisos de vegetación que dan lugar a una zonación altitudinal. Cada nivel lleva asociados unos tipos de vegetación particulares cuyo esquema ya esbozamos en (VILLAR & BENTTO, 2001) y detallamos en el volumen dedicado a la vegetación del Parque (BENTTO, 2006b). Todo ese corpus de información es el que ahora adaptamos a los hábitats CORINE-MHA.

No obstante, este esquema ideal general se ve alterado por el relieve en valles muy encajados, lo que da lugar a fenómenos de inversión térmica (IT), trastocando el esquema ideal de la vegetación. En Añiscló hemos confirmado instrumentalmente dicho fenómeno que tiene como consecuencia la inversión de los pisos de vegetación en las zonas media y baja del valle. Así, podemos observar cómo los hayedos (41.1) y los bosques mixtos (41.4A*) colonizan las zonas inferiores, mientras que el carrascal mediterráneo continental con boj (45.3415*) aparece por encima de aquéllos invirtiendo la forma normal en la que suelen aparecer en condiciones normales.

En el caso de la IT observada instrumentalmente por nosotros en el valle de Ordesa, la consecuencia es la ocupación de las solanas por bosques propios de umbrías. Así, los abetales (42.122), los hayedos mixtos (43.14) y un tipo de pinar musgoso (42.5922*), cubren la solana de Ordesa, este último citado por primera vez para la Península (BENTTO, 2006c).

Comentaremos a continuación las unidades que se suceden, desde el piso basal o mediterráneo, a unos 600 m de altitud, al piso de las nieves casi perpetuas o de las altas cumbres (subnival) a 3348 m, pasando por los pisos forestales (montano, oromediterráneo, subalpino -muchas veces alpinizado por presión pastoral-) y el piso de los pastos supraforestales (alpino) y de lo mineral. Los hábitats van ordenados por su código CORINE-MHA (uno o más), al que acompaña un epígrafe descriptivo resumido, seguido en la mayoría de los casos por la comunidad fitosociológica que le hemos atribuido (en las categorías de asociación o alianza, por lo general). Ilustramos el capítulo con cuatro cortes de vegetación.

A. Piso basal mediterráneo (610–800 m)

Su presencia en el territorio protegido es testimonial, aunque de gran importancia biogeográfica, ya que supone uno de los límites septentrionales de la vegetación mediterránea en este sector del Pirineo.

45.3124* Encinar con madroño y durillo (*Viburno tini-Quercetum ilicis*)

Bosque esclerófilo de afinidad mediterráneo-litoral, acantonado en el punto más bajo y abrigado de todo el Parque, al sur de Añiscló, a unos 800 m, sobre sustrato calizo y en atmósfera fresca. Está rodeado de carrascales montanos con boj (45.3415*), avellanas (31.8C) y bosques mixtos (41.4A*). Su presencia en desfiladeros y gargantas frescas, tanto en el Parque como en el Pirineo aragonés, puede considerarse relictica.

Está caracterizado por la encina (*Quercus ilex* subsp. *ilex*), junto con arbustos de tipo laurifolio como el madroño (*Arbutus unedo*) y el durillo (*Viburnum tinus*), lianas como

362

IV. La zonación altitudinal

Clematis vitalba, la madreSelva mediterránea (*Lonicera implexa*) o la rubia (*Rubia perigrina*), más helechos como *Polypodium cambricum* subsp. *cambricum* o *Asplenium onopteris*, entre otras especies más propias de ambientes poco fríos y cercanos al mar.

62.143 Rocas calcáreas sombrías de carácter mediterráneo, ricas en musgos y helechos (*Anomodonto-Polypodietum australis*)

Hábitat rupícola de rellanos, suelos inclinados y roquedos calizos sombríos, donde se deposita el rocío, más propio de áreas de clima mediterráneo, que va asociado a los encinares comentados (45.3124*). Sólo lo hemos visto en la parte más baja de Añiscló.

Está formado por tapices de musgos pleurocápicos, con una cobertura que puede llegar al 80 %, entre los que se desarrollan diversos helechos resistentes a sequías periódicas como *Polypodium cambricum*, *Asplenium onopteris*, *A. fontanum*, *A. trichomanes* s.l. o *Ceterach officinarum*.

B. Piso montano (800–1700 m)

Entre los 800 y 1700 m es donde encontramos la mayor variedad de tipos de vegetación, desde los carrascales con boj y los quejigales submediterráneos, a los salguerales y bosques mixtos, más los pinares musgosos, los hayedos o abetales con sus comunidades megafórbicas, los pastos secos, los pastos mesófilos, los matorrales de romero, boj o erízón, la vegetación rupícola o glareícola y por fin los prados de siega.

31.71 Matorrales de erízón (*Teucrium guarenis-Echinopartum horridi*)

Comunidades de matas almohadilladas espinosas de erízón (*Echinopartum horridum*), calcícolas, adaptadas al aire seco e insolación intensa y muy resistentes al fuego y pisoteo. Esta leguminosa rebrota y germina bien tras el incendio, recolonizando las áreas quemadas. Su forma pulvinular mitiga la escorrentía superficial y acumula humus en su interior; por tanto, si no se repite el incendio, la recuperación forestal se favorece (MONTERRAT & AL., 1984). Requieren lluvias frecuentes a finales de la primavera y en otoño, pero sequía atmosférica y luminosidad estivales, puesto que la humedad pudre los «cojines». Al fijar nitrógeno atmosférico es capaz de colonizar crestas abiertas y venteadas o rellanos con suelo esquelético de solanas calizas de clima oromediterráneo, desde el nivel submontano hasta el subalpino inferior (700-2100 m). También puede invadir claros de bosque, taludes, etc., pero muere cuando los árboles le vuelven a dar sombra. Constituyen la etapa de recuperación del quejigal (41.7131*) o del pinar de pino silvestre (42.5, 43.7131*), a partir de pastos xerófilos (34.7) y también mesófilos (34.322).

El último incendio registrado en nuestra zona, que afectó a matorrales de erízón y boj, se produjo el 22 de agosto de 2017 entre Nerín y Sercué, en la ZPP que rodea al cañón de Añiscló, donde ardieron cerca de 80 Ha (DIARIO DEL ALTO ARAGÓN, 2017).

Estas singulares asociaciones presentan su óptimo en la vertiente meridional del Pirineo central. Aparte del erízón, hallaremos *Teucrium pyrenaicum* subsp. *guarense*, *T. chamadryis*, *Helianthemum nummularium*, *Crepis alba*, *Sideritis hyssopifolia*, *Hippocrepis comosa*, *Anthyllis montana*, *Paronychia kapela* subsp. *serpyllifolia*, *Arenaria grandiflora*, *Carduncellus monspeliensis*, *Thymelaea tinctoria* subsp. *nivalis*, *Onobrychis pyrenaica*, *Globularia cordifolia*, etc.

363

Figura 2. Ejemplo del capítulo dedicado a la zonación altitudinal.

Mapa de vegetación actual, a escala 1:10.000, del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido y su zona periférica de protección (2018)

Esquema de la vegetación del valle de Ordesa (ampliado y modificado de VILLAR & al., 1997)

- 1- Pasto pedregoso de cresteros calizos crioturbados, batidos por el viento, con *Saponaria caespitosa* (*Oxytropido-Festucetum scopariae saponarietum*) [36.434]. En las solanas de Punta Acuta, ya fuera del Parque, pastos de *Festuca eskia* [36.314].
- 2- Fisuras de roquedos subalpinos calizos, tanto verticales (*Asperula-Potentilletum alchimilloides*) [62.12], como extraplomados (*Potentillo-Androsacetum willkommianae*) [62.12] o húmedos (*Viloso-Cystopteridetum alpinum*) [62.152].
- 3- Pinar subalpino ralo de pino negro sobre calizas (*Pulsatillo-Pinetum uncinatae*) [42.425]; pastos pedregosos de umbría caliza (*Seslerietum*) [36.41]; y gleras subalpinas (*Aquilegio-Borereetum pyrenaicae*) [61.345].
- 4- Pinar subalpino de pino negro con rododendro sobre areniscas acidificadas (*Rhododendro-Pinetum uncinatae*) [42.425].
- 5- Hayedo-abetal subalpino acidófilo con rododendro (*Rosa-Fagetum*) [41.15].
- 6- Fisuras de roquedos calizos montanos, tanto verticales (*Saxifraga-Ramondetum*) [62.151], como en extraplomo húmedo (*Pinguicula-lorajifoliae-Caricetum brachystachys*) [62.51].
- 7- Hayedo-abetal con boj (*Buxo-Fagetum*) [43.141*]. En algunos puntos de la parte baja del valle, hayedo acidófilo (*Luzulo-Fagetum*) [41.172].
- 8- Pinar musgoso de umbría (*Hylocomio-Pinetum*) [42.561]; en la parte baja del valle, con manchas de *Populus tremula* [41.13].
- 9- Hayedo atlántico (*Scillo-Fagetum*) [41.141] y hayedo-abetal con boj (*Buxo-Fagetum*) [43.141*]. Gleras fijadas con *Gymnocarpium robertianum* (*Valeriano-Gymnocarpietum*) [61.231].
- 10- Pastos mesófilos (*Euphrasio-Plantaginetum mediae*) [34.322], en algunos casos invadidos por espinos, rosales y bojes [31.81]; fuentes con escobizo (*Molinio caeruleae*) [37.311]; y pastos higroturbosos (*Pinguicula-Caricetum davallianae*) [54.24].
- 11- Gravas del río Aranzas colonizadas por sauces, abedules, fresnos, etc. (*Saponario-Salicetum purpureum*) [44.124].
- 12- Abetales frescos (*Buxo-Fagetum pyrotaetum*) [42.122].
- 13- Pinares musgosos de solana sometida a inversión térmica (*Goodyero-Pinetum sylvestris*) [42.5922]. Valle abajo son sustituidos por el pinar de solanas con plantas del quejigal (*Buxo-Quercetum pubescentis pinetosum*) [42.5921].
- 14- Prados de siega abandonados (*Rhinantho-Trisetum flavescens*) [38.23].
- 15- Gleras montanas calizas (*Picrido-Stipetum calamagrostis*) [61.311].
- 16- Matorrales de erízón (*Teucrio-Echinopartum horridae*) [31.71].
- 17- Pinares con erízón (*Echinopartum-Pinetum sylvestris*) [42.5A1].
- 18- Gleras subalpinas calizas (*Aquilegio-Borereetum pyrenaicae*) [61.345]. Alternan con pastos de *Braichopodium pinnatum* [34.323] y fuentes de *Molinia caerulea* [37.311].
- 19- Pinares oromediterráneos con gayuba (*Arctostaphylo-Pinetum uncinatae*) [42.4242].
- 20- Faja Racón, mallata Gabarda: vegetación nitrófila (*Hordeetum murini + Urtico-Scropularietum pyrenaicae*) [87.22]; márgenes de bosque con *Rosa jacetana* [31.81]; matorrales de erízón [31.81]. También vegetación rupícola termófila con *Jasonia saxatilis* en límite altitudinal [62.111]; en el resto de acantilados corresponde a los hábitats 62.12 y 62.152.
- 21- Pastos altos de *Festuca paniculata* subsp. *spadicosa* (*Teucrio-Festucetum spadicosa*) [34.32613], en ocasiones colonizadas por enebros rastroseros [31.881].
- 22- Pastos sobre calizas de *Festuca gautieri* subsp. *scoparia* (*Oxytropido-Festucetum scopariae*) [36.434] y gleras subalpinas (*Aquilegio-Borereetum pyrenaicae*) [61.345].
- 23- Vegetación de gleras alpinas (*Festucetum glaciali-pyrenaicae*) [61.341].
- 24- Vegetación inicial de las cumbres, sobre areniscas calizas (*Minuartio cerastifoliae-Androsacetum ciliatae*) [61.343].

372

IV. La zonación altitudinal

Esquema de la vegetación de la zona media del cañón de Ordesa

Legenda de símbolos

- Abeto (*Abies alba*)
- Haya (*Fagus sylvatica*)
- Sauces de ribera (*Salix* sp. pl.)
- Androsace ciliata
- Pino royo (*Pinus sylvestris*)
- Fresno (*Fraxinus excelsior*)
- Azules (*Rhododendron ferrugineum*)
- Saponaria caespitosa
- Pino negro (*Pinus uncinata*)
- Abedul (*Abies pendula*)
- Boj (*Buxus sempervirens*)
- Vegetación rupícola
- Erízón (*Echinopartum horridum*)
- Subalpina y alpina

Hayedo con abetos en la solana de Ordesa. Al fondo, pinar de pino royo al pie del Tozal del Mallo.

373

Figura 3. Ejemplo de corte fitopográfico del valle de Ordesa.

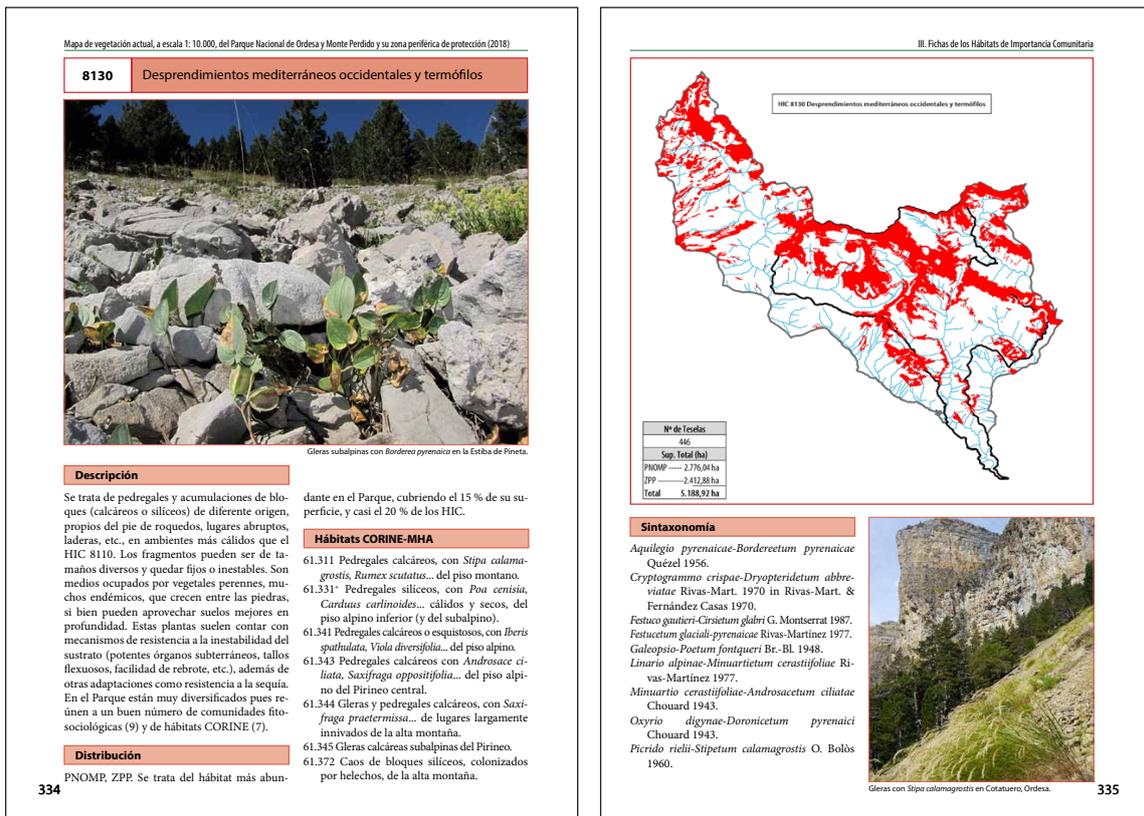


Figura 4. Ejemplo de ficha de hábitat de interés comunitario (HIC 8130).

La segunda parte es un mapa de vegetación sintético, a escala 1: 50.000, elaborado a partir de los grandes grupos de hábitats del PNOMP, reunidos en 21 clases, impreso en tamaño 93×68 cm.

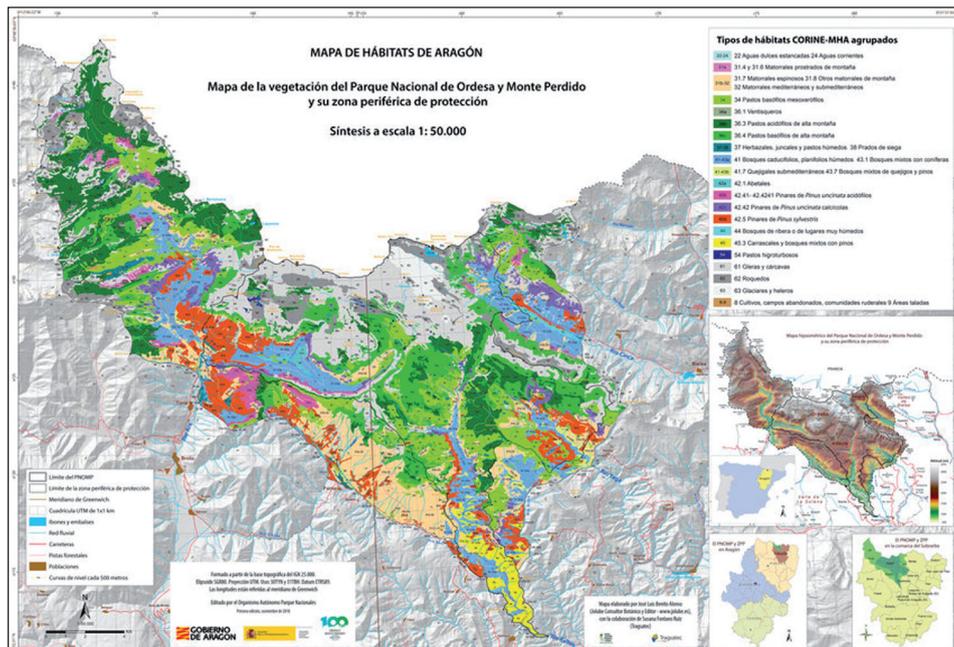


Figura 5. Mapa sintético de vegetación del PNOMP y ZPP.

La tercera parte es la cartografía digital detallada, a escala 1: 10.000, de los hábitats del PNOMP y ZPP, en formato *shape file* (shp) para SIG. Consta de 2111 teselas o polígonos de vegetación, en cada uno de los cuales se incluye información de hasta 5 hábitats CORINE-MHA diferentes, con su correspondiente equivalencia HIC, y el porcentaje de cobertura de cada uno de ellos en la tesela.

Resultados

Como resumen podemos decir que, en el PNOMP y ZPP, podemos observar tres grandes tipos de hábitats.

Más de la mitad de la superficie (el 51,1 %), está cubierta de vegetación arbustiva y herbácea; hay grandes áreas de pastos (casi el 40 %). Los matorrales representan un (12 %), en su mayoría de boj y erizón, muchos de los cuales también fueron áreas pastadas, ahora abandonadas y en recuperación hacia la vegetación leñosa. Si analizamos el reparto de los pastos por su afinidad hacia el tipo de sustrato, vemos que el 62,6 % de los mismos corresponde a los calcícolas y el resto (37,4 %) son acidófilos. En el PNOMP, con sustrato dominante calizo, este porcentaje asciende al 74 % en los calcícolas frente a 26 % acidófilo. En la ZPP, donde la cabecera del Ara y La Munia son silíceos, se equilibra el porcentaje.

En segundo lugar, una cuarta parte de la superficie la constituyen la suma de las gleras (15,6 %) los roquedos (8,3 %), y los hielos permanentes (1 %). Además, en el piso alpino domina lo mineral sobre lo vegetal, con grandes extensiones de piedras, además de encontrarse alguno de los últimos glaciares del Pirineo en el piso subnival.

El tercer tipo de vegetación del parque son los bosques, con algo menos de la cuarta parte de la superficie total (23,1 %). De ellos, los más abundantes son los bosques caducifolios frescos, como los hayedos, fresnedas-bosques mixtos y avellanares (42,5 % de las masas arbóreas); le siguen los pinares de *Pinus sylvestris* (c. 30 %) y los pinares de *Pinus uncinata* (15,9 %). Después vendrían los carrascales (7 %), los quejigales (2,5 %), los bosques de ribera (2,2 %) y por último los abetales (0,7 %). Si sumamos los matorrales (12 %), el área cubierta por especies leñosas supera el 35 % del Parque.

Los hábitats menos abundantes son las zonas húmedas (0,2 %) y las masas de agua continentales, como lagos o ríos (0,17 %). El dominio del sustrato calizo, muy permeable, impide la presencia superficial de grandes masas de agua o incluso de zonas húmedas extensas.

A pesar del secular uso por parte del hombre, queremos señalar el bajo porcentaje de superficie actual dedicada a terrenos agrícolas (en su mayor parte prados de siega), zonas taladas o quemadas y repoblaciones (< 0,2 %). Todas estas actividades antrópicas están concentradas en su mayor parte en la ZPP.

Se puede descargar el libro en PDF, el mapa sintético y las capas para GIS en formato *shape file* (shp) en <http://www.jolube.es>.

Bibliografía

- Benito Alonso, J.L. (2005). *Flora y vegetación del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (Sobrarbe, Pirineo central aragonés). Bases científicas para su gestión sostenible*. 658 pp. + 41 páginas de mapas + mapa vegetación 1:40.000. Tesis doctoral. Dpto. Biología Vegetal (Botánica). Facultad de Biología. Universidad de Barcelona. ISBN: 84-690-0237-6.
- Benito Alonso, J.L. (2006). *Vegetación del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (Sobrarbe, Pirineo central aragonés)*. 419 pp. + mapa vegetación 1:40.000 pp. Serie Investigación, n.º 50. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón. Gobierno de Aragón, Zaragoza.
- Benito Alonso, J.L. (2011). *Mapa de vegetación actual, a escala 1: 10.000, del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido y su zona periférica de protección. Manual de interpretación de los hábitats Corine-Mapa de Hábitats de Aragón y de Importancia Comunitaria. Mapa sintético a escala 1: 50.000*. 450 pp. + mapa sintético a escala 1: 50.000. Organismo Autónomo Parque Nacionales, Ministerio para la Transición Ecológica, Madrid. Edición digital: Jolube Consultor y Editor Botánico, Jaca. Descargable en PDF: http://www.jolube.es/Editorial_Jolube/Mapa_vegetacion_PNOMP.php
- Benito Alonso, J.L. (2018). *Cartografía de los hábitats CORINE de Aragón a escala 1: 25.000. II. Lista de hábitats de Aragón (versión 4.09)*. 90 pp. Jolube Consultor Botánico y Departamento de Medio Ambiente. Gobierno de Aragón, Jaca (Huesca).
- Carreras, J. & A. Ferré, Eds. (2014). *Cartografia dels hàbitats de Catalunya, versió 2. Manual d'interpretació*. 360 pp. Departament de Territori i Sostenibilitat. Generalitat de Catalunya, Barcelona.

- Carreras, J., A. Ferré & J. Vigo, Eds. (2015a). *Manual dels hàbitats de Catalunya, edició revisada. Volum I. Introducció. Catàleg dels hàbitats naturals reconeguts en el territori català d'acord amb els criteris establerts pel CORINE biotopes manual de la Unió Europea*. 375 pp. Departament de Territori i Sostenibilitat. Generalitat de Catalunya, Barcelona.
- Comisión Europea (1991). *Corine Biotopes manual. Habitats of the European Community*. 426 pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxemburgo.
- LPHTE (2017). *Resolución de 17 de febrero de 2017, de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente, por la que se establecen tres listas patrón: la de las especies terrestres, la de las especies marinas y la de los hábitats terrestres, presentes en España*. BOE 55, de 6 de marzo de 2017: 16648-16649. https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/BDN_listas_patron.aspx
- Sanz Trullén, V. & J.L. Benito Alonso (2007). Mapa de Hábitats de Aragón: la cartografía de hábitats CORINE como herramienta para la gestión de la biodiversidad y de los espacios naturales protegidos. *Boletín EUROPARC-España* **23**: 36-41.
- Villar, L. & J.L. Benito Alonso (2001a). *Mapa de vegetación del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido, escala 1: 25 000*. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- Vigo, J., J. Carreras & A. Ferré, Eds. (2005a). *Manual dels hàbitats de Catalunya. Volum I. Introducció. Catàleg dels hàbitats naturals reconeguts en el territori català d'acord amb els criteris establerts pel CORINE biotopes manual de la Unió Europea*. 194 pp. Departament de Medi Ambient i Habitatge. Generalitat de Catalunya, Barcelona.

ANEXO: Proyectos en los que se ha usado el Mapa de vegetación del PNOMP

Desde el momento que se actualizó el mapa en 2012, diversos proyectos de investigación ligados al Parque Nacional han usado su información. Aquí podemos ver aquellos de los que tenemos constancia:

- Mapa de pinares de *Pinus sylvestris* para realizar nuestros en el ámbito de un estudio sobre la presencia de *Graellsia isabellae* en el PNOMP, para el proyec-

- to “Census and contemporary effective population size of two populations of the protected Spanish Moon Moth (*Graellsia isabellae*)” de la Dra. Marta Vila Taboada, profesora del Centro de Investigaciones Científicas Avanzadas de la Universidad de A Coruña. 2013.
- Mapa de los quejigales y pinar-quejigales, mayores de 2 hectáreas, el PNOMP más su zona circundante, para el proyecto “Determinación de los patrones de diversidad y biogeográficos a gran escala de las comunidades de arañas de seis Parques Nacionales españoles” del Dr. Miquel Àngel. Arnedo Lombarte, catedrático del departamento de Biología Evolutiva, Ecología y Ciencias Ambientales (Zoología) de la Universidad de Barcelona. 2013.
 - Mapa de vegetación completo para la elaboración del Plan Rector de Uso y Gestión del PNOMP (PRUG 2015). Zonificación del Parque. 2015.
 - Mapa de vegetación completo para el proyecto “Dinámica de la biodiversidad en montaña. Red de seguimientos de especies y hábitats, para evaluar los efectos del cambio global”, de la Dra. María Begoña García González, científica titular del IPE-CSIC. 2017.
 - Mapa de vegetación completo para la elaboración del “Plan de Paisaje del Bien Pirineos-Monte Perdido”, Paloma Ibarra Benlloch, profesora titular del Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio la Universidad de Zaragoza. 2018.
 - Mapas de pastos, para el proyecto “Plan de ordenación pastoral de la vertiente española del sitio patrimonio mundial Pirineos Monte Perdido”, Beatriz de Torre Barrio, de la consultora Agresta. 2020.
 - Mapa de humedales y turberas del PNOMP para el proyecto “Ecosistemas acuáticos de alta montaña: refugio de biodiversidad oculta y centinelas del cambio global (BIOOCULT)”, del Dr. Josep M.^a Ninot Sugrañés, del departamento de Biología Evolutiva, Ecología y Ciencias Ambientales (Botánica) de la Universidad de Barcelona. 2020.

9. Biodiversidad aparente y oculta en humedales de alta montaña

Josep M. Ninot Sugrañes¹, Aaron Pérez Haase^{1,2}, Oriol Grau³,
Eulàlia Pladevall¹, José Luis Benito⁴, Víctor Lecegui¹,
Marc Vez¹ y Amparo Carrillo¹

¹ Institut de Recerca de la Biodiversitat,
Universitat de Barcelona

² Grup d'Ecologia Aquàtica,
Universitat de Vic-Universitat Central de Catalunya

³ Global Ecology Unit,
CREAF-CSIC-UAB, Cerdanyola del Vallès

⁴ Jolube Consultor Botànic y Editor. Jaca (Huesca)



Interés de los humedales

Los humedales constituyen hábitats singulares en la alta montaña, y particularmente en áreas donde dominan las rocas calizas, tanto por lo abrupto del relieve como por la escasez de aguas superficiales. Solo en casos especiales, tales como fondos de circos glaciares u otros rellanos alrededor de cursos de agua, se observan sistemas relativamente extensos (Figura 1). Pero más frecuentemente se trata de pequeñas manchas de pocos metros cuadrados, alrededor de riachuelos, fuentes o surgencias de vertiente.



Figura 1. Sistema hidroturboso en Aguas Tuertas, con distintas comunidades formando un mosaico complejo.

Los humedales se caracterizan por mantener un nivel freático más o menos superficial, al menos la mayor parte del año. Esta característica representa un reto para la vida de las plantas, ya que sus raíces deben soportar la falta o escasez de oxígeno, y también condiciona en el mismo sentido los organismos del suelo. Es por ello que en los humedales los restos vegetales se descomponen muy lentamente, y se acumulan en forma de turba.

Las comunidades vegetales de humedal están formadas por plantas herbáceas y musgos adaptados a vivir en suelos anegados, y generalmente son especies ecológicamente muy restringidas a dichos ambientes. Es por ello que la mayoría de especies de humedal forman poblaciones reducidas, y con frecuencia muy distanciadas entre ellas. Buena parte de estas especies, singulares y raras, y también los hábitats que forman, son objetivo prioritario de conservación a nivel local, regional y europeo.

Más allá de plantas vasculares y musgos, una gran diversidad de organismos poco visibles o microscópicos viven también en los humedales de forma preferente o exclusiva: diatomeas, hongos, bacterias, pequeños invertebrados, etc. Estos colectivos, lógicamente más desconocidos, se denominan a veces genéricamente biodiversidad oculta (Pärtel, 2014), y se asume que van asociados de algún modo a la biodiversidad más aparente, constituida sobre todo por plantas vasculares y musgos.

En un contexto de cambio climático, que conlleva mayores irregularidades tales como sequías de verano, y probablemente menos precipitación en general, es lógico prever que los hábitats de humedal están sujetos a una presión creciente. Ello supone un importante reto para su conservación, y más en áreas protegidas.

Es por ello que cooperamos en un proyecto de investigación financiado por el Organismo Autónomo Parques Nacionales (Ecosistemas acuáticos de alta montaña: refugio de biodiversidad oculta y centinelas del cambio global, BIOOCULT) con el objetivo genérico de profundizar en el conocimiento de los ecosistemas de humedal de los cinco parques nacionales que incluyen paisajes de alta montaña. Para ello, además de documentar la biodiversidad global de estos ecosistemas por procedimientos ya ampliamente usados, utilizaremos herramientas moleculares para generar un árbol de la vida de eucariotas de los humedales de alta montaña (lagos, ríos y turberas) y para reconstruir las comunidades en muestreos paleolimnológicos, a partir de sondeos en turberas.

Dentro del marco general del proyecto mencionado, en esta comunicación comentamos el muestreo de turberas en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido y su zona periférica (PNOMP en adelante), realizado en verano de 2020. No disponemos todavía de resultados científicos elaborados, por lo que nos limitamos a exponer el planteamiento del muestreo y a valorar los datos generados.

Aproximación geobotánica y cartográfica

Para plantear el muestreo partimos del conocimiento previo de la vegetación del PNOMP, recogido en distintos trabajos de Benito (2006, 2019). En el primero de ellos se da una descripción minuciosa de las comunidades de plantas vasculares que forman los humedales, en base a numerosos inventarios fitosociológicos. Estos inventarios, más otros anteriores o de áreas cercanas al Parque, recopilados en la base de datos SIVIM (Sistema de Información de la Vegetación Ibérica y Macaronésica) (2020), se georeferenciaron sobre ortofotografía aérea. También obtuvimos, a partir de la cartografía de la vegetación (Benito 2019), los polígonos que contenían unidades de humedal (Figura 2). Éstos, una vez depurados de unidades de otro tipo, permitieron evaluar las localidades a muestrear, buscando su extensión, representatividad y singularidad.

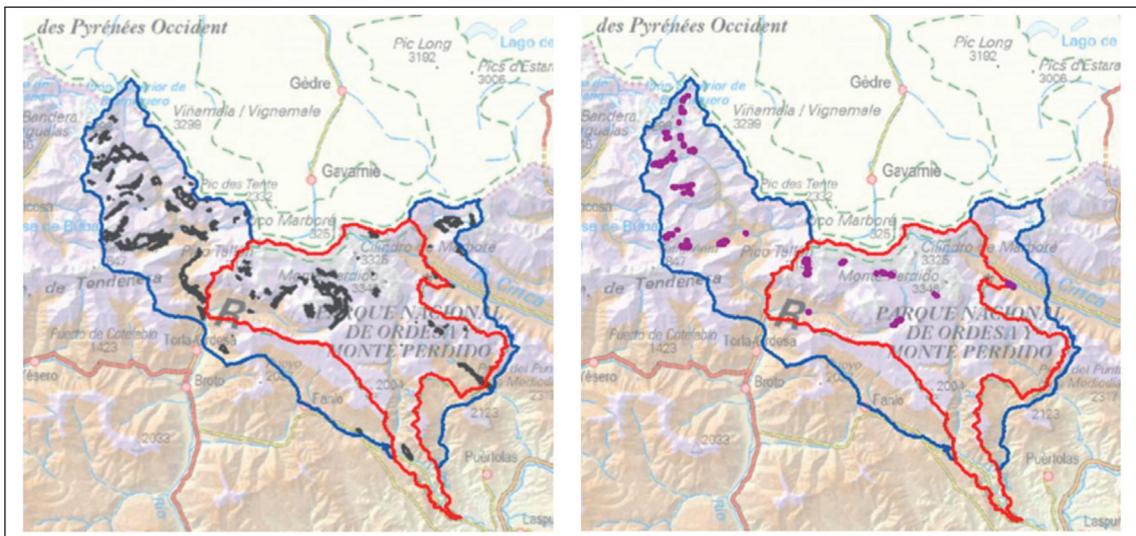


Figura 2. Localización de sistemas de humedales en el área del PNOMP (límite rojo) y su zona periférica de protección (límite azul). A la izquierda, polígonos conteniendo alguna unidad de humedal (a partir de Benito 2019); a la derecha, puntos (polígonos) una vez reducidos a las unidades de humedal de cierta extensión.

A continuación, se delimitaron de forma más precisa los polígonos de humedal susceptibles de ser muestreados, sobre ortofotografía aérea en color, a escala aproximada de 1:2.000. A partir de esta cartografía, en base a su distribución en el ámbito del PNOMP y en el gradiente de altitud, y a sus particularidades topográficas y paisajísticas, se seleccionaron una docena de localidades representativas de la diversidad de los ecosistemas de humedal en dicho ámbito geográfico (Figura 4).

Muestreo

En cada una de las localidades visitadas se esbozó sobre ortofotografía en papel un esquema que reflejase el mosaico de hábitats reconocido en el campo, ligados principalmente a variaciones topográficas e hidrológicas (figura 1). Una vez evaluada su extensión, se diseñó un muestreo en base a superficies de 1×1 m, distribuidas acorde con esta variación. En general, se muestrearon unas diez de estas superficies por localidad, que quedaron registradas con GPS métrico. En cada una de estas parcelas cuadradas se levantó un inventario completo de vegetación (plantas vasculares y briófitos), evaluando el recubrimiento de cada especie por medio de una escala de diez. Para cada inventario se anotaron distintos parámetros ambientales (altitud, orientación, topografía, hidrología, profundidad del nivel freático, grosor de turba....) y se evaluaron factores de riesgo, básicamente herbivorismo y erosión. También se tomó una muestra de agua freática, en la que se midió el pH y la conductividad eléctrica con una sonda portátil, y que luego se congeló para análisis químico posterior. En algunas parcelas de cada localidad se instaló un pequeño registrador de temperatura (*i-button*) enterrado superficialmente, para conocer el régimen térmico a este nivel.



Figura 3. Ejemplos de muestras para el estudio genético de la biodiversidad de humedales. En cada parcela se tomó musgo para secuenciación masiva de biodiversidad de la comunidad (arriba a la izquierda). De las especies de interés se conservó una pequeña muestra en atmósfera desecante para caracterizarlas por secuenciación (abajo a la izquierda), acompañada de una muestra de herbario como referencia (derecha, *Carex panicea*).

Para la aproximación genética a la diversidad de humedales, en cada parcela se tomó una muestra compuesta, consistente en varias submuestras de musgo o turba superficial, que se conservó en alcohol (Figura 3). Esta muestra se procesará mediante secuenciación masiva (DNA *metabarcoding*) a fin de detectar el número de secuencias distintas, a través de los marcadores genéticos COI (mitocondrial), 18S (nuclear), y trnL & rbcL (cloroplásticos). Estas secuencias distintas, asimilables a unidades taxonómicas operativas (OTUs), permitirán conocer la importancia o diversificación de los distintos grupos biológicos presentes en cada muestra.

En paralelo, las especies de plantas vasculares y de briófitos más comunes o singulares en los humedales del PNOMP se muestrearon en alguna de las localidades a fin de caracterizarlas mediante código de barras (DNA *barcoding*), a través de la secuenciación de fragmentos de los genes rbcL y trnL. De cada especie, se tomó una muestra de herbario como referencia taxonómica y para posibles comprobaciones, y una pequeña muestra (hojas, brotes) guardada junto con silicagel seco en una bolsa hermética, para forzar un secado rápido que favorezca la conservación del DNA (Figura 3).

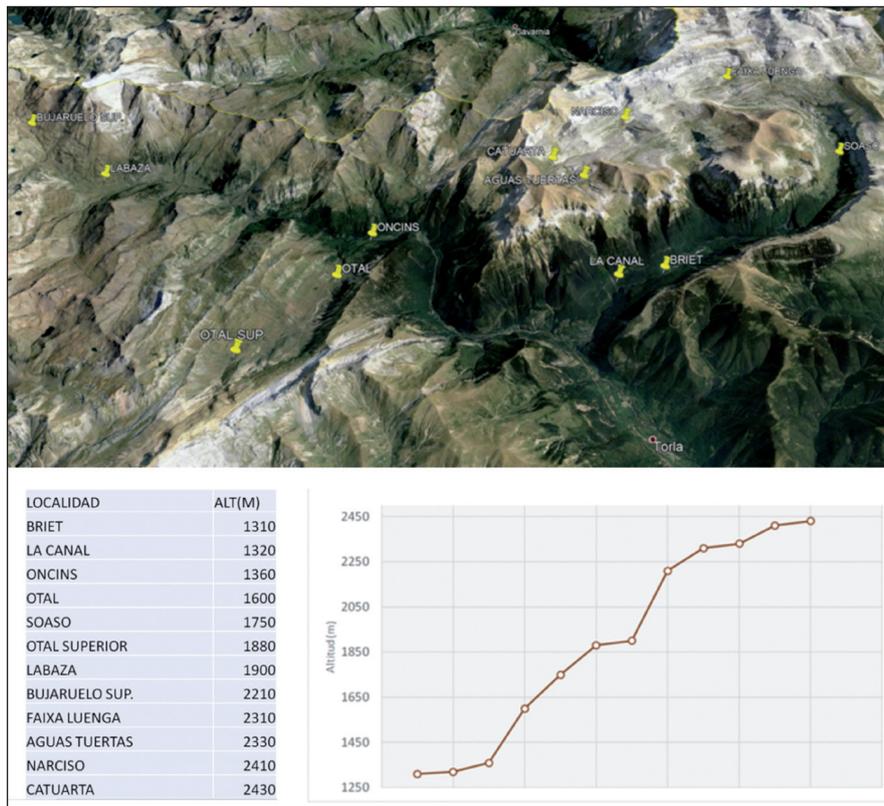


Figura 4. Distribución de las doce localidades de humedal muestreadas del PNOMP sobre ortofotografía (arriba; imagen tomada de Google Earth). Se procuró que se encontraran bastante bien distribuidas en el gradiente de altitud, tal como expresan la lista con altitudes (abajo izquierda) y el gráfico donde se ordenan las localidades por altitud creciente (abajo derecha).

Al término de las campañas se muestrearon 12 localidades bastante bien distribuidas geográficamente y en el gradiente de altitud (Figura 4). Esto constituye un muestreo razonablemente completo y representativo de los humedales del área del PNOMP. En conjunto, disponemos de 132 inventarios de vegetación con las correspondientes muestras de musgo para secuenciación masiva, de agua freática para análisis, y de datos ambientales tomados en el campo. También disponemos de muestras de 29 especies de plantas vasculares y de 8 especies de briófitos para su caracterización taxonómica por código de barras (Figura 5).



Figura 5. El humedal de Planas de Narziso, a poco más de 2400 m s.n.m., es un buen ejemplo de este tipo de ecosistemas de altitud en el Parque Nacional. De allí provienen algunas de las especies que se caracterizarán mediante dos marcadores moleculares.

Previsión de resultados

El conjunto de datos obtenidos y de los que derivarán del análisis de las muestras permitirá una aproximación plural y precisa de los ecosistemas de humedal del PNOMP. De un lado, los datos de vegetación, y su confrontación con los parámetros ecológicos tomados, nos llevará a un análisis de patrones de distribución de especies (plantas vasculares y briófitos) en gradientes ambientales, principalmente en el de altitud (asociado principalmente al nicho térmico) y según la hidrología.

Esta aproximación, junto con el análisis espacial mediante Sistemas de Información Geográfica, permitirá una evaluación del estado de conservación y de las amenazas de plantas y hábitats de humedal.

El análisis de biodiversidad oculta (micro-eucariotas) en turberas, en términos de diversidad y riqueza de grupos biológicos muy variados, pondrá de manifiesto un conocimiento global de los ecosistemas de humedal de alta montaña, hasta el momento muy reducido. Además, los patrones de distribución de esta biodiversidad oculta podrán usarse como análogo moderno para poder caracterizar periodos pretéritos mediante el estudio de sedimentos de turba, en términos paleoecológicos.

De otro lado, la caracterización mediante código de barras de un número significativo de especies vegetales de humedal contribuirá al conocimiento profundo de una flora que mayoritariamente es relictas y se encuentra bajo amenazas.

Bibliografía

- Benito, J.L. (2006). *Vegetación del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (Sobrarbe, Pirineo central aragonés)*. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón. Zaragoza.
- Benito, J.L. (2019). *Mapa de vegetación actual, a escala 1: 10.000, del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido y su zona periférica de protección*. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Ministerio para la Transición Ecológica. Madrid.
- Garcés-Pastor, S., Wangenstein, O. S., Pérez-Haase, A., Pèlachs, A., Pérez-Obiol, R., Cañellas-Boltà, N., ... & Vegas-Vilarrúbia, T. (2019). DNA metabarcoding reveals modern and past eukaryotic communities in a high-mountain peat bog system. *Journal of Paleolimnology* 62(4): 425-441.
- Pärtel, M. (2014). Community ecology of absent species: hidden and dark diversity. *Journal of Vegetation Science* 25(5): 1154-1159.
- SIVIM (2020). *Sistema de información de la Vegetación Ibérica y Macaronésica*. <http://www.sivim.info/sivi/>



10. Estudios genéticos para entender el pasado, presente y futuro de las plantas en los roquedos del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido I. *Androsace cylindrica*

Pablo Tejero Ibarra^{1,2}, Daniel Gómez¹, Guillem Masó³, Uxue Rezola⁴, Sandra Méndez⁴, Matthias Affenzeller⁴ y Andreas Tribtsch⁴

¹ Instituto Pirenaico de Ecología-CSIC

² Sociedad de Ciencias Aranzadi, Donostia-San Sebastián

³ Universidad de Vic

⁴ Universidad de Salzburgo

Resumen: Los roquedos son ambientes muy difíciles para el establecimiento y supervivencia de las plantas. Concretamente en los roquedos del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido se concentran diferentes endemismos pirenaicos que han sido objeto de estudio por su singularidad ecológica e importancia para la conservación. Mediante técnicas genéticas hemos reconstruido la historia evolutiva de *Androsace cylindrica* obteniendo resultados que revelan la capacidad que esta especie ha tenido de sobrevivir *in situ* a los ciclos glaciares en el entorno del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido.



Figura 1. Cojín en flor de *Androsace cylindrica*.

Introducción

Androsace cylindrica es una especie que habita exclusivamente en paredones calizos verticales y extraplomados del Pirineo central y occidental (<http://florapirineos.ipe.csic.es/>). Se divide en 3 subespecies (Castroviejo et al., 1997) denominadas ssp *hirtella* (de la parte occidental del Pirineo), ssp *willkommii* (exclusiva de la Peña Oroel) y la subespecie *cylindrica* (en el Pirineo central, incluido el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido). Las poblaciones conocidas de esta especie dentro del Parque Nacional son limitadas (Figura 2), pero es cierto que debido a la dificultad de prospectar su hábitat no sería raro que estuviera infra documentada.

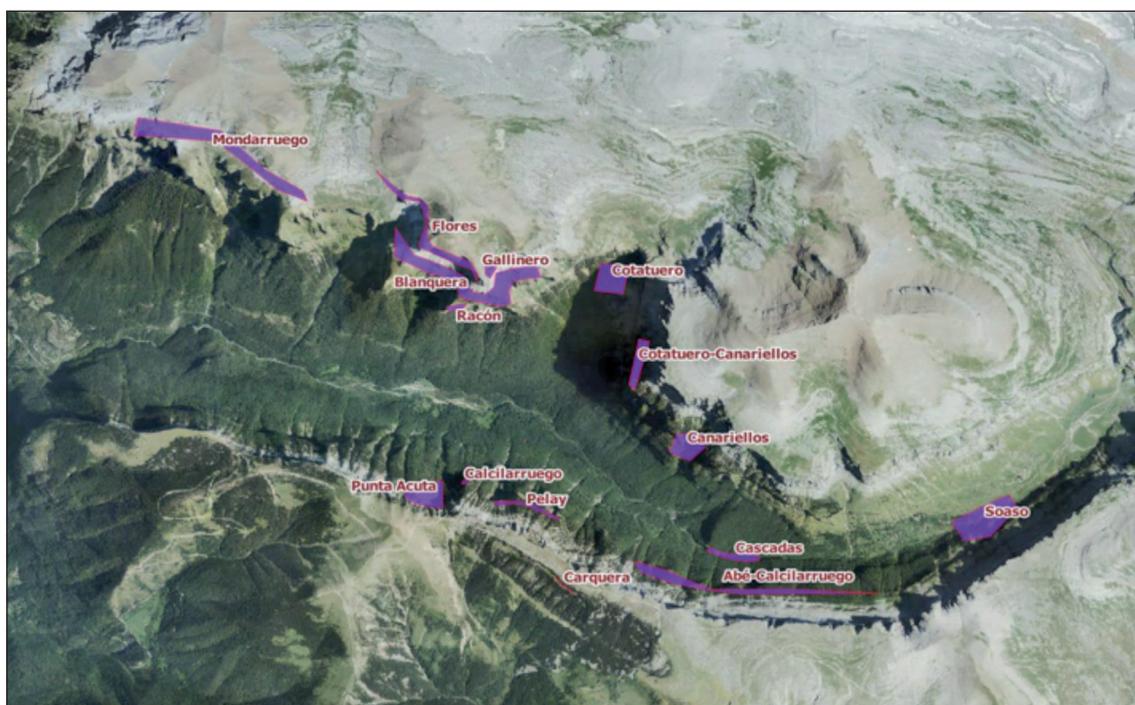


Figura 2. Localidades donde se ha citado *Androsace cylindrica* en PNOMP

Androsace cylindrica es uno de los endemismos más representativos de la flora pirenaica (Tejero et al., 2017) y por ello ha sido objeto de atención para los investigadores y gestores de la flora del Pirineo (Schneeweiss et al., 2004; Goñi et al., 2006; Gómez et al., 2017; García et al., 2020). Crece en forma de densos cojines y presenta una conspicua floración que se traduce en una producción anual de capsulas con hasta 4 semillas. A pesar de que los escapos tienden a secarse hacia la pared, estos son muy cortos y rara vez

lo consiguen. De la misma manera las semillas no parecen presentar ningún síndrome de dispersión a larga distancia (Castroviejo et al., 1997).

Desde el punto de vista biogeográfico resulta de máximo interés conocer a fondo la historia evolutiva de estas especies relictas y restringidas a los roquedos, que ocupan un área muy reducida sin presentar apenas síndromes para la efectiva dispersión. Este hecho contrasta con que la mayoría de las paredes que ahora ocupan las probaciones conocidas han sido ocupadas por el hielo durante alguno de los ciclos glaciares del pleistoceno siendo imposible, por tanto que los ocuparan entonces.

El objetivo de este trabajo es dilucidar mediante herramientas moleculares el origen de las poblaciones de *Androsace cylindrica* en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido para entender su historia evolutiva y aplicar el conocimiento adquirido a la gestión de esta especie catalogada.

Métodos

Se muestrearon localidades de *Androsace cylindrica* DC incluyendo las tres subespecies y abarcando el conjunto de su distribución. Concretamente en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido se trabajó con materiales de 7 puntos (La Carquera, Calcilaruego, Soaso, Canariellos, Cotatuero, Faja Racón y Faja de las Flores) y de Gavarnie en Francia, provenientes de recolecciones de campo y material de herbario.

Para la estima de la diversidad genética se usaron AFLPs (Vos et al., 1995) que se analizaron mediante los software Arlequin (Excoffier & Lischer, 2010) y Treecon (De Peer & De Wachter, 1993). Para el estudio filogeográfico se usaron secuencias de 4 regiones plastídicas (Avice, 2009; Hickerson et al., 2010), alineándolas con PhyDe (Müller et al., 2010) y analizándolas con Beast (Bouckaert et al., 2014) y POPART (Leigh & Bryant, 2015). Dichas regiones fueron atpF exon2/atpF exon1 con los cebadores atpF2-f1 & atpF1-r1 (Heinze, 2007), trnS/trnfM con los cebadores trnS-UGA & trnfM-CAU (Demesure et al., 1995), trnH/psbA con los cebadores trnH-GUG (Tate & Simpson, 2003) & psbA (Sang et al., 1997) and rps16 con los cebadores rpS16F & rpS16R (Shaw et al., 2005).

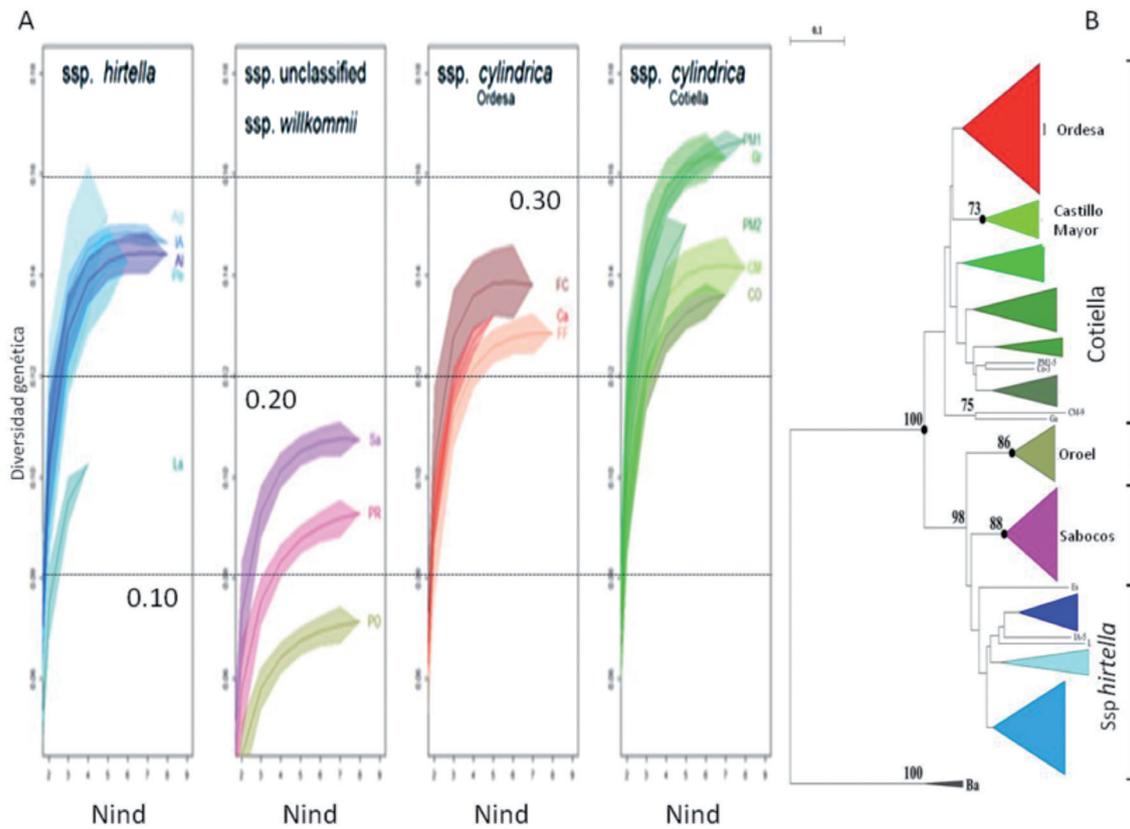


Figura 3. A) Diversidad genética de las diferentes poblaciones estudiadas en función del número de individuos analizado. B) Árbol Neijbor-Joining emparentando las poblaciones de *Androsace cylindrica*.

Resultados y discusión

La Figura 3A muestra que la variabilidad genética de las poblaciones de *Androsace cylindrica* calculada en base a la presencia/ausencia de fragmentos derivados de AFLPs es moderadamente alta y que las poblaciones dentro del Parque Nacional presentan valores constantes. Como se muestra en la Figura 3B no es posible diferenciar genéticamente los individuos de Ordesa, sea cual sea su procedencia, presentando una entidad genética única y diferenciada. Por el contrario, se diferencian muy claramente en su acervo genético del resto de localidades.

Estos resultados nos indican que la conexión entre núcleos geográficos de la especie ha sido escasa y que el aislamiento a nivel nuclear ha sido bastante grande como se ha encontrado para otras especies de (Schönswetter & Schneeweiss, 2009; Schönswetter et al., 2015)

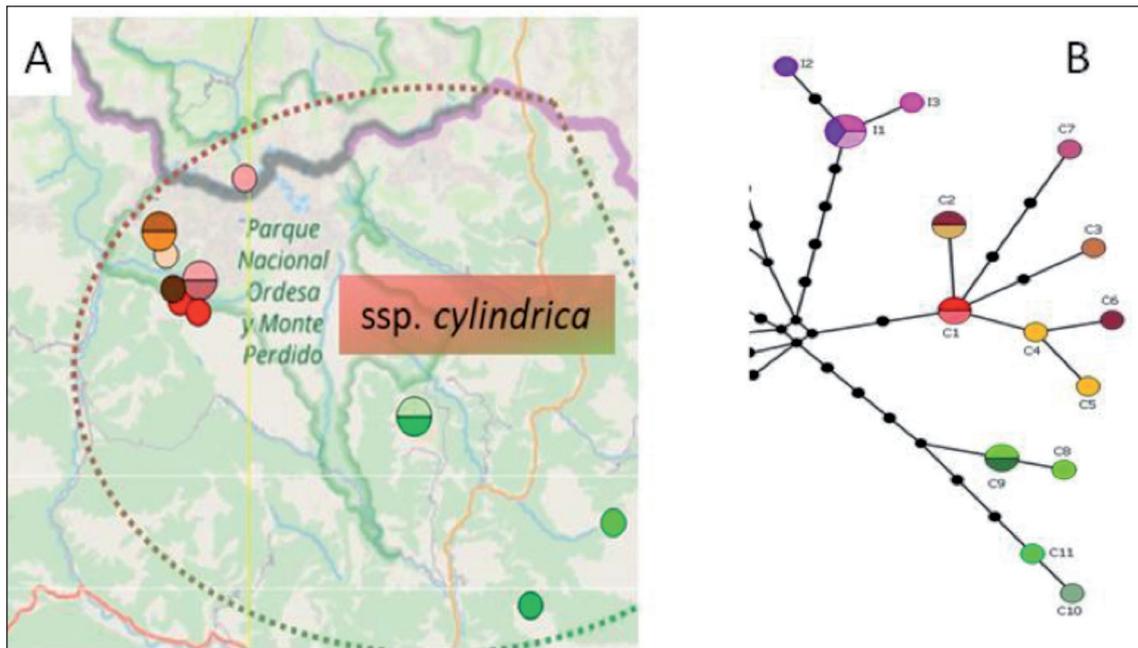


Figura 4. A) Distribución de los diferentes haplotipos en Ordesa y el valle del Cinca. Los círculos representan localidades y los colores secuencias B) Red de haplotipos parcial mostrando Ordesa en Rojo, Sabócos en rosa y el Valle del Cinca en verde. En este caso los círculos representan secuencias y los colores localidades. Los puntos negros representan secuencias intermedias extintas o no encontradas en este trabajo

En lo referente a las secuencias de cloroplasto, que reproducen sólo la historia evolutiva de las semillas (Avice, 2009; Hickerson et al., 2010), podemos comprobar de nuevo, que las poblaciones de Ordesa parten de un punto único (son monofiléticas) y han diversificado dentro del Parque Nacional, sin haber salido del mismo (Figura 4A y B). En la Figura 4A se comprueba la tendencia a encontrar secuencias diferentes en las localidades estudiadas en el entorno del valle de Ordesa. Esto indica que, secundariamente, también existe un aislamiento de las semillas (por tanto de sus poblaciones de origen) dentro del propio valle. La figura 4B muestra parcialmente una red de haplotipos y se comprueba la radiación existente dentro de Ordesa, indicando un periodo largo de evolución, así como la diferenciación muy basal respecto de poblaciones cercanas como las de Castillo Mayor.

Finalmente, las estimas del tiempo de divergencia del conjunto de poblaciones del valle de Ordesa, se data entre 3 y 1.5 millones de años. Aunque el margen de error es muy grande por la dificultad de precisar las tasas evolutivas y basarnos solo de las tasas de mutación de 4 regiones, este escenario sitúa a las poblaciones de *Androsace cylindrica* de Ordesa y aisladas y diferenciadas de sus congéneres durante el grueso de los ciclos glaciares.

Conclusiones

El presente estudio es el primer ejemplo con evidencias moleculares de la persistencia de una especie en la periferia glaciar o incluso en Nunataks. Todos los resultados apuntan a que ya a comienzos del Pleistoceno *Androsace cylindrica* se encontraba en el entorno que hoy ocupa el Cañón de Ordesa y desde entonces ha estado aislada en el mismo, haciendo frente a los ciclos glaciares *in situ*, conservando una relevante diversidad genética y mostrando una muy limitada capacidad de dispersión. Bajo estas premisas, la especie parece estar en equilibrio y no parece presentar una amenaza evidente, siempre y cuando se respete su hábitat.

Bibliografía

- Bouckaert, R., Heled, J., Kühnert, D., Vaughan, T., Wu, C. H., Xie, D., Suchard, M. A., Rambaut, A., & Drummond, A. J. (2014). BEAST 2: A Software Platform for Bayesian Evolutionary Analysis. *PLoS Computational Biology*, *10*(4), 1–6. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1003537>
- De Peer, Y. Van, & De Wachter, R. (1993). Treecon: A software package for the construction and drawing of evolutionary trees. *Bioinformatics*. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/9.2.177>
- Demesure, B., Sodzi, N., & Petit, R. J. (1995). A set of universal primers for amplification of polymorphic non-coding regions of mitochondrial and chloroplast DNA in plants. *Molecular Ecology*. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294x.1995.tb00201.x>
- Excoffier, L., & Lischer, H. E. L. (2010). Arlequin suite ver 3.5: A new series of programs to perform population genetics analyses under Linux and Windows. *Molecular Ecology Resources*. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0998.2010.02847.x>
- García, M. B., Domingo, D., Pizarro, M., Font, X., Gómez, D., & Ehrlén, J. (2020). Rocky habitats as microclimatic refuges for biodiversity. A close-up thermal approach. *Environmental and Experimental Botany*. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2019.103886>
- Gómez, D., Ferrández, J. V., Tejero, P., & Font, X. (2017). Spatial distribution and environmental analysis of the alpine flora in the pyrenees. *Pirineos*. <https://doi.org/10.3989/Pirineos.2017.172002>

- Goñi, D., García, M. B., & Guzmán, & D. (n.d.). *Métodos para el censo y seguimiento de plantas rupícolas amenazadas*.
- Heinze, B. (2007). A database of PCR primers for the chloroplast genomes of higher plants. *Plant Methods*, 3(1). <https://doi.org/10.1186/1746-4811-3-4>
- Hickerson, M. J., Carstens, B. C., Cavender-Bares, J., Crandall, K. A., Graham, C. H., Johnson, J. B., Rissler, L., Victoriano, P. F., & Yoder, A. D. (2010a). Phylogeography's past, present, and future: 10 years after Avise, 2000. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 54(1), 291–301. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2009.09.016>
- Leigh, J. W., & Bryant, D. (2015). POPART: Full-feature software for haplotype network construction. *Methods in Ecology and Evolution*, 6(9), 1110–1116. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12410>
- Sang, T., Crawford, D. J., & Stuessy, T. F. (1997). «Chloroplast DNA phylogeny, reticulate evolution, and biogeography of *Paeonia* (*Paeoniaceae*)». 1. In *American Journal of Botany* (Vol. 84, Issue 9).
- Schneeweiss, G. M., Schönswetter, P., Kelso, S., Niklfeld, H., Schönswetter, P., Kelso, S., Niklfeld, H., Schönswetter, P., Kelso, S., & Niklfeld, H. (2004). Complex Biogeographic Patterns in *Androsace* (*Primulaceae*) and Related Genera: Evidence from Phylogenetic Analyses of Nuclear Internal Transcribed Spacer and Plastid trnL-F Sequences. *Systematic Biology*, 53(6), 856–876. <https://doi.org/10.1080/10635150490522566>
- Schönswetter, P., Magauer, M., & Schneeweiss, G. M. (2015). «*Androsace halleri* subsp. *nuria* Schönsw. & Schneew. (*Primulaceae*), a new taxon from the eastern Pyrenees (Spain, France)». *Phytotaxa*, 201(3), 227–232. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.201.3.7>
- Schönswetter, P., & Schneeweiss, G. M. (2009). *Androsace komovensis* sp. nov., a long mistaken local endemic from the southern Balkan Peninsula with biogeographic links to the Eastern Alps. *Taxon*, 58(May), 544–549. <https://doi.org/10.1002/tax.582018>
- Shaw, J., Lickey, E. B., Beck, J. T., Farmer, S. B., Liu, W., Miller, J., Siripun, K. C., Winder, C. T., Schilling, E. E., & Small, R. L. (2005). The tortoise and the hare ii: relative utility of 21 noncoding chloroplast dna sequences for phylogenetic analysis 1. In *American Journal of Botany* (Vol. 92, Issue 1).

- Tate, J. A., & Simpson, B. B. (2003). Paraphyly of *Tarasa* (Malvaceae) and Diverse Origins of the Polyploid Species. *Systematic Botany*. <https://doi.org/10.1043/02-64.1>
- Tejero, P., García, M. B., & Gómez, D. (2017). Spatial distribution and environmental description of the endemic flora of the pyrenees. *Pirineos*. <https://doi.org/10.3989/pirineos.2017.172006>
- Vos, P., Hogers, R., Bleeker, M., Reijans, M., van de Lee, T., Hornes, M., Frijters, A., Pot, J., Peleman, J., Kuiper, M., & Zabeau, M. (1995). AFLP: a new technique for DNA fingerprinting. *Nucleic Acids Research*, 23(21), 4407–4414. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10206688>

Agradecimientos

Este estudio ha sido cofinanciado por el Instituto de Estudios Altoaragoneses mediante el XXXI Concurso de Ayudas para Proyectos de Investigación 2015. Agradecimiento especial a los Agentes de Protección de la Naturaleza de Aragón y el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido, Begoña García, María Pérez-Serrano y Gabriel Montserrat (IPE-CSIC), Javier Barreiro, Inés Carrasquer, Marta Quintana, Yolanda Ramón, Victor Ezquerra, Olatz Fernández, Alberto Pastoriza y muchos más amig@s.

11. Estudios genéticos para entender el pasado, presente y futuro de las plantas en los roquedos del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido II. Proyecto PRIOCONEX (PRiorización para la CONservación EX situ de poblaciones de plantas de alta vulnerabilidad al cambio climático y con incertidumbre taxonómica)

Pablo Tejero Ibarra¹⁻², Joseba Garmendia¹, Maialen Arrieta¹, Maddi Otamendi¹, Eider Conde¹, Jon Zulaika³, José Vicente Ferrández, Elena Villagrasa⁴, Agustí Agut⁵, Brais Hermosilla⁵, Luís Navarro⁶, Juan Viruel⁷, Sara Palacio² y Montserrat Martínez-Ortega⁸.

¹Sociedad de Ciencias Aranzadi, Donostia-San Sebastián

²Instituto Pirenaico de Ecología-CSIC, Jaca

³Diputación Foral de Gipuzkoa, Donostia-San Sebastián

⁴Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido

⁵Jardín Botánico de Olárizu, Vitoria-Gasteiz

⁶Universidad de Vigo

⁷Royal Kew Gardens,

⁸Universidad de Salamanca



Resumen: Los roquedos son ambientes muy difíciles para el establecimiento y supervivencia de las plantas. Concretamente en los roquedos del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido se concentran diferentes endemismos pirenaicos que han sido objeto de estudio por su singularidad ecológica e importancia para la conservación. En el marco

del proyecto PRIOCONEX, hemos extendido este estudio a *Petrocoptis crassifolia* y se explicará el planteamiento del proyecto y cómo pensamos obtener información para entender mejor cómo pueden responder estas especies al incremento de la temperatura.

Introducción

La conservación *ex situ* consiste en generar colecciones de especies, fuera de sus hábitats naturales, para disponer en el futuro de un reservorio de germoplasma. Los tejidos vegetales que preferentemente se conservan son las semillas ya que albergan en muy poco espacio la capacidad de generar nuevos individuos. La Sociedad de Ciencias Aranzadi trabaja activamente en el ámbito de la conservación *ex situ* de plantas, colaborando con las plataformas de referencia a nivel nacional como la Red Española de Bancos de Germoplasma de Plantas Silvestres y Fitorrecursos Autóctonos (REDBAG) (http://www.redbag.es/4cons_ex_situ.htm), European Native Seeds Conservation Network (ENSCONET) o el Millennium Seedbank (Samara, 2020).

La conservación *ex situ* permite generar reservorios de biodiversidad que pueden usarse en investigación y en conservación. En el ámbito de la investigación permite acceder a material vivo sin tener que realizar expediciones o visitar poblaciones amenazadas recurrentemente. En el ámbito de la conservación, disponer de semillas viables en los bancos de germoplasma permite el reforzamiento o restauración de poblaciones (Hawkes et al., 2012).

Para optimizar los recursos económicos, físicos y de tiempo, es necesario diseñar una estrategia de priorización para seleccionar las especies objeto de conservación *ex situ*. En primer lugar se priorizan las especies con un interés agroalimentario y tras ellas se consideran las especies sujetas a algún grado de protección (Hawkes et al., 2012). Sin embargo hay diferentes aspectos biológicos elementales que no se han conseguido integrar porque requieren un conocimiento profundo de las especies recolectadas (Hyvärinen et al., 2020). Por ejemplo, la diversidad genética de las especies y sus poblaciones ha de ser tenida en cuenta para poder representar en las colecciones, al máximo su acervo genético y linajes evolutivos (Escudero et al., 2003; Fasciani & Pace, 2015).

Otro aspecto crucial es tener bien resulta la sistemática de las especies objeto de conservación, para asegurar que los esfuerzos se dedican a un taxón que tiene entidad específica (Lughadha et al., 2019). Finalmente, el reto aumenta cuando se intenta capturar en las metodologías de conservación *ex situ* las posibles adaptaciones locales de las diferentes poblaciones, que pueden resultar cruciales a la hora de futuros programas de

restauración o translocación. Este último aspecto es de vital importancia en el ámbito del cambio climático si se cumplen las expectativas de progresivo movimiento en altitud de algunas poblaciones de plantas alpinas (Pauli et al., 2012; Steinbauer et al., 2018).

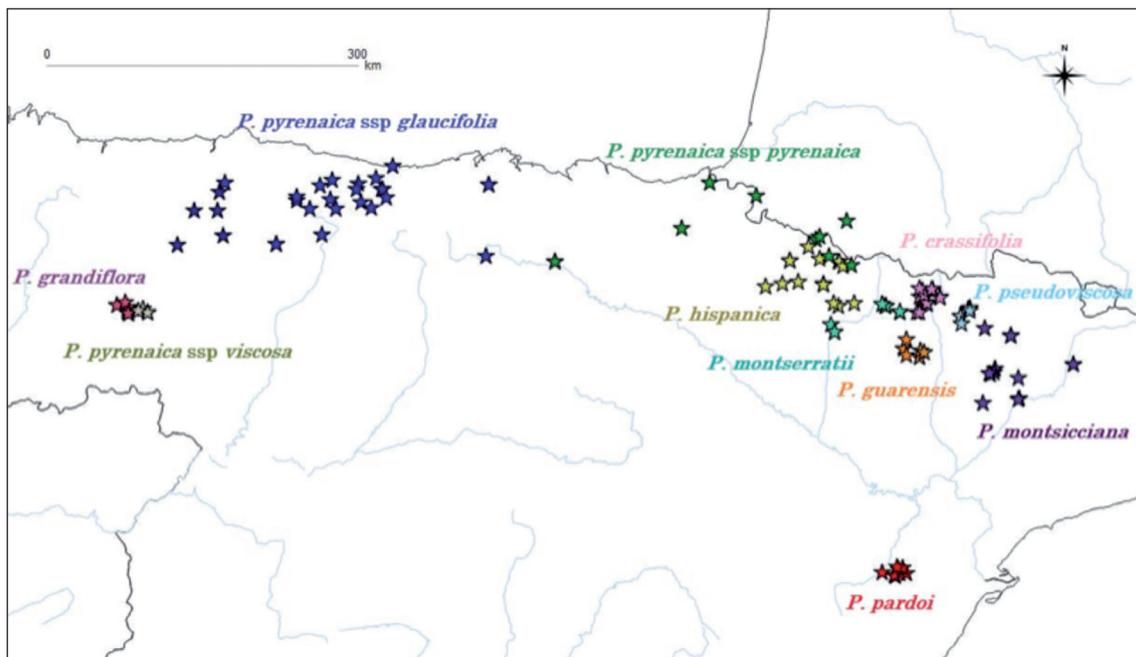


Figura 1. Distribución de los diferentes taxones de Petrocoptis en la Península Ibérica.

Planteamiento de PRIOCONE X

Con el objetivo de desarrollar una metodología que incluya la diversidad genética, la incertidumbre taxonómica y la plasticidad ante los cambios climáticos desde la Sociedad de Ciencias Aranzadi lideramos el proyecto PRIOCONE X: “PRIORización para la CONservación *EX situ* de poblaciones de plantas de alta vulnerabilidad al cambio climático y con incertidumbre taxonómica”.

Uno de los ejes del proyecto se centra en el género *Petrocoptis*, endémico de los acantilados calizos del norte peninsular (Figura 1) y que agrupa un total de 9 especies y 11 taxones según Flora Iberica (Castroviejo et al., 1990). Sin embargo, este género ha sido objeto de diferentes revisiones (Mayol & Rosselló, 1999; Cierés et al., 2015) y aun no está bien establecida la entidad de los diferentes taxones, a pesar de estar recogidos en numerosos catálogos de protección autonómicos, estatales e internacionales. Es necesaria una resolución fina de las diferentes especies del género y la diversidad genética de sus poblaciones para poder establecer una correcta priorización en su catalogación y conservación *ex situ*.

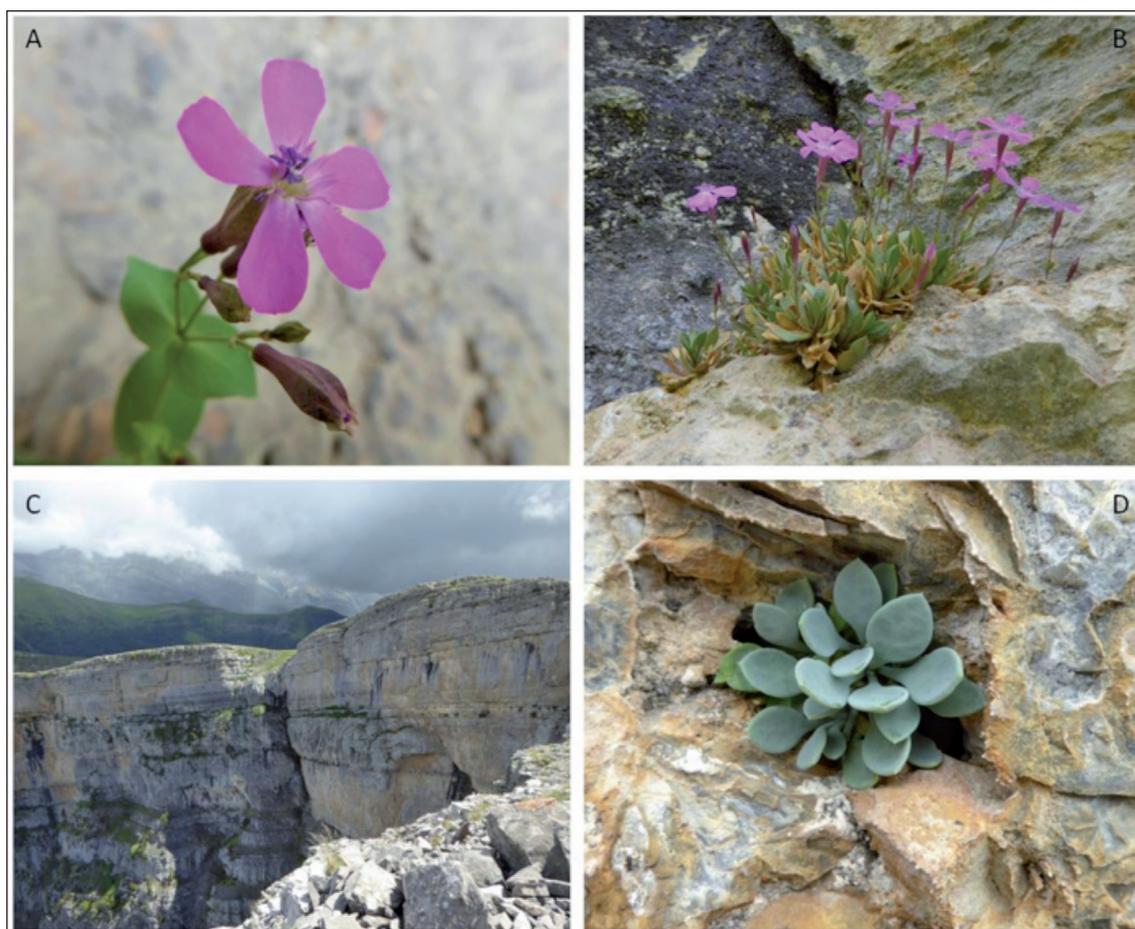


Figura 2. *Petrocoptis crassifolia*. A) Flor. B) Cojín en fisura. C) Cordal de Sestrales. D) Roseta en desarrollo.

El Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido y su periferia oriental alberga una de las especies del género conocida como *Petrocoptis crassifolia* (Montserrat & Montserrat, 1978) (Figura 2). La propia orografía del Parque Nacional, con valles tan profundos y cimas calizas tan elevadas, hacen de *P. crassifolia* una especie idónea para el estudio de las adaptaciones a diferentes condiciones climáticas, ya que presenta poblaciones en el entorno mediterráneo del fondo de valle del cañón de Añisclo y en las paredes subalpinas de Sestrales, más de 1000 metros por encima (Benito, 2005). Aunque se dispone de información sobre la biología reproductiva de la especie (García et al., 1993) no se ha evaluado si existen rasgos adaptativos al clima en esta especie.

El segundo eje de PRIOCONEX se sustenta en esta realidad y pretende testar si las semillas producidas en las poblaciones de ambos extremos climáticos presentan diferencias. Para ello, se recogieron y caracterizaron semillas en ambas localidades, y se están realizando protocolos de germinación en placas petri en cámaras de cultivo a diferentes

temperaturas (4-14 °C (12h); 12-22 °C (12h); 20-30 °C (12h)). De esta manera se obtiene información sobre las condiciones idóneas de germinación de cada población, así como su grado de plasticidad, pudiendo realizar comparaciones entre las diferentes poblaciones en estudio (Figura 3A-C).

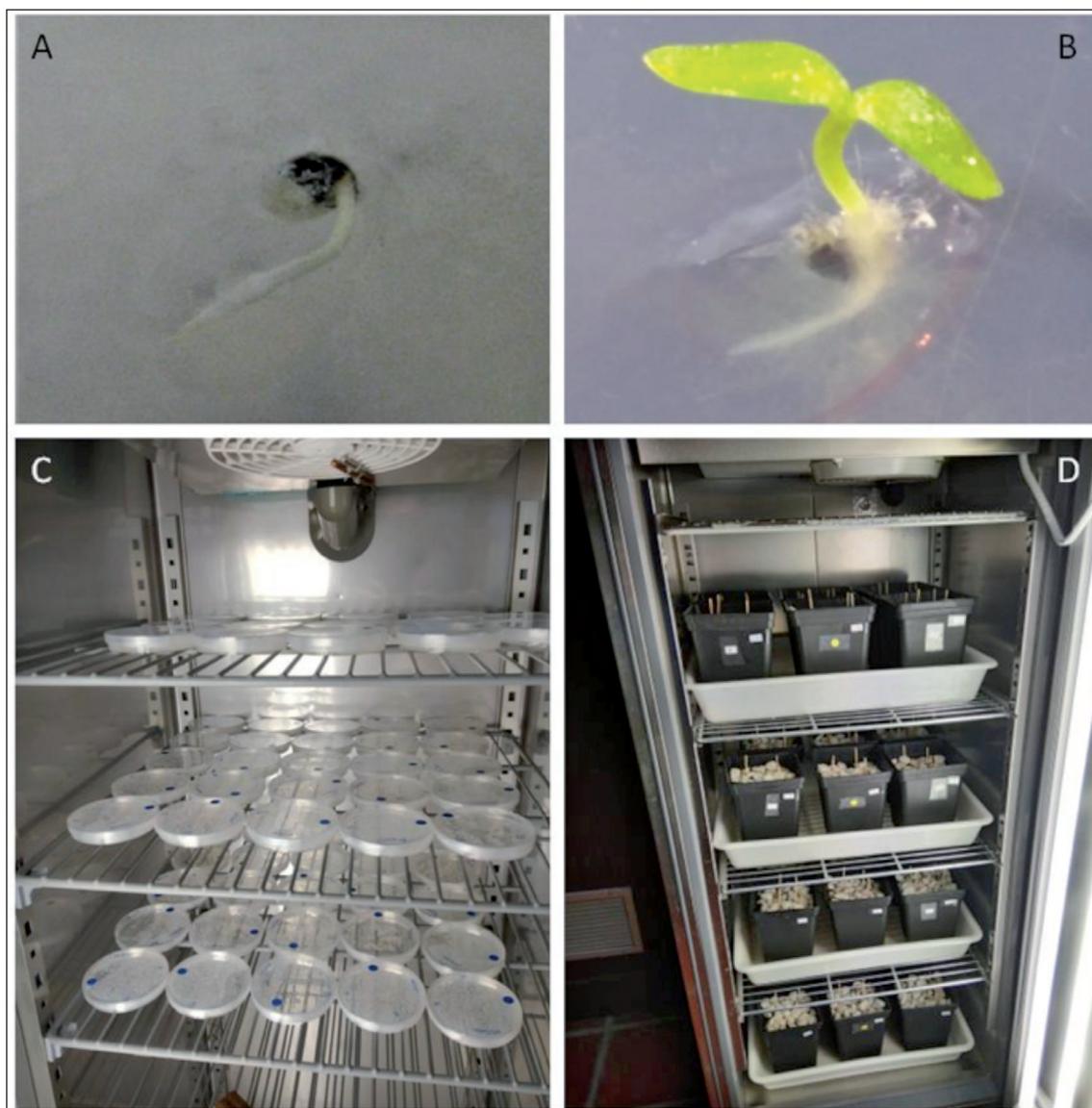


Figura 3. Diferentes cultivos de *Petrocoptis crassifolia*. A) Semilla germinada. B) Plántula emergida.
C) Placas en cámara de cultivo. D) Macetas en cultivo en cámara.

Para complementar esta investigación, estamos realizando también cultivos de jardín común en 4 localidades con clima diferente como son San Sebastián (Gipuzkoa), Vitoria (Álava), Jaca (Huesca) y Monzón (Huesca) (Figura 4) así como un control en cámara en condiciones controladas (Figura 3D). Mediante este experimento, no solo veremos el

efecto de las condiciones ambientales sobre la germinación, sino también sobre el crecimiento y desarrollo de los individuos durante, al menos, un año.

Tanto para los protocolos de cultivo en placa petri como para las macetas hemos tenido en cuenta el efecto de las plantas madre, aquellas de las que se han cogido las semillas. Es conocido que hay variabilidad en la viabilidad y calidad de las semillas que generan diferentes individuos, ya sea por causas genéticas o ambientales, como por el lugar concreto de crecimiento de las plantas (Chen et al., 2020; Lembicz et al., 2011). Para controlar este efecto hemos distribuido homogéneamente semillas de las mismas plantas madre en todas las condiciones de cultivo, ya sea para placa o para cultivos en maceta.



Figura 4. Macetas recién colocadas en los cuatro lugares de replicación del experimento de jardín común.

Resultados

Los trabajos genéticos se encuentran en fase de extracción del ADN. Hemos incluido más de 100 localidades del género *Petrocoptis* para el estudio filogenético y abordamos el estudio a nivel poblacional de 50 de ellas.

Por el momento, solo disponemos de resultados preliminares puesto que los cultivos han comenzado en el mes de octubre de 2020. Sin embargo, hemos observado un claro efecto de la planta madre que aporta las semillas, confirmando las expectativas. El

hecho de que hayamos incluido este factor de manera estratificada en los diferentes niveles de temperatura nos permitirá un análisis estadístico más robusto para poder discernir el efecto de la temperatura en la germinación cuando los protocolos hayan concluido.

Como se muestra en la Figura 5, aunque preliminares, los resultados de germinación del experimento de jardín común muestran una marcada tendencia a que las semillas de baja altitud (Fondo de Añisclo) gemen más y más rápido que las de altitud (Sestrales). Estas diferencias son muy marcadas en Jaca y en Vitoria, y se amortiguan en pocas semanas en Monzón y en San Sebastián. Teniendo en cuenta que se ha homogenizado notablemente el componente genético, controlando al menos que el origen materno de las semillas de cada cultivo esté balanceado, las diferentes respuestas de una población en localidades distintas responderían a fenómenos de plasticidad mientras que las diferencias entre los orígenes de las semillas atenderían a fenómenos adaptativos de cada población. Estos resultados están en línea con (Matesanz et al., 2020) y alertan sobre posibles respuestas diferenciales de las poblaciones ante climas diferentes.

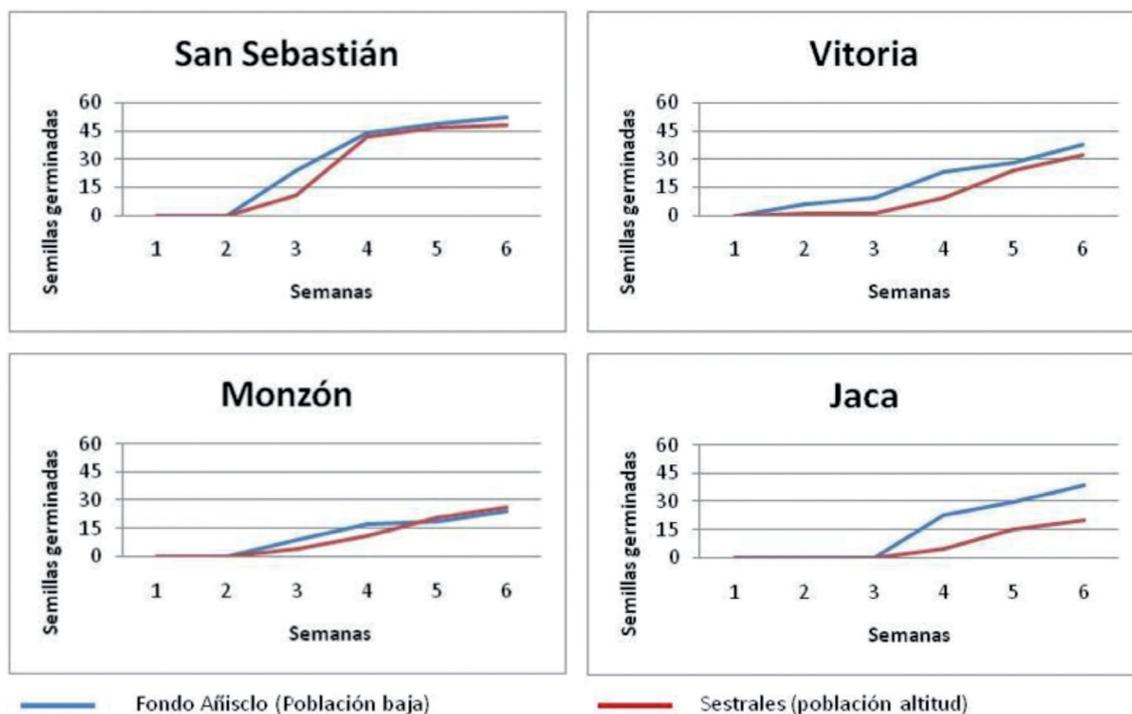


Figura 5. Datos acumulativos del número de semillas germinadas durante las primeras 6 semanas en los 4 lugares donde se replica el experimento.

Conclusiones

El proyecto que ha arrancado este año está permitiendo obtener información valiosa para entender la dinámica evolutiva de *Petrocoptis crassifolia* cuyas poblaciones parecen presentar patrones diferentes en los procesos de germinación. Estos resultados preliminares han de ser confirmados y analizados a lo largo de los siguientes meses, pero de confirmarse, podrían indicar una respuesta diferencial de las poblaciones al microclima local. Esta línea de investigación es crucial para entender la capacidad que las diferentes poblaciones de esta especie, y sus congéneres por extensión, pueden tener de sobrevivir a eventuales cambios de temperatura en los roquedos donde habitan. Finalmente, nuestra investigación permite introducir el concepto de plasticidad y diversidad genética dentro de las estrategias de priorización en los programas de conservación *ex situ*.

Bibliografía

- Benito, J.L. (2005). Catálogo florístico del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (Pirineo aragonés). Monografías de Botánica Ibérica nº 5, 315 pp. Ed. Jolube, Jaca.
- Castroviejo, S., Lainz, M., Lopez-Gonzalez, G., Monserrat, P., Muñoz-Garmendia, F., Paiva, J. & Villar, L. (1990). Flora iberica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares, vol. II. Platanaceae-Plumbaginaceae (partim). CSIC. Madrid.
- Chen, F., Zhou, W., Yin, H., Luo, X., Chen, W., Liu, X., Wang, X., Meng, Y., Feng, L., Qin, Y., Zhang, C., Yang, F., Yong, T., Wang, X., Liu, J., Du, J., Liu, W., Yang, W., & Shu, K. (2020). Shading of the mother plant during seed development promotes subsequent seed germination in soybean. *Journal of Experimental Botany*, 71(6), 2072–2084. <https://doi.org/10.1093/jxb/erz553>
- Escudero, A., Iriondo, J. M., & Torres, M. E. (2003). Spatial analysis of genetic diversity as a tool for plant conservation. *Biological Conservation*, 113(3), 351–365. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(03\)00122-8](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(03)00122-8)
- Fasciani, P., & Pace, L. (2015). Conservation of Endangered Species: *Androsace mathildae* (Primulaceae) in Central Italy. *American Journal of Plant Sciences*, 06(19), 3175–3186. <https://doi.org/10.4236/ajps.2015.619309>
- García, M. B., Antor, R. J., & Villar, L. (1993). Reproductive biology of *Petrocoptis crassifolia* Rouy (Caryophyllaceae), a chasmophilous endemic plant of the central Pyrenees. *Botanica Helvetica*.

- Hawkes, J.G, Maxted N, & Ford-Lloyd (2012). The Ex Situ Conservation of Plant Genetic Resources. ISBN 978-94-010-5805-6. Springer Science & Business Media, 6 dic 2012. DOI 10.1007/978-94-011-4136-9.
- Hyvärinen, M.-T., Lindholm, M., Fitzgerald, H., Miranto, M., Anttila, A., Pakkanen, O., Pulkkinen, M., Pehkonen, P., Väre, H., Sihvonen, P., Kuusijärvi, A., Myllys, L., Kröger, B., Heikkinen, M., Juslén, A., Oinonen, M., & Schulman, L. (2020). Living plant collections policy of the Finnish Museum of Natural History. *Research Ideas and Outcomes*, 6. <https://doi.org/10.3897/rio.6.e60450>
- Lembicz, M., Olejniczak, P., Zukowski, W., & Bogdanowicz, A. M. (2011). Effect of mother plant age on germination and size of seeds and seedlings in the perennial sedge *Carex secalina* (Cyperaceae). *Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 206(2), 158–163. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2010.09.006>
- Lughadha, E. M., Grazielle Staggemeier, V., Vasconcelos, T. N. C., Walker, B. E., Canteiro, C., & Lucas, E. J. (2019). Harnessing the potential of integrated systematics for conservation of taxonomically complex, megadiverse plant groups. *Conservation Biology*, 33(3), 511–522.
- Matesanz, S., Ramos-Muñoz, M., Blanco-Sánchez, M., & Escudero, A. (2020). High differentiation in functional traits but similar phenotypic plasticity in populations of a soil specialist along a climatic gradient. *Annals of Botany*, 969–980. <https://doi.org/10.1093/aob/mcaa020>
- Mayol, M., & Rosselló, J. A. (1999). A synopsis of *Silene* subgenus *Petrocoptis* (Caryophyllaceae). *Taxon*, 48(3), 471–482. <https://doi.org/10.2307/1224558>
- Montserrat, P., & Montserrat, J. M. (1978). El *petrocoptis crassifolia*, su variabilidad y distribución. *Documents Phytosociologiques*, 2. <https://doi.org/10.1111/cobi.13289>
- Pauli, H., Gottfried, M., Dullinger, S., Abdaladze, O., Akhalkatsi, M., Alonso, J. L. B., Coldea, G., Dick, J., Erschbamer, B., Calzado, R. F., Ghosn, D., Holten, J. I., Kanka, R., Kazakis, G., Kollár, J., Larsson, P., Moiseev, P., Moiseev, D., Molau, U., ... Grabherr, G. (2012). Recent plant diversity changes on Europe's mountain summits. *Science*, 336(6079), 353–355. <https://doi.org/10.1126/science.1219033>
- Samara (2020). Special issue celebrating 20 years of the Millenium Seed Bank and the Millenium Seed Bank Partnership. Samara, November 2020. Issue 36.
- Steinbauer, M. J., Grytnes, J. A., Jurasinski, G., Kulonen, A., Lenoir, J., Pauli, H., Rixen, C., Winkler, M., Bardy-Durchhalter, M., Barni, E., Bjorkman, A. D., Breiner, F. T., Burg, S., Czortek, P., Dawes, M. A., Delimat, A., Dullinger, S., Erschbamer, B.,

Felde, V. A., ... Wipf, S. (2018). Accelerated increase in plant species richness on mountain summits is linked to warming. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0005-6>

Este trabajo se ha realizado con el apoyo del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, a través de la Fundación Biodiversidad

Agradecimientos

Agentes de Protección de la Naturaleza de Aragón y el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido. Begoña García, María Pérez-Serrano y Gabriel Montserrat (IPE-CSIC), Javier Barreiro, Inés Carrasquer, Marta Quintana, Yolanda Ramón, Victor Ezquerra, Olatz Fernández, Alberto Pastoriza y muchos más amig@s.



12. Avances en el conocimiento hidrogeológico del sistema kárstico que drena el macizo Marboré-Monte Perdido

Luis Javier Lambán Jiménez, Jorge Jódar Bermúdez y Antonio González Ramón

Instituto Geológico y Minero de España (IGME)

Resumen: En 2020 se ha desarrollado la octava campaña de seguimiento hidrogeológico en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido. Las actividades relacionadas con este apartado se han visto claramente afectadas por la COVID-19, teniendo que reducirse significativamente los trabajos de campo previstos inicialmente. A pesar de ello, se ha continuado con las campañas de muestreo químico e isotópico (precipitación, aguas superficiales y aguas subterráneas) y realizado otras actividades específicas (campaña de muestreo químico, isotópico, biológico y contaminantes orgánicos) para conocer el funcionamiento hidrogeológico del sistema kárstico que drena el macizo de Monte Perdido-Marboré.

Funcionamiento hidrogeológico del sistema kárstico Monte Perdido-Marboré

Recopilación y estudio de documentación sobre los sistemas kársticos

Se ha estudiado la información existente en seis sistemas de cavidades denominados: Marboré, La Roya-Cigalois, Fraile-La Tartracina, la Sima S-60, la Cueva de Garcés y la Cueva de la Fuen Blanca. Las principales características de esos sistemas se resumen en la Tabla 1. En la Figura 1 se incluyen las plantas de las topografías levantadas en los sistemas utilizados en este estudio. En todas ellas se observa una orientación de los conductos dominante NO-SE excepto en buena parte de la Cueva de Garcés, con tendencia NNE-SSO (González-Ramón et al., 2020).

Tabla 1. Principales características de las cavidades estudiadas, según Puch (1998) y Ruiz Zubikoa (2017).

Sistema kárstico	Fecha de exploración	Grupo de exploración	Desarrollo horizontal (m)	Desarrollo vertical (m)
Marboré	15953, 1985	SCALMa, GSPTb	4074	401
La Roya-Cigalois	1957, 1962	SCALMa		
Fraile - Tartracina	1980-1984	GSPTb	4506	415
S-60 Shaft Fuen Blanca	1960-1980 210, 2012, 2020	GEBc SCCd	800	35
Garcés Cave	2013	GEOe	3024	125

(a) SC Alpin Languedocien (Montpellier); (b) GS Pyrénées (Toulouse); (c) GE de Badalona; (d) SC du Comminges; (e) GE OTXOLA

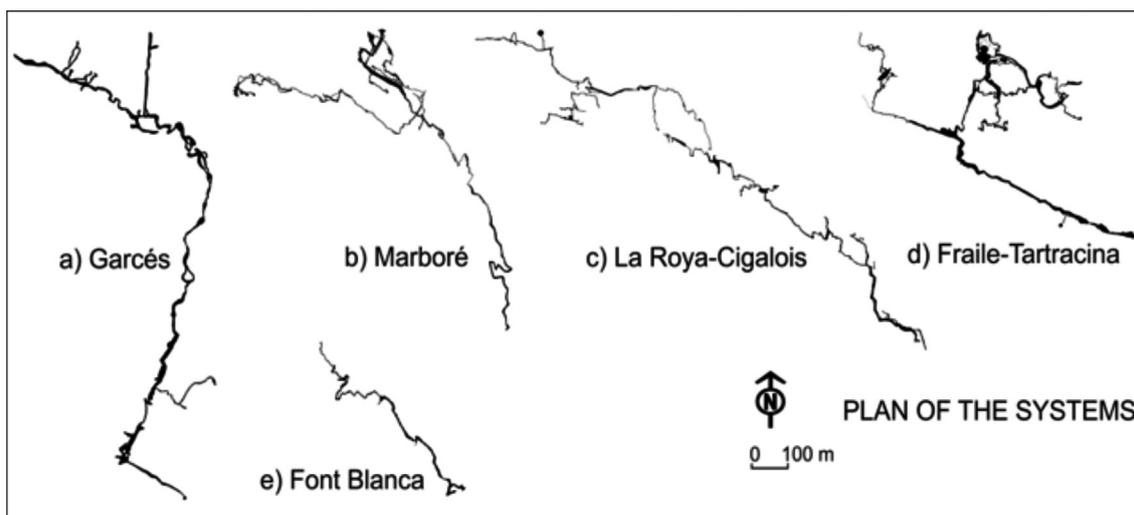


Figura 1. Plantas de los sistemas estudiados. Sus principales características se muestran en la Tabla 1 (González-Ramón et al., 2020)

Grupos de espeleología franceses realizaron ensayos de trazado con uranina en 1954, 1955, 1987 y 1990 en el Sistema Marboré, resultando positivo el ensayo de 1955 en el que se detectó la salida del trazador por las surgencias de la Cueva de Garcés. En el Sistema La Roya-Cigalois se realizó un ensayo de trazado con uranina en 1962 (ENSG, 1990) que demostró su conexión con la Cueva de Garcés. En el Sistema El Fraile-La

Tartracina se realizó otra inyección de uranina en 1966 (ENSG, 1990) que igualmente demostró su conexión con la Cueva de Garcés. La Tabla 2 resume todos los ensayos realizados en la zona de estudio que se han podido recopilar.

Tabla 2. Ensayos de trazado realizados en diferentes épocas en los sistemas de cavidades estudiados.

Tracer injection point (karst System)	Year	Tracer	Injected mass (kg)	Tracer discharge point
Marboré	1954	Uranine	5	Not detected
	1955	Uranine	10	Garcés spring
	1987	Uranine	0,5	Not detected
	1990	Uranine	1,5	Not detected
	2019	Uranine	1	Garcés and Font Blanca Springs
La Roya-Cigalois	1962	Uranine	5	Garcés Spring
	2019	Eosine	0,5	Garcés Spring
El Fraile - La Tartracina	1966	Uranine		Garcés Spring
	2019	Amino G	1,5	Garcés and Font Blanca Springs
Sina S-60	2019	Naphtionate	1	Garcés Spring

Caracterización de la recarga del sistema kárstico de Garcés

Las curvas registradas en los sensores instalados en la Cueva de Garcés han permitido conocer cómo se produce la recarga en el acuífero que alimenta a esta surgencia en el periodo 2018/2019. Las variaciones de la columna de agua en ambos sifones tienen un mismo comportamiento, aunque distinta intensidad (Figura 2), lo que parece indicar que no existen otros aportes significativos adicionales de agua entre dichos sifones. Los picos de crecidas más importantes se producen en otoño, en relación con momentos de fuertes tormentas en periodos en los que aún no hay cobertera nival. La máxima variación registrada es inferior a 1 m en el sifón 1 (Silvia) y menor a 0.3 m en el sifón 3 (González-Ramón et al., 2020).

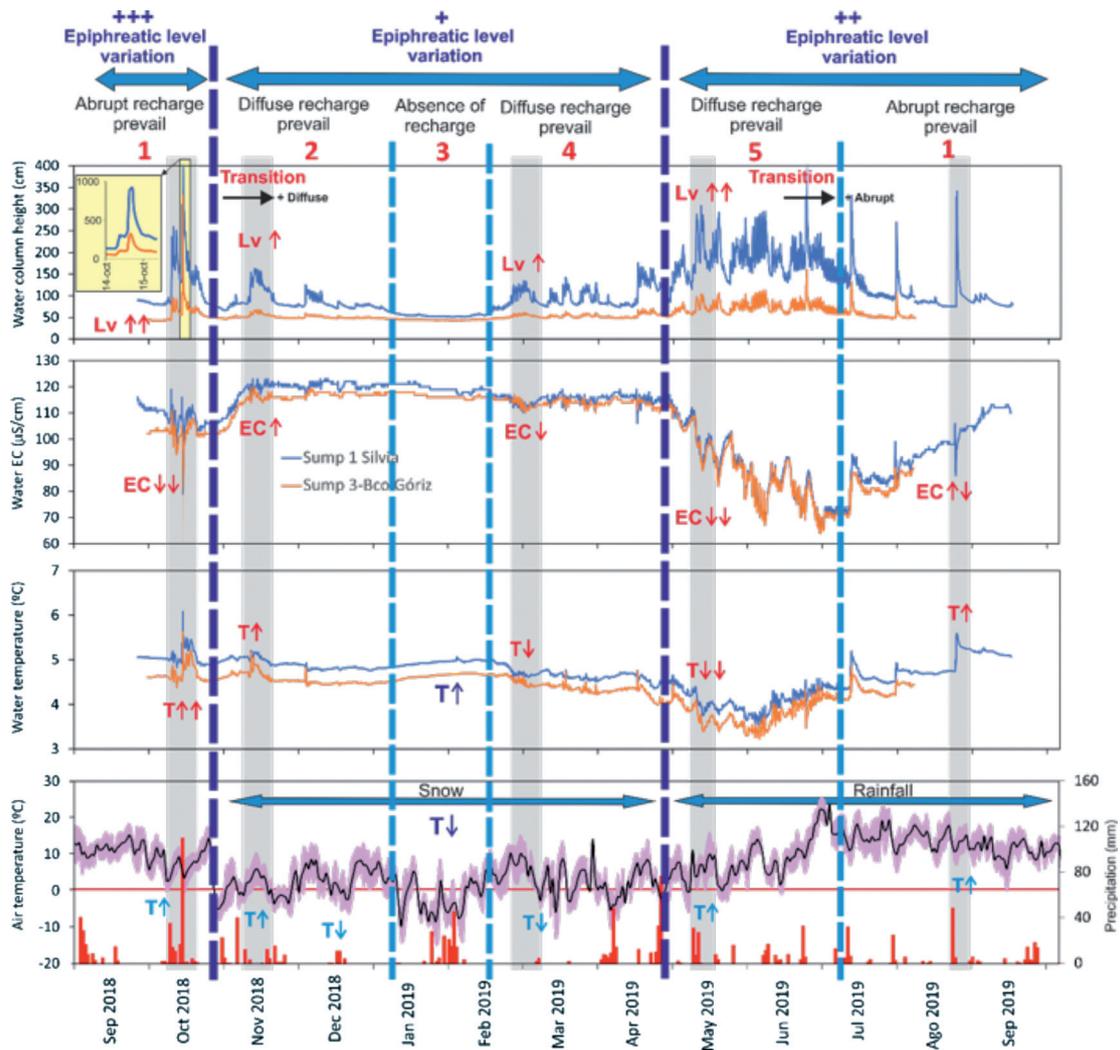


Figura 2. Registros de variación de la columna de agua, Temperatura (T) y Conductividad Eléctrica (CE) en la Cueva de Garcés (sifón 1 y sifón 3). Se incluyen las variaciones medias diarias de la temperatura del aire en el refugio de Góriz (línea negra). La banda violeta muestra el margen de las variaciones diarias máximas y mínimas. La línea roja horizontal marca el punto de congelación (0 °C). Las bandas con diferentes tonalidades señalan los distintos periodos en relación con la recarga según exista cobertura nival o no (González-Ramón et al., 2020).

En noviembre y diciembre se observan dos pequeñas crecidas con variaciones máximas de nivel de agua inferiores a 0.1 m en el sifón 1 (Silvia) y casi inapreciables en el sifón 3 y, además, la existencia de variaciones diarias lo que indicaría su relación con nevadas, y con el ciclo de deshielo diurno y congelación nocturna. En enero, las variaciones diarias del nivel de agua en los sifones 1 y 3 cesan, y el nivel de agua se mantiene estable hasta mediados de febrero, donde comienzan de nuevo a registrarse, de forma débil

al principio y, posteriormente, con importantes fluctuaciones diarias, desde mediados de abril hasta mediados de julio. En este periodo, presentan variaciones del nivel de agua máximas inferiores a 0.4 m. A partir de agosto las crecidas nuevamente son puntuales y están relacionadas con eventos de precipitación importante asociados a las tormentas estivales, aunque las oscilaciones de nivel de agua medidas en los sifones presentan una menor intensidad que las observadas en otoño.

El deshielo durante la primavera provoca una subida generalizada de nivel del agua con picos suaves continuos, de forma que al final del estiaje el nivel de agua en los sifones se mantiene más elevado que en pleno invierno, cuando las bajas temperaturas impiden la recarga.

Las distintas situaciones climáticas que se han registrado para el año 2018/2019 y los distintos tipos de recarga que producen se resumen en la Figura 3.

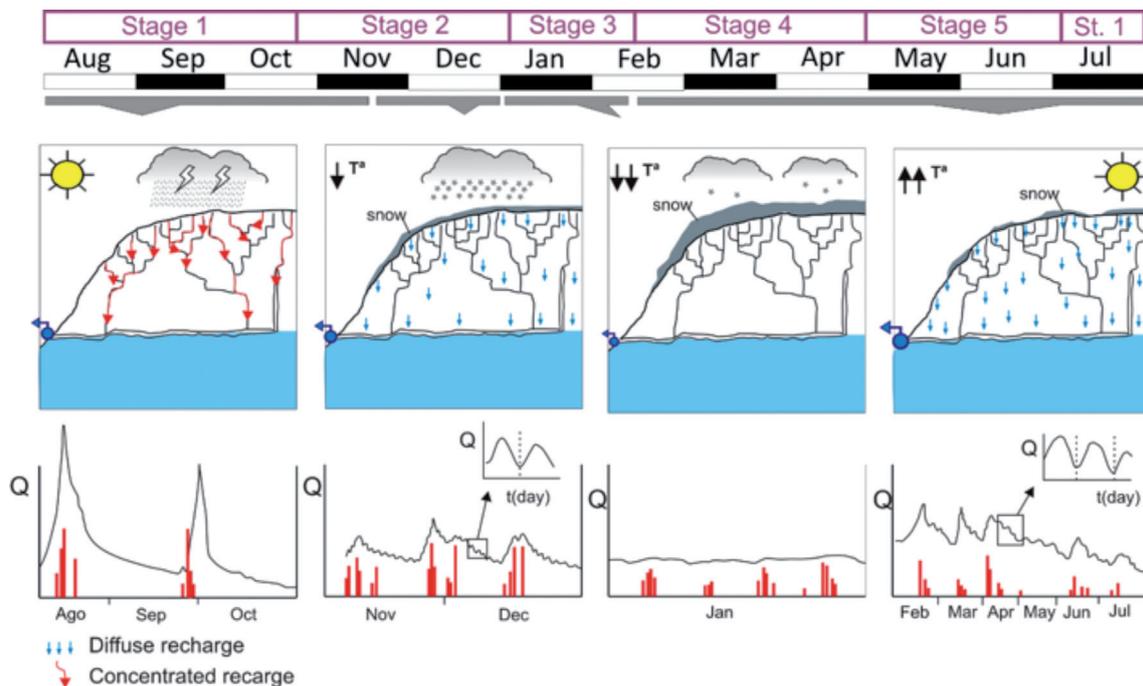


Figura 3. Esquema del modelo conceptual de recarga observado durante el año 2018/19 en el sistema kárstico de Garcés (González-Ramón et al., 2020).

Tanto la CE como la T siguen una tendencia contraria a la evolución del nivel, aunque ambos parámetros no se comportan exactamente igual. Durante las tormentas otoñales se observan subidas y bajadas rápidas en los dos parámetros, que muestran la existencia de llegada de agua de infiltración rápida seguidas de aportes de agua con mayor tiempo de residencia en el acuífero, lo que parece indicar eventos de descarga

con “efecto pistón” que podrían estar relacionados con la presencia de niveles saturados colgados. Una vez que cesa la recarga, por congelación de la cobertura nival en superficie, la T del agua en el acuífero asciende lentamente y la CE se mantiene estable. Con la llegada del deshielo comienzan a aparecer variaciones diarias en ambos parámetros acompañadas de una tendencia generalizada al descenso de T y de CE como consecuencia de la infiltración de agua de deshielo, más fría y menos mineralizada. Sin embargo, los mínimos no son sincrónicos. El mínimo absoluto de medido en T y CE se alcanza a principios y finales de junio, respectivamente. La entrada puntual de agua durante las tormentas de verano provoca subidas térmicas del agua en el punto de medida. Esto se debe a que el agua de precipitación tiene mayor temperatura que el agua almacenada en el acuífero. La CE muestra también que el “efecto pistón” aparece en las tormentas otoñales (Jódar et al., 2020).

Funcionamiento hidrogeológico del sistema kárstico

La presencia de un nivel de menor permeabilidad, como son las areniscas de Marboré, y de sucesivos pliegues tumbados separados por fracturas inversas y cabalgamientos, condiciona el cavernamiento y también el funcionamiento hidrogeológico del sistema. El agua de infiltración se acumula en los sinclinales y circula, en aguas bajas, por la zona epifreática agrandando los conductos con patrones del tipo water-table cave”. Los distintos ensayos de trazado han demostrado que a partir del sinclinal de la Faja Roya-Marboré, todas estas zonas de almacenamiento se comunican y van drenando unas sobre otras hasta terminar en la Cueva Garcés (Figura 4). Sin embargo, el flujo subterráneo también parece producirse en la dirección de los ejes sinclinales, tal y como parece observarse en relación con la descarga hacia la Fuen Blanca en el Valle del Añisclo (Figura 4), según el ensayo de trazado realizado en agosto de 2019.

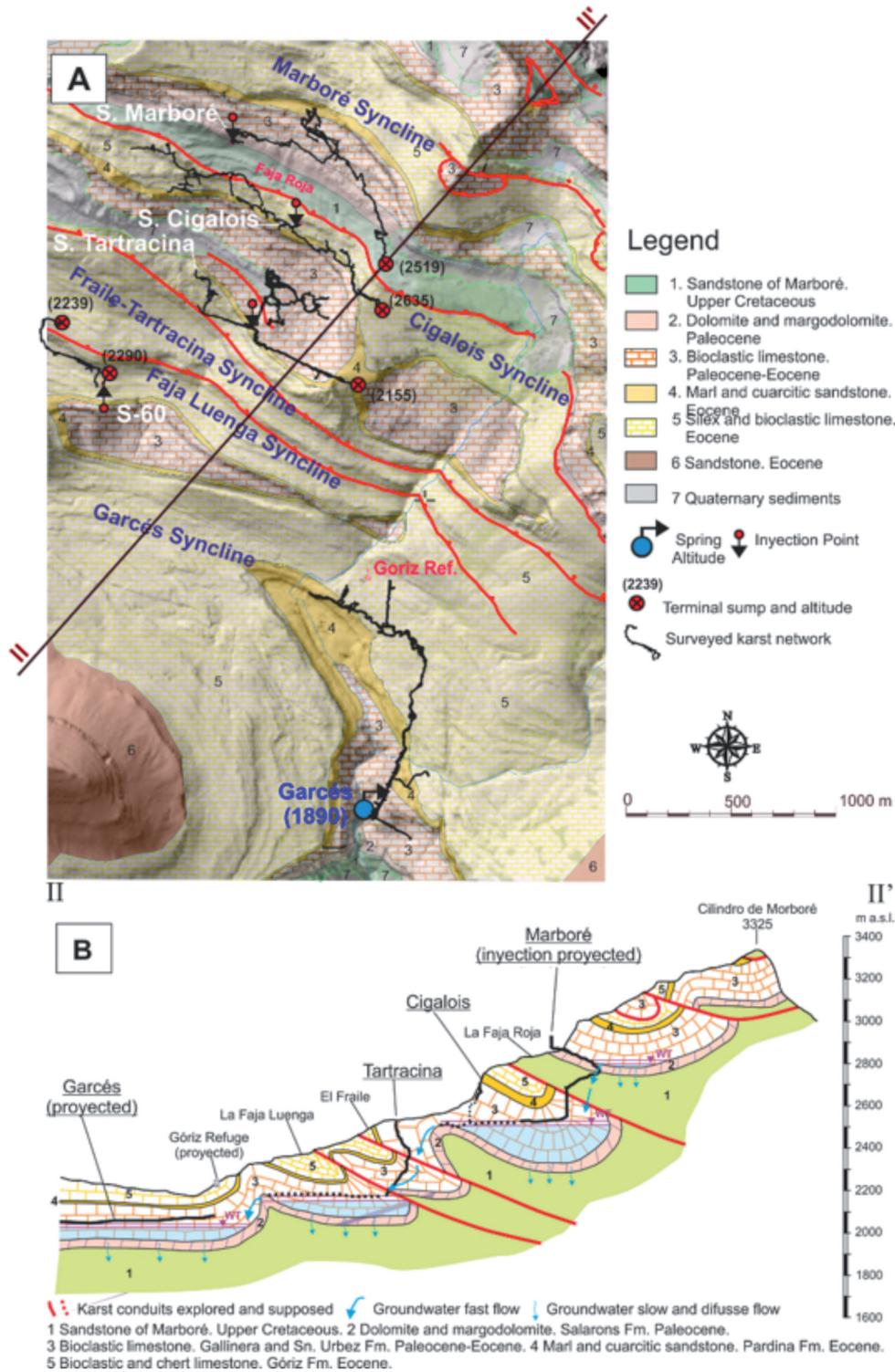


Figura 4. (A) Mapa hidrogeológico de la zona de estudio. Se incluyen las cavidades principales cartografiadas y sus cotas, así como los puntos de inyección de trazadores y los principales sifones. (B) Corte hidrogeológico con interpretación de la circulación del agua subterránea en los sistemas de cavidades y de las zonas de almacenamiento de agua en los núcleos de los sinclinales.

La traza del corte en (A) (González-Ramón et al., 2020).

Los trazadores inyectados en la zona más elevada, Marboré y Cigalois, posiblemente se mezclan en la zona saturada del sinclinal de La Roya-Cigalois y de allí pasan al sinclinal de la Faja Luenga desde donde el flujo parece dividirse; una parte del agua descarga hacia el sinclinal de Garcés y otra parte, posiblemente, siguiendo la dirección estructural del pliegue hacia la Fuen Blanca, lo que se interpreta como el punto principal de descarga de la zona saturada colgada del sinclinal de la Faja Luenga (Figura 5).

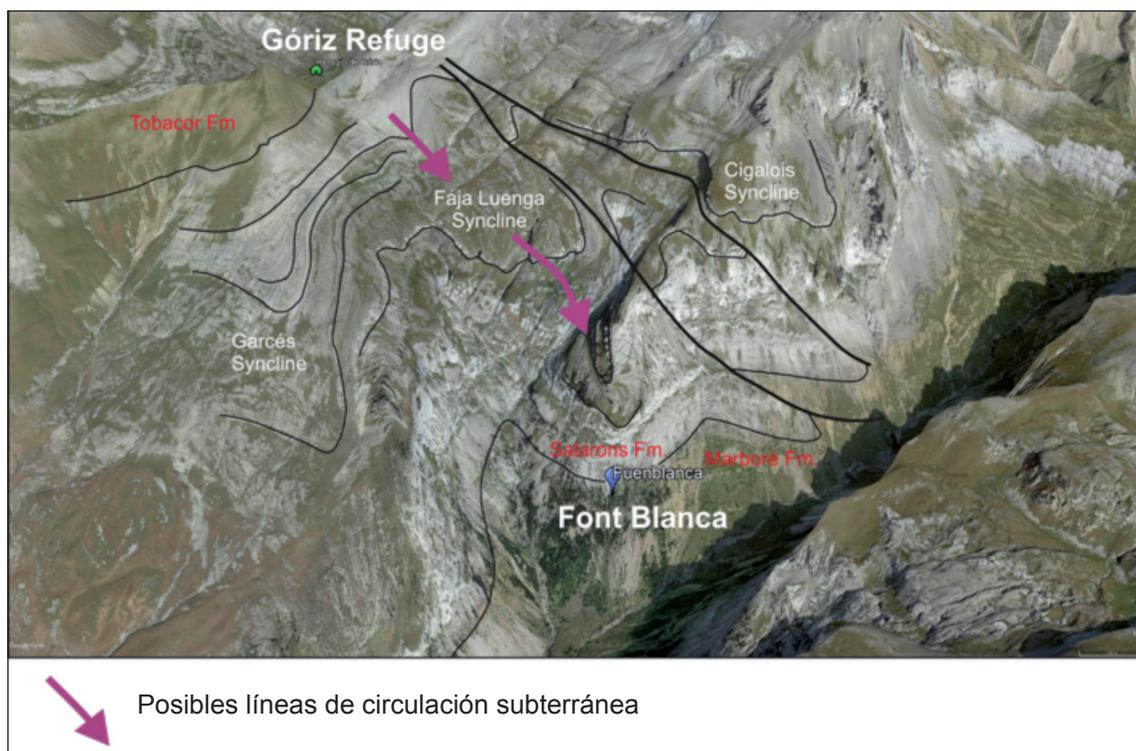


Figura 5. Interpretación geológica 3D de la zona de surgencia del manantial Fuen Blanca. Se observan tres de los principales sinclinales que condicionan las zonas de almacenamiento de aguas colgadas.

El manantial de Fuen Blanca, en la cabecera del valle de Añisclo, podría ser el punto principal de descarga del sinclinal de Faja Luenga. Vista de la imagen desde el SE hacia el NW, tomada de Google Earth (09/08/2017) (González-Ramón et al., 2020).

La velocidad de circulación del agua desde el sistema Marboré hacia Garcés, en aguas bajas, es de 440 m/día y de 340 m/día desde Cigalois, si se consideran los trayectos rectilíneos (Figura 4). En Fuen Blanca la velocidad de circulación está influenciada por el episodio lluvioso que genera un pico de uranina y amino-G en este manantial, y casi sincrónico, un segundo pico de uranina, eosina y amino-G en Garcés. Los trazadores inyectados a cotas más bajas, la Tartracina y S-60, igualmente han debido mezclarse en la zona saturada del sinclinal de Faja Luenga. La velocidad media de circulación de estos trazadores hacia Garcés ha sido de 585 m/día y de 625 m/día, respectivamente. El hecho

de que se produzca un segundo pico de salida de los trazadores tras un episodio lluvioso y que su salida sea sincrónica en Garcés y ligeramente retardada en Fuen Blanca (4,8 horas después) implica que parte de la masa de los trazadores inyectada debió quedar retenida en uno de los sifones posiblemente de la zona epifreática del sinclinal de la Faja Luenga, que fue activado por la llegada brusca de agua tras el evento de lluvia producido a los 13 días de la inyección. Esto es consistente con lo observado en la variación de T y CE durante las tormentas otoñales, en las que se observa el paso de aguas con mayor tiempo de residencia (González-Ramón et al., 2020).

El tiempo de tránsito es otro tema relevante que informa sobre cuánto tiempo tarda la recarga en tránsito en llegar a la salida del sistema. Esta información se obtiene mediante la calibración de los parámetros (t y η) en un modelo de mezcla exponencial y flujo de pistón (Figura 6).

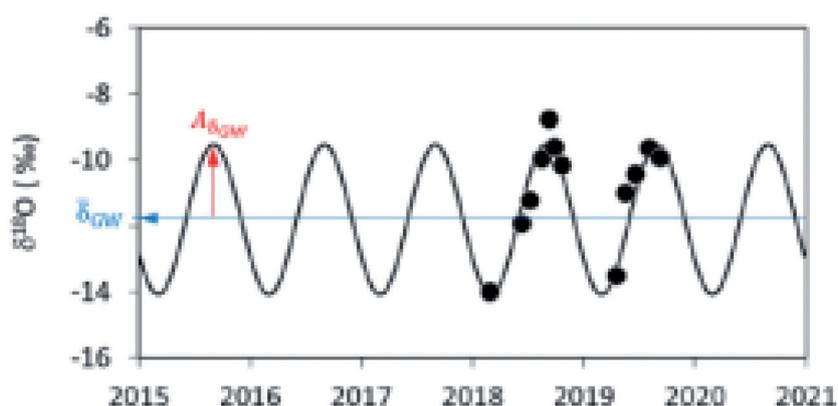


Figura 6. Contenido en $\delta^{18}\text{O}$ observado (círculos negros) y obtenido aplicando un modelo de mezcla exponencial y flujo de pistón (línea) en el sifón Silvia (Cueva de Garcés) (Jodar et. al., 2020)

Los valores obtenidos de η y t son 3,87 y 1,3 años (475 días), respectivamente (Jodar et al., 2020). El valor η indica la contribución de la zona vadosa y t hace hincapié en la vulnerabilidad del sistema hidrogeológico al cambio climático y la posible tendencia de calentamiento global asociada, que generará una disminución en los eventos de precipitación de nieve, modificando así la función del sistema de recarga en términos de una disminución de la infiltración de nieve. Por otro lado, los tiempos de tránsito obtenidos en el ensayo de trazadores de 2019 (en ausencia de precipitación) oscilan entre 5 y 9 días, confirmando una componente de flujo subterráneo rápido a través de conductos kársticos, donde el mecanismo de transporte dominante es la advección, lo que confirma la extrema vulnerabilidad del sistema frente al cambio climático.

Los resultados obtenidos hasta el momento en el sistema acuífero superior (Paleoceno-Eoceno) en este sector, indican un modelo de doble porosidad, en el que la aportación producida por los conductos y fracturas del sistema contribuyen $\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$, respectivamente, al total de la descarga subterránea. Además, la combinación de baja porosidad y alta permeabilidad provoca altas velocidades en los conductos, lo que tiene implicaciones importantes en el transporte de contaminantes (Jódar et al., 2020).

Patrones de cavernamiento

La distribución de las galerías en los sistemas de Marboré, La Roya-Cigalois y Fraile-Tartracina tiende a ser repetitiva, en coherencia con la disposición y estructura geológica, que también se repite en la vertical. Las bocas de acceso a los sistemas kársticos se abren a distintas cotas, generalmente en las formaciones del grupo Gallinera, con excepción de la Sima Marboré que lo hace en la formación Salarons, cerca del contacto con las areniscas de Marboré. Los conductos progresan en profundidad en una sucesión de pozos y galerías ramificadas con patrones tipo “vadose branchwork” (Jouves et al., 2017), hasta desembocar en amplios colectores rectilíneos por lo que circulan ríos subterráneos y existen zonas embalsadas. Por lo general, estos conductos finalizan en sifones. La morfología de estos colectores es la característica de cavidades con patrones tipo “water-table cave” (Audra y Palmer, 2011, 2015; Jouves, 2017). La proyección de las cavidades en el corte hidrogeológico de la Figura 4B encaja con un desarrollo de los colectores en la zona epifreática de las zonas de almacenamiento de aguas subterráneas situadas a distintas cotas. Esta estructura sugiere que estos colectores sirven como conductos que favorecen la descarga subterránea entre las distintas zonas saturadas escalonadas.

La Cueva Garcés se desarrolla en el nivel más bajo del grupo Gallinera y está formada por un único conducto principal también con un patrón tipo “water-table cave” y varios conductos laterales que penetran por el E y N y lo alimentan. La galería más importante tiene tendencia a seguir una dirección perpendicular al eje de las estructuras para después adaptarse a este eje tras girar hacia el O. La cavidad actúa como colector principal de descarga de buena parte del agua drenada por las sucesivas zonas de almacenamiento de agua colgadas sobre ella.

La Cueva de Fuen Blanca, discurre por el contacto entre la Formación Salarons y las Areniscas de Marboré siguiendo la dirección del eje del sinclinal de Faja Luenga. Se encuentra en su mayor parte inundada o semi-inundada y, al igual que Cueva Garcés el conducto explorado presenta un patrón tipo “water table cave” (Figuras 1e). EL agua

drenada por la cueva de la Fuen Blanca tiene como punto de descarga el manantial homónimo (Figura 7).



Figura 7. Surgencia de Fuen Blanca en la cabecera del valle de Añisclo

La estructura de patrones repetidos en los conductos kársticos, “vadose branchwork” seguido de “water table cave” no cumple, en principio, el paradigma definido para este tipo de acuíferos, de elevada permeabilidad, muy karstificados, tanto en su zona exokárstica como endokárstica, y con un suelo desprovisto de vegetación. En estas condiciones podría suponerse una rápida percolación de las precipitaciones con aguas agresivas que debería haber generado colectores con patrones tipo “looping caves” (Audra y Palmer, 2011, 2015; Häuselmann, 2012; Gabrovšek et al., 2014; Jouves, 2017). Sin embargo, existe un importante factor que impide esta recarga rápida: la elevada altitud a la que se localizan las cavidades, la cual hace que a partir de noviembre y hasta junio las precipitaciones se produzcan mayoritariamente en forma de nieve, y esta se acumule en importantes espesores sobre la superficie del terreno. En estas condiciones la recarga desaparece cuando la temperatura atmosférica está por debajo del punto de congelación, lo que ocurre aproximadamente entre los meses de enero y febrero y, en parte durante otoño y primavera (Figura 2). La recarga comenzaría durante el deshielo y como resultado de la infiltración del agua procedente de la fusión nival, la cual genera caudales de fusión moderados que maximizan la infiltración. Esta infiltración se realiza a través de la estructura de fracturas y la esquistosidad del terreno que afloran de manera generalizada en superficie. Como resultado, se obtiene una recarga distribuida espacialmente en todo el dominio ubicado bajo el manto nival. La recarga al principio es poco significativa, pero el caudal se incrementa ligeramente conforme la temperatura atmosférica aumenta. En primavera, la recarga muestra de manera clara los periodos diarios de fusión nival diurna y congelación nocturna en la evolución hidrodinámica de los niveles de agua observados los puntos de observación del Sistema Garcés. Esta dinámica se mantiene hasta que la nieve prácticamente desaparece durante el estiaje. La recarga rápida, por tanto, solo se produce en el estiaje como consecuencia de fuertes tormentas y, sobre todo, a comienzos del otoño. El mayor volumen de recarga anual se produce durante el deshielo, con aguas muy frías y de muy baja salinidad y, como consecuencia, agresivas con respecto a las calizas. Esto explica que los patrones de los colectores sean los típicos de recarga difusa. Sin embargo, la existencia de sifones y de algunas galerías laterales anastomosadas que se observan en la Cueva Garcés, es un indicio de la presencia de incipientes morfologías tipo “looping cave”, que podrían reflejar los periodos de súbita recarga en los que la nieve ha desaparecido.

Por lo general, los niveles de galerías fósiles por encajamiento de los niveles activos son escasos, lo que es reflejo de la juventud del conjunto de conductos explorados.

En la Cueva Garcés se observa una galería de dirección N120E que responde a un antiguo colector de descarga que ha quedado descolgado de la red principal por la excava-

ción y el avance de la disolución en el cañón aguas arriba de la Cola Caballo. En la pared de la margen izquierda de este cañón, donde surge el agua proveniente de la Cueva Garcés, se observa un punto principal de descarga en la base del cañón (manantial o Fuente de Garcés) y una serie de “trop plein” a distintas alturas que funcionan en aguas altas (Figura 8B). Estas descargas han provocado la profundización del cañón y la formación del escalón que se observa aguas arriba de la cavidad, el cual está excavado sobre las morfologías superficiales anteriores generadas por los glaciares cuaternarios.



Figura 8 (A) Superposición de estructuras plegadas en la zona de estudio. (B) Surgencia de la Cueva Garcés y base del cañón generado por encima de la cascada de la Cola Caballo (C). D) Zona de surgencia de la Fuen Blanca, a la izquierda se observa la cascada que se genera justo después del nacimiento. E) Colocación de fluorímetro GGUN-FL30 en la surgencia de Fuen Blanca. D) Inyección de uranina en la base del pozo de la entrada M-1 del Sistema Marboré (agosto de 2019) (González-Ramón et al., 2020).

Conclusiones y recomendaciones

Los acuíferos kársticos del PNOMP constituyen sistemas hidrogeológicos complejos que se caracterizan por presentar una alta heterogeneidad, velocidades de tránsito elevadas, efectos asociados a relieves abruptos y grandes altitudes, tiempos de respuesta muy cortos a episodios de precipitación, importantes gradientes geográficos de temperatura, así como una recarga y descarga controlada en buena parte por la dinámica nival. Todo ello hace que estos acuíferos sean muy vulnerables frente al cambio climático, por lo que conocer su funcionamiento resulta esencial para una correcta gestión y conservación del Parque.

El análisis más detallado de los datos e investigaciones realizadas hasta el momento en el sistema acuífero superior (Paleoceno-Eoceno) en el sector comprendido entre los Picos Marboré y Monte Perdido, y la Cueva Garcés (Sifón Silvia), indica: 1) la recarga (entrada de agua) al acuífero se produce fundamentalmente por la infiltración del agua procedente de la fusión nival, 2) un modelo de doble porosidad, en el que la aportación producida por los conductos y fracturas del sistema contribuyen $\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$, respectivamente, al total de la descarga subterránea y 3) tiempos de tránsito del agua desde que se infiltra hasta que surge en el manantial relativamente rápidos, desde unos pocos días a poco más de un año (caudal en estiaje).

Todo ello, confirma la extrema vulnerabilidad del sistema acuífero ante el cambio climático. El aumento de la temperatura, la disminución de la precipitación en forma de nieve y la menor duración de la cobertura de nieve (primavera y otoño, principalmente) puede provocar una disminución de la recarga, y como consecuencia una disminución importante en los caudales de descarga que alimentan puntos emblemáticos del Parque, como Cola Caballo o Fuen Blanca, durante el estiaje. Conviene tener en cuenta, además, que la mayor parte de los ríos del Parque se alimentan de las aguas subterráneas durante el estiaje, por lo que una disminución de esta aportación subterránea puede afectar a los ríos afectando significativamente a la biodiversidad del Parque.

Por otro lado, la baja porosidad y alta permeabilidad del acuífero provoca altas velocidades en los conductos, lo que, unido a la disminución de los caudales anteriormente comentada, tiene implicaciones importantes en el transporte de los contaminantes que pudiesen existir en el entorno de los puntos más visitados del Parque.

Agradecimientos

Esta investigación se ha realizado en el marco del proyecto PIRAGUA (EFA210/16/PIRAGUA) financiado por la Unión Europea a través del programa de cooperación territorial INTERREG POCTEFA. Los autores quieren dar las gracias a todo el personal y la Dirección del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (Gobierno de Aragón), especialmente a Elena Villagrasa, a Fernando Carmena e Ignacio Gómez de SARGA, a los guardas del Refugio de Góriz, a Marta Quintana, Sanda Iepure y, especialmente, al grupo de espeleología OTXOLA por su colaboración. La Agencia Meteorológica Española (AEMET) ha facilitado los datos meteorológicos.

Referencias

- Audra, P., & Palmer, A. N. 2011. The pattern of caves: controls of epigenic speleogenesis. *Géomorphologie: relief, processus, environnement*, 17(4), 359-378.
- Audra, P., Palmer, A.N., 2015. Research frontiers in speleogenesis. Dominant processes, hydrogeological conditions and resulting cave patterns. *Acta Carsologica*, 44(3)
- ENSG (1990). *Compte Rendu du tracage de l'avenc du Marboré* (Huesca, Espagne).
- Gabrovšek, F., Häuselmann, P., & Audra, P. (2014). 'Looping caves' versus 'water table caves': The role of base-level changes and recharge variations in cave development. *Geomorphology*, 204: 683-691.
- González-Ramón, A., Jódar, J., Samsó, J.M. Martos-Rosillo, S., Heredia, J., Zabaleta, A., Antigüedad, I., Custodio, E., Lambán, L.J. 2020. Hydrometeorological factors determining the development of water table cave patterns in high alpine zones. The Ordesa and Monte Perdido National Park, NE-Spain. *International Journal of Speleology*
- Häuselmann, P. (2012). Solution caves in regions of high-relief. In *Encyclopedia of Caves* (second edition): 723-733. Academic Press.
- Jódar, J., González-Ramón, A., Martos-Rosillo, S., Heredia, J., Herrera, C., Urrutia, J., Caballero, Y., Zabaleta, A., Antigüedad, I., Custodio, E., Lambán, L.J. (2020). Snow-melt as a determinant factor in the hydrogeological behaviour of high mountain karst aquifers: The Garcés karst system, Central Pyrenees (Spain). *Science of The Total Environment*, 748-141363. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141363>

Jouves, J., Viseur, S., Arfib, B., Baudement, C., Camus, H., Collon, P., & Guglielmi, Y. (2017). Speleogenesis, geometry, and topology of caves: A quantitative study of 3D karst conduits. *Geomorphology*, 298: 86-106.

Puch, C. (1998). *Grandes cuevas y simas de España*. Espeleo Club de Gràcia.

Ruiz Zubikoa, J.J. (2017). La Cueva de Garcés. *Karaitza*, 25: 60-71

Tachet, H., Richoux P., Bournaud, M. & Usseglio-Polatera, P. (2010). *Invertebres d'Eau Douce. Systematique, Biologie, Ecologie*. CNRS Editions, Paris. ISBN-13: 9782271069450. 587pp.

13. Inventario del Patrimonio Inmaterial de la vertiente española del Sitio Patrimonio Mundial Pirineos Monte Perdido



Ignacio Pardinilla Bentué
Geógrafo
Técnico en áreas protegidas
Félix A. Rivas González
Atelier de Ideas S. Coop.



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.

El concepto de Patrimonio Inmaterial

El texto de referencia para la consideración del Patrimonio Cultural Inmaterial a nivel internacional es la Convención para la Salvaguardia del Patrimonio Cultural Inmaterial de la UNESCO (París, 2003), a partir del cual este concepto se ha desarrollado ampliamente en su vertiente tanto teórica como práctica. Por su lado, el Plan Nacional de Salvaguardia del Patrimonio Cultural Inmaterial del año 2011 define este concepto como toda manifestación cultural viva asociada a significados colectivos compartidos y con raigambre en una comunidad.

Para su estudio y análisis, la propia Convención de París establece cinco ámbitos en los que puede dividirse este patrimonio:

- Tradiciones y expresiones orales.
- Actividades artísticas.
- Usos sociales, rituales y actos festivos.
- Conocimientos y usos relacionados con la naturaleza y el universo.
- Técnicas artesanales tradicionales.

El Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido y el Patrimonio Inmaterial

Lo mismo el territorio delimitado por el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido como el del Sitio Patrimonio Mundial Pirineos Monte Perdido, y más aún su entorno inmediato, constituyen un verdadero Paisaje Cultural modelado desde hace milenios y hasta la actualidad por la acción humana. En cuanto a su compartimentación territorial y tradicional, nos será de gran utilidad considerar su posible división en función de los cinco valles principales que coinciden en la vertiente aragonesa del Pirineo u que son, de oeste a este, los de Broto, Vió, Puértolas, Tella y Bielsa.

Todo este territorio, al igual que el medio rural y las zonas montañosas de todo el sur de Europa, ha experimentado en las últimas décadas unos fuertes cambios sociales y culturales que, entre otras consecuencias, han conllevado un significativo descenso poblacional acompañado de un progresivo envejecimiento demográfico.

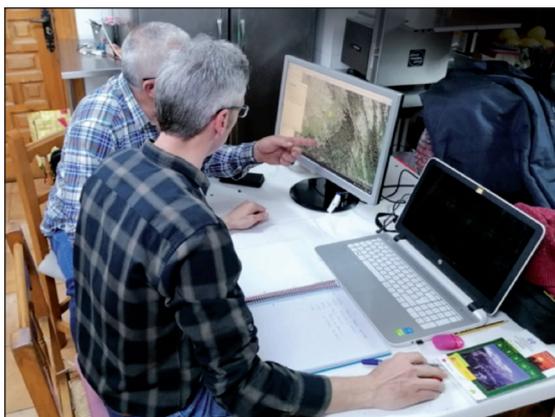
Todo ello supuso un importante acicate para que el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido, dentro del proyecto INTERREG-POCTEFA Pirineos Monte Perdido Patrimonio Mundial 2 PMPPM, tomase la decisión de impulsar la elaboración de un estudio del Patrimonio Inmaterial de la zona que permitiese recopilar, sistematizar y salvaguardar los conocimientos relacionados con su entorno de las personas mayores ligadas a las localidades de su zona para, de esta manera, dar cumplimiento además a una acción específica contemplada en Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Nacional.

Entre todos estos elementos del Patrimonio Inmaterial de la zona, por otro lado, la toponimia popular presentaba suficientes características específicas como para dedicarle un apartado diferenciado dentro del citado inventario.

Así fue que, durante los años 2019 y 2020, un equipo de investigación reunido para este fin por Atelier de Ideas S.Coop llevó a cabo el trabajo de campo y el posterior análisis de la información obtenida.

Metodología

Para el estudio más propio del Patrimonio Inmaterial, en primer lugar se realizó una revisión bibliográfica sobre el tema que identificó un total de 277 unidades bibliográficas además de varias grabaciones de audio y páginas web. Toda esta información se indexó para tenerla disponible a la hora de contrastarla con la que se tenía previsto recoger en



la fase de entrevistas etnográficas. Estas entrevistas fueron finalmente 37 y se realizaron durante el tercer trimestre del año 2019. En ellas se entrevistaron a 47 personas mayores de la zona (31 hombres y 16 mujeres) que aportaron información relevante sobre 28 localidades de los siguientes términos municipales: Bielsa (Bielsa, Espierba, Javierre y Parzán), Broto (Broto y Oto), Fanlo (Buerba, Buisán, Fanlo, Nerín, Sercué, Vió y Yeba), Fiscal (Burgasé y Ginuábel), Puértolas (Belsierre, Bestué, Escalona, Escuaín, Puértolas, Puyarruego, Santa María y Santa Justa), Tella-Sin (Arinzué, Cortalaviña, Estaroniello, Hospital, Lamiana, Miraval, Revilla y Tella) y Torla-Ordesa (Torla). En total formaron un corpus de unas 60 horas de grabación de audio digital.

El equipo de realización de entrevistas estuvo compuesto por Sandra Araguás, Elisa Pérez, Félix A. Rivas y Nereida Torrijos.

De manera previa y paralela a su realización se fue elaborando un listado de posibles personas que pudieran ejercer de informantes con el objetivo principal de abarcar el conjunto de las localidades situadas en torno al Sitio Patrimonio Mundial (S.P.M.). Para elaborar este listado se contó con la eficaz colaboración de diferentes agentes locales (como alcaldes, funcionarios municipales, miembros de asociaciones y entidades ciudadanas, técnicos de la administración pública y agentes de protección de la naturaleza) que ayudaron a las personas investigadoras del proyecto a entrar en contacto con los informantes a los que se fue entrevistando sucesivamente.

Una vez grabadas, se pasó a trabajar en la transcripción de estas entrevistas, tarea en la que intervino un equipo de personas transcriptoras compuesto por Sandra Araguás, Ainhoa Estrada, Jesús García, Elisa Pérez, Félix A. Rivas, María Rivasés, Iván Romero, Begoña Sampietro y Nereida Torrijos. A continuación, se realizó el índice temático del contenido de las entrevistas etnográficas con el objetivo de facilitar el acceso pormenorizado a todo este contenido a través de una clasificación de temas o ítems de interés. Esta

clasificación responde a una primera agrupación de ámbitos en los que se manifiesta en particular el Patrimonio Cultural Inmaterial según aparece recogida en el Artículo 2 de la Convención para la Salvaguardia del Patrimonio Cultural Inmaterial suscrita por la UNESCO en París el año 2003. A su vez, cada uno de estos ámbitos se ha subdividido en varios apartados siguiendo los desarrollos propuestos por la Ley 10/2015 para la salvaguardia del Patrimonio Cultural Inmaterial, el Plan Nacional de Salvaguarda del patrimonio Cultural Inmaterial y la clasificación ya utilizada en un estudio de referencia sobre el Patrimonio Inmaterial en el S.P.M. Pirineos Monte Perdido.

Para completar la información recopilada en las entrevistas etnográficas, se llevaron a cabo dos acciones de observación participante que recogieran la visión etica de dos actividades de carácter festivo cuya fecha de celebración coincidía con las de realización del presente estudio: la hoguera de San Vicente en Puértolas y la esquillada de Santa Águeda en Broto.

A partir de un primer análisis de los resultados de la revisión bibliográfica y del contenido de las entrevistas etnográficas y las crónicas de observación participante, se confeccionó un primer listado de elementos del Patrimonio Inmaterial del S.P.M. Pirineos Monte Perdido y su entorno de interés significativo. En total, fueron 112 elementos, abarcando todos los ámbitos del Patrimonio Inmaterial descritos por la UNESCO así como todos los términos de los municipios del Sitio y su entorno. A partir de todos ellos, se configuraron finalmente un total de 85 de los que se realizó una detallada ficha descriptiva que pasó a formar parte de la base de datos del Sistema de Información del Patrimonio Cultural Aragonés (SIPCA) en cuya página web www.sipca.es pueden ser consultados de manera pública.

Resultados

A modo de breve apunte de la información recopilada y analizada, es posible aportar un listado de aquellos elementos del Patrimonio Inmaterial que han sido valorados como más significativos a nivel local y que aparecen agrupados en cada uno de los cinco valles en que puede dividirse el territorio estudiado:

- Valle de Broto: pacería entre los valles de Broto y Barecha, Mancomunidad del Valle de Broto, romerías a la ermita de Santa Elena en Torla y Carnaval de Torla.
- Valle de Vió: leyenda de la vida de San Úrbez, Mancomunidad del Valle de Vió, romerías a la ermita de San Úrbez en Añisclo y pastoreo en el puerto de Góriz.

- Valle de Puértolas: romería a la Virgen de la Plana y pastoreo en la montaña de Sesa.
- Valle de Tella: leyenda de Silván y pastoreo en la montaña de Revilla.
- Valle de Bielsa: romería y tradiciones de la Virgen de Pineta y Carnaval de Bielsa.

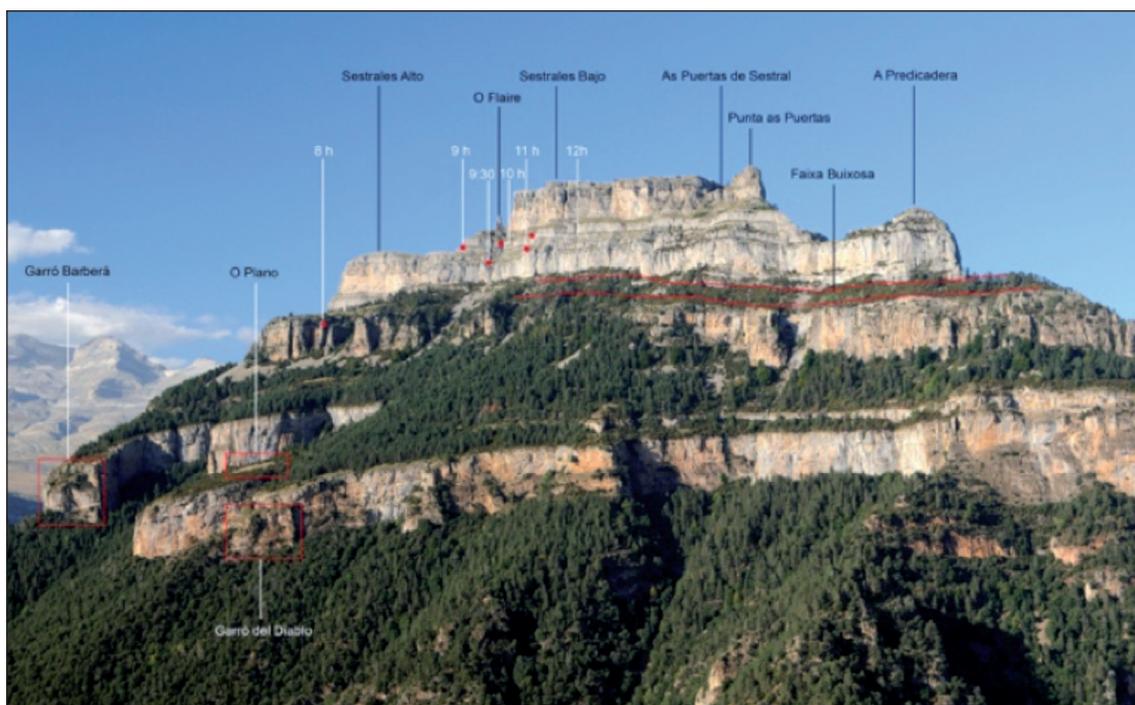
Conclusiones

Una visión global del numeroso conjunto de elementos que conforma el Patrimonio Inmaterial en el territorio del Sitio Patrimonio Mundial Pirineos Monte Perdido y su entorno permitiría, por tanto, destacar tres rasgos significativos que caracterizan a muchos de ellos y que dan prueba de su valiosa e íntima relación con el entorno:

- El uso ganadero del territorio sirve como eje principal para un gran número de estos elementos.
- La socialización y arraigo al territorio a través de la religiosidad popular ha sido, y aún continúa siendo, un rasgo fundamental por el que sociabilidad e identidad locales se articulan mediante actos periódicos vinculados a enclaves concretos del entorno.
- La perduración y adaptación a las actuales condiciones socioculturales de creencias y actividades de origen precristiano supone la continuidad de una cadena de transmisión de conocimientos y valores que otorga un carácter ancestral a algunas de las manifestaciones culturales todavía presentes en este territorio.

La Toponimia del Bien Pirineos-Monte Perdido

El Patrimonio Cultural Inmaterial es un concepto muy amplio que abarca un gran número de aspectos, entre los que se encuentra la *toponimia*. Este concepto hace referencia a todos aquellos nombres propios de lugares que utiliza la población para identificar enclaves con identidad geográfica de carácter natural (picos, valles, lagos, cuevas, pozas, bosques, praderas, etc.) y los que se refieren a elementos del paisaje ligados a la actividad humana (red de senderos, puentes, molinos, mallatas, bordas, ermitas, bancales, conjuntos urbanos, etc.). Gracias a los topónimos es posible referirse a lugares concretos, identificarlos y localizarlos en el espacio.



Los topónimos que han llegado hasta nosotros, bien porque siguen en uso o porque una parte de la población todavía los recuerda, son reflejo de la herencia dejada por quienes nos precedieron, así como de la historia y evolución cultural del territorio, de los movimientos y relaciones sociales entre pueblos y valles, o de las diferentes actividades económicas desarrolladas por la población.

La toponimia es depositaria de la riqueza lingüística de un territorio, en constante evolución y sensible a los cambios culturales y educativos, acelerándose en los momentos actuales como consecuencia de la globalización y la homogeneización de la lengua, la acelerada despoblación de los pueblos, el envejecimiento de sus habitantes o el abandono de usos y tradiciones, entre otros.

El ámbito de estudio en el que se ha realizado la investigación, el Bien “Pirineos-Monte Perdido”, es un ejemplo excepcional, pues ha sufrido una particular evolución cultural, social y económica, especialmente desde la década de los 60 del siglo XX. También se ha visto afectado por hechos acaecidos en lugares alejados de sus propios límites, como fue la rápida despoblación de las localidades de La Solana de Burgasé, consecuencia del proyecto de construcción de la presa de Jánovas y las repoblaciones forestales que le siguieron. Miles de cabezas de ganado que subían cada verano al Puerto de Góriz dejaron de hacerlo, ya que los ganaderos y pastores de La Solana tuvieron que emigrar. Con ellos se fue un inmenso conocimiento de la montaña y de la toponimia correspondiente al Puer-

to Alto y Puerto Medio de Góriz, ya que en estas áreas se localizaba la mayor parte de sus mallatas. En la actualidad resulta muy difícil, e incluso imposible, rescatar buena parte de aquellos conocimientos y la toponimia que utilizaban.

Hoy se hace más necesario que nunca recoger y rescatar el mayor número posible de topónimos para que no desaparezcan de forma irreversible. Con este fin se ha realizado la presente investigación.

Para lograrlo, se ha diseñado un proceso específico de trabajo y se ha dotado de diferentes materiales gráficos y cartográficos, que han permitido recopilar y geolocalizar un total de 1400 topónimos. Esta nueva base de datos espacial se podrá incorporar a futuros trabajos y fuentes cartográficas.

Ámbito de estudio

Se han tomado como referencia los límites reconocidos por la UNESCO, correspondientes al Bien “Pirineos-Monte Perdido”. Al tratarse de un espacio transfronterizo, se ha considerado la parte española, perteneciente a la Comarca de Sobrarbe. Dicho territorio se extiende por los términos municipales de Torla-Ordesa, Fanlo, Puértolas, Tella-Sin y Bielsa.

Se han recogido todos aquellos topónimos citados y localizados por los informantes, tanto si se encuentran dentro de los límites del Bien o en sus inmediaciones.

Objetivos del trabajo

El objetivo prioritario del trabajo ha sido recoger el mayor número posible de topónimos pertenecientes al Bien “Pirineos-Monte Perdido”, así como sus variantes si las hubiera, su geolocalización y el registro de información asociada a los mismos.

Metodología

Para acometer este trabajo se ha diseñado la metodología más precisa posible y adaptada a un territorio complejo por su gran extensión, su orografía de alta montaña y la existencia de un número reducido de informantes que todavía recuerdan la toponimia.

Se ha utilizado la técnica de la encuesta oral, realizada a las personas entrevistadas o informantes que poseen un mayor conocimiento del territorio y su toponimia. La mayoría,

son personas de avanzada edad que recuerdan formas orales populares y genuinas para designar a los lugares, tal como lo aprendieron de sus padres, abuelos y vecinos. También se ha contado con la inestimable colaboración de informantes más jóvenes que poseen un gran conocimiento toponímico.

Fases del trabajo realizado

Se ha establecido una serie de etapas o fases, desarrolladas entre los meses de septiembre de 2019 y junio de 2020.

Todo el trabajo se puede subdividir en tres grandes bloques o fases:

- 1ª fase: Inicial y preparatoria.
- 2ª fase: Realización de las entrevistas y tratamiento de la información de campo.
- 3ª fase: Revisión de toda la información, elaboración de fichas y redacción final.

A continuación se muestra una relación de los trabajos realizados durante la investigación:

- Revisión de trabajos previos y otras fuentes bibliográficas.
- Recopilación de fuentes cartográficas publicadas, tanto en papel como en digital.
- Recopilación del mayor número posible de fotos que abarcan buena parte del territorio de estudio. Todas ellas se han utilizado durante la fase de entrevistas, pudiendo visualizar y localizar muchos enclaves en áreas escarpadas.
- Diseño y planificación de rutas fotográficas realizadas a pie. Como no se contaba con todas las imágenes necesarias, ha sido necesario recorrer a pie algunas de las zonas más escarpadas para tomar nuevas fotografías desde diferentes puntos.
- Selección y clasificación de todas las fotografías. Se ha creado un archivo de imágenes organizadas por sectores, indispensable para el buen desarrollo de las entrevistas.
- Creación de un primer listado de colaboradores, a través de los cuales se ha podido seleccionar y localizar a los informantes.
- Elaboración del listado de informantes a entrevistar.



- Realización de entrevistas a los informantes. En su mayoría, se han realizado en sus domicilios particulares, a los que se ha acudido con el equipo técnico necesario para visualizar las fotografías y los mapas. Se han realizado 19 entrevistas a 17 informantes. Se han visitado 12 localidades: Javierre, Lamiana, Escalona, Puyarruego, Bestué, Sercué, Fanlo, Nerín, Torla, Aínsa, Barbastro y Monzón.

Durante las entrevistas se han utilizado diferentes recursos y herramientas, como un ordenador portátil y una pantalla de gran formato, lo que ha facilitado el visionado del material gráfico. Ha resultado de gran ayuda la utilización del visor Google Earth, junto a las fotografías tomadas sobre el terreno.

Además de anotar cada topónimo y su localización, también se ha registrado información asociada a los mismos, como usos tradicionales, anécdotas, creencias o vivencias.

En todos los casos, se ha tratado de registrar la versión más tradicional o genuina, es decir, aquella que era utilizada de forma habitual por los habitantes del territorio hasta la década de los 50 o 60 del pasado siglo. También se han registrado las posibles variantes para referirse a un mismo lugar.

Dado que el objetivo del trabajo es recoger la toponimia a partir de las entrevistas a los informantes, en el documento final solo aparecen los topónimos que han sido nombrados durante el desarrollo de las mismas.

- Introducción de toda la información recopilada en una tabla Excel.
- Comparación de la toponimia recogida en las entrevistas con la que aparece en otras fuentes cartográficas ya publicadas. Se ha seleccionado el Mapa “Ordesa y Monte Perdido” (1:25.000) del IGN-Organismo Autónomo de Parques Nacionales y el Mapa Topográfico Nacional de España (MTN25). También se ha contrastado con la toponimia del Nomenclátor Geográfico de Aragón y que se puede consultar a través de la página Web del Instituto Geográfico de Aragón (IGEAR).
- Comparación de la información recogida con la que aparece en el Inventario de Mallatas del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido, elaborado en 2000.
- Elaboración y redacción de las 1400 fichas identificativas de cada topónimo.
- Introducción de todos los topónimos en un Sistema de Información Geográfica.

Resultados

Gracias a esta investigación se ha podido recoger un total de 1400 topónimos, muchos de ellos no registrados en cartografías publicadas con anterioridad y en otros estudios.

Cada topónimo cuenta con sus respectivas coordenadas de localización.

Cuando alguno de los topónimos no se ha podido localizar con exactitud, se ha indicado en la ficha correspondiente, evitando así posibles confusiones futuras.

Siempre que ha sido posible, se ha incorporado al estudio toda la información y hechos asociados a los topónimos citados, como usos, vivencias, tradiciones y pequeñas historias.

Contenido de las ficha

A cada topónimo le corresponde una ficha descriptiva, en la que aparecen los siguientes campos de información:

- ID_TOPÓNIMO: Número de identificación de los topónimos.

- TIPO DE ELEMENTO: Cada topónimo se ha englobado en alguna de las categorías que aparecen en el listado de Elementos de Interés Paisajístico, establecido en el Catálogo del Plan de Paisaje del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido:



Hoguera de San Vicente en Puertolas

- a. Elementos relacionados con yacimientos arqueológicos.
 - b. Elementos relacionados con yacimientos paleontológicos.
 - c. Elementos de patrimonio hidráulico.
 - d. Elementos biogeográficos.
 - e. Elementos culturales y etnográficos.
 - f. Elementos de arquitectura.
 - g. Elementos fluviales.
 - h. Elementos geológicos y geomorfológicos.
- TOPÓNIMO: En primer lugar aparece el elemento lexemático y en segundo lugar, separado por una coma, el elemento gramatical o corónimo.
 - NOMBRE: El topónimo aparece expresado tal como se denomina de forma habitual para referirse a cada lugar.
 - MUNICIPIO: Indica el término municipal al que pertenece cada lugar.
 - LOCALIZACIÓN: A cada topónimo se le asignan unas coordenadas espaciales.
 - POSICIÓN RESPECTO A LOS LÍMITES DEL BIEN: Se indica si el elemento al que se refiere el topónimo está en el interior o en el exterior del Bien.
 - DESCRIPCIÓN: Se describen las características básicas que identifican y caracterizan al elemento. Incluye toda la información complementaria aportada por los informantes.
 - VARIANTES CARTOGRÁFICAS: Todos los topónimos recogidos en las entrevistas se han contrastado con otras fuentes cartográficas para averiguar si aparecen, su grado de similitud o si coincide su localización.
 - INFORMADORES ORALES: Aparecen los nombres de los informantes que han citado cada uno de los topónimos.

- COMENTARIOS: Se recoge toda la información complementaria asociada a los topónimos mencionados. Puede hacer referencia a la titularidad de fincas, mallatas o construcciones, el uso que hacían de los lugares, costumbres, tradiciones, creencias, etc.

Bibliografía sobre toponimia

- Ciprés Palacín, M.^a Ángeles: “Toponimia del Valle de Bielsa”. *Revista Argensola*. Instituto de Estudios Altoaragoneses, 88, Huesca, 1979.
- Fuertes Casaus, M.^a Pilar y Allué Navarro, M.^a Isabel: *Nombres para un paisaje. Toponimia del Valle de Broto*. Comarca de Sobrarbe y DPH, Zaragoza, 2006.
- GDGA (Grupo de trabajo de Descriptores Geográficos de Aragón): *GEODARA. Norma aragonesa para la creación de descriptores geográficos*. VOL. 2. junio de 2011.
- González Sarasa, J.A. y Navarro López, J. M.^a: *Toponimia de Ballibasa*. Colección Yalliq, Comarca Alto Gállego, Jaca, 2004.
- Laborda Lorente, R., Gisbert León, M., Lanau Hernáez, P., Villalba Mouco, V. y Etxebarria Casas, M.: “Primeras ocupaciones prehistóricas en Ordesa: Prospecciones y sondeos en el barranco de La Pardina (Fanlo, Huesca)”. *Análisis espacial y representación geográfica: innovación y aplicación*. Universidad de Zaragoza-AGE, 2015.
- Latas Alegre, Óscar: “Un estudio inédito de Rudolf Wilmes sobre toponimia de Bal de Bió e Boltaña”. *Alazet* 30, Consello d’a Fabla Aragonesa, 2018.
- Quintana i Font, Artur: *El aragonés nuclear de Nerín y Sercué (Valle de Vio)*. Colección Ainas 11, Gara d’Edizions e Instituto Fernando “el Católico”, Zaragoza, 2007.
- Rivas, Félix A.: *Toponimia de Leciñena*. Ayuntamiento de Leciñena, 2013.
- Terrado i Pablo, Javier: *Toponimia de Betesa*. Institut d’Estudis Ilerdencs, Lérida, 1992.
- Terrado i Pablo, Javier: *Metodología de la investigación en toponimia*. Edición del autor, Zaragoza, 1999.



14. Plan de Ordenación Pastoral de la vertiente española del Sitio Patrimonio Mundial Pirineos Monte Perdido

**Beatriz de Torre Barrio¹ (coord.),
David García Castillo¹ y Vicente Ferrer²**

(1) Ingenieros de montes de Agresta S. Coop.

(2) Biólogo y Doctor en veterinaria, especialista en pastos y hábitats de interés comunitario



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.

Introducción

El Plan de Ordenación Pastoral se realizó durante los años 2019 y 2020 en el marco del proyecto de cooperación transfronteriza POCTEFA 2014- 2020 ‘Pirineos-Monte Perdido, Patrimonio Mundial 2 (PMPPM2)’.

El Bien Pirineos-Monte Perdido fue inscrito en la lista de Patrimonio Mundial en 1997, y entre los criterios para la declaración del Bien se encuentran los criterios III, IV y V que hablan de la importancia del Bien como paisaje cultural gracias entre otras cosas al paisaje transformado por el ganado y al sistema de trashumancia tradicional que se viene practicando hasta nuestros días.

En el plan de ordenación pastoral se recoge un análisis de los problemas y oportunidades de la ganadería extensiva en este entorno y una propuesta de medidas estratégicas para la puesta en valor y el mantenimiento de la ganadería extensiva en la vertiente española del Sitio Patrimonio.

El principal valor del trabajo proviene de la implicación de más de 100 actores del territorio ligados directa o indirectamente a la ganadería, que han aportado detalladamen-



te su visión, sus opiniones, sus necesidades y propuestas para este plan. Se han organizado reuniones, talleres y encuestas en las que han contribuido aproximadamente el 84% de los ganaderos que hacen uso de los pastos del Sitio Patrimonio.

El plan se organizó en tres acciones:

- Descripción de la situación actual de la ganadería extensiva en la vertiente española del Sitio Patrimonio.
- Análisis de los problemas y oportunidades de la ganadería extensiva en este entorno.
- Propuesta de medidas estratégicas para el mantenimiento de la actividad ganadera.

Objetivos y retos del plan

El objetivo del plan es elaborar un instrumento trabajado desde el terreno, con las perspectivas de los ganaderos y actores clave del territorio, que ayude a orientar acciones de gestión, medidas estratégicas y apoyos administrativos para que la ganadería extensiva autóctona y tradicional de los municipios del Sitio Patrimonio tenga continuidad en los pastos del Parque Nacional y se reconozca su labor beneficiosa en dicho entorno.

Los principales retos para llegar a este objetivo son:

1. Conjugar ganadería, conservación y mantenimiento de la biodiversidad.
2. Poner en valor la actividad ganadera y su importancia en el Sitio Patrimonio.
3. Implicación de los ganaderos y administraciones locales en la organización y aplicación de las acciones del plan.
4. Romper la tendencia a la baja de dicho sector con medidas estratégicas que rompan la dinámica de bajada de rentabilidad y abandono rural.

Situación actual de la ganadería extensiva en la vertiente española del Sitio Patrimonio

Existen múltiples estudios e informes sobre la situación de la ganadería extensiva, tanto en la Comarca de Sobrarbe como fuera de ella. La situación que aquí se describe se refiere a las conclusiones extraídas de las encuestas recogidas y de los talleres y conversaciones con los ganaderos y otros actores implicados en el transcurso de este proyecto.

En base a estas encuestas sabemos que las explotaciones ganaderas en el entorno del Sitio Patrimonio son de tipo familiar y fundamentalmente se heredan de padres a hijos. Existe una fuerte vocación ganadera en la zona.

Son muy pocos los ganaderos que tienen personal externo contratado quedando el apoyo en las explotaciones en el entorno familiar fundamentalmente. El aprendizaje del manejo ganadero ha ido pasando de padres a hijos.

La edad media de los ganaderos del Sitio Patrimonio no es muy elevada estando ésta en torno a los 50 años.

En el conjunto del Sitio Patrimonio, en el año 2019, hay unas 42 ganaderías de vacuno y unas 20 de ovino, teniendo las últimas una tendencia a la baja debido principalmente a la dificultad del manejo ganadero, a la complejidad de venta del producto, a su intermitencia y a los precios a la baja del cordero en el mercado. Muchos ganaderos de ovino deciden cambiar a la explotación de vacuno más sencilla de manejar y con un producto más fácil de vender.



La media de la explotación de vacuno es de 70 cabezas y la de ovino de 380. Casi toda la orientación productiva del ganado del Sitio Patrimonio es de carne. Las razas mayoritarias son la parda de montaña en vacuno y rasa aragonesa y churra tensina en ovino.

El número de ganaderos es similar al que había en el año 2003, cuando se realizó el último Plan de Ordenación Pastoral del Parque Nacional, sin embargo, han disminuido las explotaciones de ovino y el tamaño de las mismas, mientras que las explotaciones de vacuno han aumentado ligeramente.

Las partidas con mayor número de ganaderos son las partidas de Góriz bajo en el municipio de Fanlo, con unos 20 ganaderos y la partida de Sesa con unos 15 ganaderos, entre las dos acumulan el 55% de los ganaderos del Sitio Patrimonio. Hay partidas como Góriz medio y Góriz alto, que solo disponen de pastos para el ganado ovino y que cuentan con menos de tres ganaderos por lo que el riesgo de abandono de la actividad en estas partidas es altísimo.

La tendencia de la actividad ganadera es a disminuir, a veces combinándola con otras actividades en el sector servicios o en la construcción, ambas actividades ligadas al desarrollo turístico de la zona. El 40% de los ganaderos del Sitio Patrimonio comparten la actividad ganadera con la actividad turística.

Según las encuestas, en torno al 25% de las explotaciones actuales tienen intención de abandonar y otro 20% se lo está pensando. Las razones principales de abandono de la actividad son el no tener descendencia que herede la explotación y la escasa rentabilidad, razón que también limita el acceso a nuevas incorporaciones unido a la dureza del trabajo y a la falta de formación en el manejo ganadero.

Hay en la zona dos asociaciones de ganaderos, una en el Valle de Broto fundada en 1987 y a la que pertenecen unos 50 ganaderos. Y la asociación de los ganaderos de Ordesa con sede en Escalona, que se fundó en el año 2003 y a ella pertenecen muchos de los ganaderos que pastan en el Parque Nacional. Esta última, a diferencia de la de Broto, tiene su actividad bastante parada. Se están planteando además algunas asociaciones mixtas turismo-ganadería que pueden resultar interesantes.

Análisis de los problemas de la ganadería extensiva en el entorno del Sitio Patrimonio

Los riesgos y problemáticas de la sostenibilidad y futuro de la actividad ganadera y de la conservación de pastizales y ecosistemas de alto valor son numerosas y entre-

mezcladas. En algunos casos se deben a circunstancias globales o de contexto europeo e internacional sobre las que el margen de acción de este plan es prácticamente nulo. En otros casos están ligados a circunstancias más locales o propias de la organización interna y a las acciones de los actores del territorio y de los propios ganaderos, así como a las características geográficas, socioeconómicas y legislativas locales o regionales.

Para mejorar la comprensión sobre la situación y poner luz sobre el análisis, tras evaluar todas las informaciones que emergen de reuniones, talleres y entrevistas en el territorio y en reuniones de discusión y comprensión del equipo responsable del plan, se han organizado las problemáticas en 4 categorías principales.

1. Imagen y estatus de la ganadería extensiva

Se refiere a la problemática relacionada con la imagen que tiene la ganadería como actividad tanto dentro del Parque como a ojos de la sociedad, su impacto en el turismo y el estatus y visibilidad que tienen los ganaderos a la hora de expresar opinión sobre los temas que conciernen al Parque y el peso que éstas tienen en la toma de decisiones.

2. Coordinación entre actores

Este bloque aglutina toda la problemática, oportunidades y propuesta de soluciones relacionadas con la necesidad de unificar visiones en cuanto a los criterios de gestión de la conservación de la naturaleza y la necesidad de una mayor coordinación entre las diferentes administraciones implicadas en la toma de decisiones sobre el aprovechamiento de recursos en el Sitio Patrimonio..

3. Manejo ganadero

Este bloque aglutina toda la problemática, oportunidades y propuesta de soluciones relacionadas con la necesidad de mejora continua en el manejo ganadero para conseguir una mayor eficiencia en el óptimo aprovechamiento de los hábitats pascícolas de mayor interés de conservación. Se tratan en este bloque las necesidades del propio ejercicio de la actividad ganadera para que se pueda desarrollar adecuadamente.

4. Económico-financiero

Se refiere a los problemas relacionados con la disminución de la rentabilidad de las explotaciones debido al descenso en los ingresos y mantenimiento o aumento de los gastos que conllevan. Además, se refiere a los problemas generados debido a las trabas legales y administrativas que existen, especialmente en las zonas de montaña, para el desarrollo de la actividad ganadera y que limitan el acceso a nuevos ganaderos.

Medidas estratégicas y propuestas de acción

Para cada uno de los grandes bloques de problemáticas se ha elaborado una batería de medidas y acciones que responden a aquellos aspectos sobre los que los actores locales, privados o institucionales, tienen capacidad de influir para avanzar hacia una mejora o solución, especialmente sobre las que tiene capacidad de acción el Parque Nacional, ya sea directamente o en calidad de apoyo o fomento.

Las propuestas de acción se han organizado en las mismas categorías que los problemas identificados:

1. Imagen y estatus de la ganadería extensiva

La acción fundamental de este eje es utilizar el poder de comunicación del Parque Nacional para la puesta en valor de la ganadería y la actividad de los ganaderos.

Se trata de hacer un esfuerzo especial para integrar mensajes y contenidos sobre el papel de la ganadería en el Parque Nacional, poniendo también en valor las cuestiones culturales, paisajísticas, ecológicas, económicas y sociales de esta actividad en el Parque Nacional y su entorno. Es una oportunidad para destacar el valor de ser Bien Patrimonio Mundial y su conexión con la ganadería.



Acción 1. Centro de interpretación dedicado a la ganadería extensiva y tradicional

Acción 2. Campaña de comunicación e información desde el Parque Nacional

Acción 3. Registro audiovisual de la actividad ganadera tradicional que aún se practica en el Sitio Patrimonio.

2. Coordinación entre actores

Las acciones van encaminadas a ampliar la voz de la ganadería extensiva en el Sitio Patrimonio para facilitar el entendimiento entre diferentes actores que utilizan los mismos recursos con objetivos diferentes.

Además, dentro del Parque Nacional es conveniente acercar posiciones en el concepto de Conservación de la Naturaleza y comprender porqué la práctica de la ganadería extensiva puede ser beneficiosa para dicha conservación y, por otro lado, identificar y comprender qué barreras no puede cruzar la ganadería extensiva para mantener esa conservación de la Naturaleza.

Acción 1. Fomento y apoyo de las asociaciones ganaderas de ganaderos que pastan en el Sitio Patrimonio.

Acción 2. Facilitar la comunicación entre ganaderos, ayuntamientos, expertos, APNs, Servicio Territorial y Parque Nacional con la creación de la figura del dinamizador o coordinador pastoral y el establecimiento de un condicionado de uso de los puertos lo más consensuado posible aprovechando el conocimiento técnico-científico existente.

Acción 3. Fomentar talleres de intercambio de conocimiento tanto entre actores implicados en la conservación del Parque, especialmente APNs y ganaderos, como con los actores transfronterizos en la vertiente francesa del Sitio Patrimonio.

3. Manejo ganadero

Son acciones encaminadas a mejorar el uso de los pastos, facilitando un uso más eficiente de los mismos, una mayor productividad ganadera y el aumento del bienestar animal y del ganadero, asegurando la seguridad sanitaria y la minimización de las interacciones con la fauna salvaje y el turismo.

Se organiza la batería de medidas en 4 puntos clave:

MEDIDA 1. Optimización de la zona pastable en cada partida ganadera

— Acción 1. Mejorar la dotación de infraestructuras en los puertos: Número y mantenimiento.

- Acción 2. Control de la carga ganadera en cada partida mediante el conteo del ganado en los puntos de acceso a las partidas.
- Acción 3. Promover el uso de nuevas tecnologías por parte del Parque para el control y manejo de los rebaños con mayor facilidad e independencia del pastor.
- Acción 4. Recuperar antiguas zonas de pastoreo y gestionar las zonas con riesgo de matorralización.

MEDIDA 2. Asegurar la seguridad sanitaria en todas las partidas ganaderas.

- Acción 1. Control estricto del estado sanitario del ganado que utiliza los pastos del Bien.
- Acción 2. Adecuación de infraestructuras ganaderas con criterios de sanidad.
- Acción 3. Adecuar el manejo ganadero a los posibles riesgos sanitarios, pensando en diferenciar zonas de pastoreo y periodos.

MEDIDA 3. Minimizar las interacciones con la fauna silvestre.

- Acción 1. Seguimiento de la población de jabalí con el fin de evitar hozaduras en determinados puntos.
- Acción 2. Vigilancia del ganado frente a posibles ataques de buitre en los momentos más vulnerables para el ganado (partos).
- Acción 3. Adecuar los abrevaderos y depósitos para evitar la transmisión de enfermedades por buitres.
- Acción 4. Conjunto de acciones para la prevención y protección frente a la posibilidad de presencia de oso en la zona.

MEDIDA 4 Minimizar las interacciones con el uso turístico.

- Acción 1. Uso de carteles informativos.
- Acción 2. Prohibir o regular la entrada de perros.
- Acción 3. Campañas de recogidas de basuras periódicas.
- Acción 4. Adaptar las zonas de acceso compartidas entre ganado y turistas.

4. Económico-financiero

El objetivo fundamental es la sostenibilidad de la ganadería como actividad económica.

MEDIDA 1. Minimizar problemas por ser zonas de alta montaña rural periférica.

- Acción 1. Apoyo al empleo local.
- Acción 2. Implicación del Parque en la contratación de personal local o ligado a la ganadería.

- Acción 3. Facilitar el acceso a la vivienda en la zona.
- Acción 4. Promover y apoyar iniciativas dirigidas a adaptar la normativa general a las peculiaridades de la ganadería de montaña.

MEDIDA 2. Acciones dirigidas al aumento de la rentabilidad de las explotaciones.

- Acción 1. Fomento y apoyo de la cooperación ganadera.
- Acción 2. Valorización de los productos ganaderos mediante la creación y difusión de una marca de calidad de los productos de las ganaderías que pastan en el Sitio Patrimonio.
- Acción 3. Apoyo a la venta directa y el fomento del mercado local de productos.
- Acción 4. Impulso de un programa de pago por servicios ambientales.

MEDIDA 3. Favorecer las nuevas incorporaciones y evitar la pérdida de las ganaderías más tradicionales.

- Acción 1. Seguimiento adecuado por parte de la administración para que la superficie declarada y pastoreada sea lo más ajustada posible.
- Acción 2. Formación en el manejo de las ganaderías en los puertos a nuevos ganaderos y pastores.
- Acción 3. Guía audiovisual del manejo tradicional en la zona, de forma que no se pierda el conocimiento vivo que aún existe

Bibliografía

- Aldezabal, A., J. Bas, F. Fillat, R. García-Gonzalez, I. Garin, D. Gómez y J. L. Sanz (1992). Utilización ganadera de los pastos supraforestales en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido, Instituto Pirenaico de Ecología. Convenio C.S.I.C. - I.C.O.N.A.: 145.
- Asociación de entes locales del Pirineo Aragonés (ADELPA) (2018). *Acuerdo de la asamblea general de Adelpa sobre la ganadería del Pirineo*.
- Asociación Española de Municipios de Montaña. Grupo de trabajo en el marco de la Asociación Española de Municipios de Montaña. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Fundación de la Biodiversidad (2018). *Guía de los Servicios ecosistémicos de las áreas de montaña españolas*.
- Bernués Jal, A., & Olaizola Tolosana, A. (2012). *La ganadería en los Pirineos: evolución, condicionantes y oportunidades*. Universidad del País Vasco.

- Comisión C (2015) 3531 (2015). Programa de Desarrollo Rural de Aragón para el periodo 2014-2020.
- Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón (2016). Opinión y recomendaciones del consejo de protección de la naturaleza de Aragón sobre el tema: Ganadería Extensiva de Aragón y su papel como herramienta de gestión del medio natural: propuestas de futuro.
- Consortio de la Reserva de la Biosfera de Ordesa-Viñamala (2014). Plan de Gestión de la Reserva de la Biosfera de Ordesa-Viñamala.
- Departamento de Desarrollo Rural y Sostenibilidad del Gobierno de Aragón (2018). Orden DRS/1247/2018, de 5 de julio, por la que se establecen las bases reguladoras para la concesión, en régimen de mínimis, de subvenciones para la adaptación de la ganadería extensiva a los retos ambientales y a los desafíos socioterritoriales. BOA 146
- EN - EUR-Lex - EUR-Lex COM/2020/381 final. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. *Estrategia «de la granja a la mesa» para un sistema alimentario justo, saludable y respetuoso con el medio ambiente.*
- Fillat, F. Reflexiones sobre la conservación de la naturaleza y la ganadería de montaña en el Parque nacional de Ordesa y Monte Perdido (2017). Revista Ambienta.
- Fillat, F., González, R. G., García, D. G., Gómez, D., & Reiné, R. (Eds.). (2008). Pastos del Pirineo. Editorial CSIC-CSIC Press.
- García-González, R., Aldezabal, A., Garin, I., & Marinas, A. (2011). Valor nutritivo de las principales comunidades de pastos de los Puertos de Góriz (Pirineo Central). *Pastos*, 35(1), 77-103.
- Gobierno de Aragón (2015). Decreto 49/2015, de 8 de abril, del Gobierno de Aragón, por el que aprueba el Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido
- Gobierno de Aragón, Parque Nacional y Organismo Autónomo Parques Nacionales (2017). *III Jornada de Investigación del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido.*
- Ibarra Benlloch, Paloma et al (2019). Plan de Paisaje del Bien Pirineos - Monte Perdido (POCTEFA 2014-2020). Dpt. Geografía y Ordenación del Territorio. IUCA. Universidad de Zaragoza

- Javier Ruiz (EFNCP-Entretantos), Pedro M^a Herrera (Entretantos), Rubén Barba (Ingeniero Agrónomo, -Cantabria), Juan Busqué (CIFA-Cantabria) (2017). Definición y caracterización de la extensividad en las explotaciones ganaderas de España. Subdirección General de Productos Ganaderos del Ministerios de Agricultura Pesca y Alimentación, Madrid.
- Jefatura del Estado (2007). Ley 45/2007 para el desarrollo rural sostenible. BOE-A-2007-21493
- Ley 7/2017, de 28 de junio, de venta local de productos agroalimentarios de Aragón. BOA n° 133
- MAPAMA (2011). Real Decreto 1336/2011, de 3 de octubre, por el que se regula el contrato territorial como instrumento para promover el desarrollo sostenible del medio rural. BOE-A-2011-15567
- Mesa de la montaña (2010). *Aspectos clave a tener en cuenta para definir un futuro posible para la agricultura y ganadería en zonas de montaña.*
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2020). Plan Estratégico PAC post 2020.
- MSA I+D S.L. e IPE-CSIC (2003). Plan de Ordenación Pastoral.Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido. 82 pp + cartografía y anexos.
- Planes anuales de aprovechamientos de montes de UP y consorciados en la provicnica de Huesca publicados en el BOA cada año.
- Red Rural Nacional (2020). Guía de Gobernanza de las Montañas.
- Rodríguez Ortega, T., Bernués Jal, A., & Olaizola Tolosana, A. (2019). El papel de la ganadería extensiva en la provisión de beneficios ambientales en los agroecosistemas mediterráneos.
- Salguero, 2019. Los Comunales y la Política Agraria Comunitaria (PAC). Trashumancia y Naturaleza. Madrid.
- San Vicente, M. G., & Gonzalo, M. C. P. (2019). Análisis de los retos de gestión del paisaje del Bien Pirineos-Monte Perdido tras dos décadas inscrito en la Lista del Patrimonio Mundial de UNESCO (1997-2018). *Investigaciones Geográficas*, (71), 75-96.

Páginas web

- Fundación Pau Costa (2021). Sello para venta de productos locales “Rebaños de fuego”.
<https://www.ramatsdefoc.org/es/consumidor/>
- Grupo Operativo Innoland. La Innovación, al servicio de la lucha contra el abandono de tierras. (2019) Programa Nacional de Desarrollo Rural 2014-2020 (PNDR). <https://goinnoland.wordpress.com/>
- Grupo Operativo RETA. Red de Espacios Test Agrarios y nuevos agentes agrarios (2020). Programa Nacional de Desarrollo Rural 2014-2020 (PNDR) <https://espaciostestagrarios.org/>
- Grupo Operativo sobre Ganadería Extensiva en el Pirineo. Programa de Desarrollo Rural de Aragón 2014-2020. Reserva de la Biosfera Ordesa-Viñamala. Reserva Biosfera Ordesa Viñamala (reservabiosferaordesavinamala.com)
- Interreg Sitio Patrimonio Mundial Pirineos Monte Perdido: <http://www.pirineosmonteperdido.com>
- Marca ‘Calidad y Origen Carrefour’: carne de añoja criada sin tratamientos antibióticos-programa Act for Food (2020). <https://www.distribucionactualidad.com/carrefour-presenta-primera-carne-anoja-criada-tratamientos-antibioticos/>
- Marca de garantía Pro-biodiversidad de la Fundación Quebrantahuesos. <https://proyecto-monachus.grefa.org/acciones-integradas-en-el-proyecto-monachus/>
- Plataforma carne de pasto. <https://www.lacarnedepasto.com/>
- Proyecto de cooperación para el seguimiento y control de pastos (POCTEFA 2016-2018). Reserva de la Biosfera Ordesa-Viñamala. Reserva Biosfera Ordesa Viñamala (reservabiosferaordesavinamala.com)
- Proyecto e-barana. Vallado virtual para la gestión inteligente de ganadería extensiva. Reserva de la Biosfera Ordesa-Viñamala, Escuela de Negocios del Pirineo et al. Programa de Desarrollo Rural de Aragón 2014-2020. <https://www.esnepi.es/e-barana/>
- Proyecto Life Live Adapt. Programa LIFE de la Unión Europea (2018-2022) <https://liveadapt.eu/>
- Proyecto Piroslife. Programas Life-Natura (2018). <https://piroslife.cat/es/>
- Red de Áreas Pasto-Cortafuegos de Andalucía (RAPCA). Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía (2005-2020). <http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/portalweb/menuitem.7e1cf46ddf59bb227a9ebe205510e1ca/?vgnnextoid=522dbc3b5864b310VgnVCM2000000624e50aRCRD&vgnnextchannel=2cb6a5f862fa5310VgnVCM1000001325e50aRCRD>
- SIPCA. Buscador sencillo de patrimonio inmaterial. http://www.sipca.es/censo/busqueda_oral_simple.html



VI JORNADA DE INVESTIGACIÓN

Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido

Presentación de resultados



LUGAR DE REALIZACIÓN

Jornada en línea

Plataforma ZOOM

<https://us02web.zoom.us/j/87827407470>



INFORMACIÓN:

Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido
C/Felipe Coscolla 11, 13. 22004, Huesca
Teléfonos: 974 243 361 / 679 297 489

www.aragon.es/ordesa

ORGANIZA:

Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido



2 de diciembre de 2020

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 tanto al público en general como al personal del Parque Nacional e investigadores, teniendo por objetivo mejorar el conocimiento de los valores naturales que presenta el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido y, al mismo tiempo, fomentar el contacto, las colaboraciones y sinergias entre las distintas personas e instituciones que realizan trabajos en este singular espacio natural protegido del Pirineo aragonés.



PROGRAMA

Miércoles 2 de diciembre

Proyectos de investigación en el PNOMP

9:00h Inauguración: Elena Villagrasa Ferrer. Directora del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido.

9:15h "Cuevas heladas en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido: avances y nuevos descubrimientos".

Ponente: Miguel Bartolomé Ucar. MNCN– CSIC.

9:45h "Seguimiento del glaciar de Monte Perdido entre los años 2011– 2020".

Ponente: Ignacio López Moreno. IPE – CSIC.

10:15h "Estado ecológico de los ríos de cabecera en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido".

Ponente: Marta Quintana Buil. Universidad de Barcelona.

10:45h "Programa de seguimiento de lepidópteros en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido".

Ponente: Fernando Jubete Tazo. Asociación de Naturalistas Palentinos.

----- DESCANSO -----

11:45h "¿Por qué es fundamental un seguimiento de los individuos que conforman las poblaciones para conservar especies? El caso del topillo nival en el PNOMP".

Ponente: Jesús Martínez-Padilla. IPE – CSIC.

12:15h "Diferente susceptibilidad de *Rana pyrenaica* a dos enfermedades emergentes de anfibios".

Ponente: Jaime Bosch Pérez. UMIB (CSIC – Universidad de Oviedo).

12:45h "El proyecto GLORIA en el PNOMP. Cómo afecta el calentamiento global a la flora de alta montaña" & "Mapa de vegetación actual, a escala 1:10.000, del PNOMP y su Zpp".

Ponente: José Luis Benito Alonso. Jolube Consultor Botánico.



13:15h "Ecosistemas acuáticos de alta montaña: refugio de biodiversidad oculta y centinelas del cambio global". Ponente: Josep Maria Ninot. Universidad de Barcelona.

----- DESCANSO -----

16:00h "Estudios genéticos para entender el pasado, presente y futuro de las plantas en los roquedos del PNOMP". Ponente: Pablo Tejero Ibarra. Sociedad de Ciencias Aranzadi.

16:30h "Avance de resultados sobre el conocimiento hidrogeológico del sistema kárstico que drena el macizo Monte Perdido-Marboré".

Ponente: Luis Javier Lambán Jiménez. IGME.

17:00h "Inventario del Patrimonio Inmaterial de la vertiente española del Sitio Patrimonio Mundial Pirineos Monte Perdido".

Ponentes: Félix A. Rivas González e Ignacio Pardinilla Bentué. Atelier de Ideas S. Coop.

17:30h "Problemas, oportunidades y medidas estratégicas para la puesta en valor y el mantenimiento de la ganadería extensiva en la vertiente española del Sitio Patrimonio Mundial Pirineos Monte Perdido".

Ponente: Beatriz de Torre Barrio. AGRESTA S. Coop.

