



VIII SEMINARIO DEL GEOPARQUE DE SOBRARBE

**“Los cambios climáticos en el Pirineo”**

24, 25 y 26 DE OCTUBRE DE 2014

SEDE DE LA COMARCA DE SOBRARBE

BOLTAÑA (HUESCA)





---

## Salida Guiada

### “Recorrido por el Valle de Ordesa: flora, vegetación y cambio climático”

---

**Luis Villar Pérez**

**Instituto Pirenaico de Ecología-CSIC**

**Miembro de la Comisión Científica Asesora del Geoparque de Sobrarbe**

[lvillar@ipe.csic.es](mailto:lvillar@ipe.csic.es)

*Doctor en Ciencias Biológicas por la Universidad de Barcelona. Investigador Científico del Consejo Superior de Investigaciones Científicas en el Instituto Pirenaico de Ecología (IPE-CSIC, sede de Jaca) desde 1974. Durante más de 40 años ha estudiado la flora y vegetación de los Pirineos y Península Ibérica. Ha publicado unos 350 trabajos sobre temas de biodiversidad, ecología y conservación vegetal, de ellos una docena de libros. Desde 2000 participa en el Proyecto europeo GLORIA (Global Observation Research Initiative in Alpine Environment) que estudia la flora alpina en relación con el cambio climático, con un zona piloto monitorizada en el Macizo del Monte Perdido.*

**José Luis Benito Alonso**

**Consultor y editor botánico**

<http://www.jolube.net>

*Doctor en Biología por la Universidad de Barcelona. Ha trabajado desde 1992 hasta 2005 en el Instituto Pirenaico de Ecología-CSIC de Jaca. En la actualidad es Biólogo en ejercicio libre de la profesión y miembro del Colegio Profesional de Biólogos de Aragón. Tiene una pequeña editorial que publica libros de Botánica. Desde 2000 participa en el proyecto europeo GLORIA (Global Observation Research Initiative in Alpine Environment) que estudia la flora alpina en relación con el cambio climático, con un zona piloto monitorizada en el macizo del Monte Perdido, y desde 2012 coordina este proyecto europeo GLORIA en Aragón. Desde 2006 coordina la elaboración del Mapa de Hábitats de Aragón, un proyecto del Departamento de Medio Ambiente del Gobierno de Aragón.*

Los Parques Nacionales son espacios de referencia para estudios científicos sobre biodiversidad. Particularmente, las observaciones ecológicas continuadas o el seguimiento de las poblaciones vegetales y animales se atienden cada vez más. En este contexto, algunos de ellos como el de Ordesa y Monte Perdido forman parte de la red internacional LTER (*Long Term Ecological Research*, Investigaciones ecológicas a largo plazo). Aunque las primeras señales del calentamiento global se vieron en la cada vez más rápida fusión de los hielos de los glaciares, desde hace décadas se consideran determinados seres vivos, especialmente plantas, como bioindicadores del cambio climático.

Desde los años 1960, los investigadores del Instituto Pirenaico de Ecología venimos estudiando la flora y vegetación del Parque Nacional de Ordesa, lo que nos permitió publicar, entre otros trabajos, el Mapa de vegetación a escala 1:25 000 (Villar & Benito, 2001) y dos monografías (Benito, 2006a y 2006b). Paralelamente, desde el año 2000 participamos en el proyecto europeo GLORIA (*Global Observation Research Initiative in*

*Alpine Environment*) que estudia la flora alpina de nuestra cordillera en relación con el cambio climático, primero a escala europea, luego a escala mundial. En este recorrido hablaremos de la riqueza florística del Pirineo debida a razones geológicas, climáticas y biogeográficas. La proporción de especies endémicas es notable, sobre todo en las cimas, por encima de los 2200-2300 m. Incluso pueden hallarse plantas antiquísimas que llamamos fósiles vivientes como la *Borderea pyrenaica* de las pedrizas calizas o la *Ramonda myconi* (oreja de oso) de los roquedos sombríos con musgos.

Reconoceremos las especies que veamos, especialmente árboles y arbustos que llamarán nuestra atención por su policromía otoñal. Explicaremos también las características del paisaje vegetal del Parque: bosques submediterráneos, montanos y subalpinos, pastos oromediterráneos, subalpinos y alpinos.

Finalmente, daremos cuenta de los resultados obtenidos del estudio de las parcelas experimentales monitorizadas en cuatro cimas (Acuta, Custodia, Tobacor, Olas) tras repetir las observaciones en 2001 y 2008. Así, las plantas adaptadas al frío ("criófilas") van a menos, mientras que las frioleras ("termófilas") van a más. Esta sustitución se debe al ascenso provocado por el calentamiento global. En efecto, en las 52 montañas boreo-templadas, desde Noruega hasta los Pirineos, se observa un incremento medio del número de especies, de 38 a 42.

---

## "Dendroclimatología: el clima a través de los árboles"

---

**Miguel A. Saz Sánchez.**  
**Dpto. de Geografía y Ordenación del Territorio e Instituto Universitario de Ciencias Ambientales de Aragón, Grupo de Clima, Agua y Cambio Global.**  
**Universidad de Zaragoza**  
[masaz@unizar.es](mailto:masaz@unizar.es)

*Dr. en Geografía por la Universidad de Zaragoza. Desarrolló su tesis doctoral en dendroclimatología en el Instituto Pirenaico de Ecología. En la actualidad es Profesor Contratado Doctor en el Área de Análisis Geográfico Regional del Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio de la Universidad de Zaragoza, miembro del Instituto Universitario de Ciencias Ambientales de Aragón y del Grupo de Clima, Agua y Cambio Global. Es además miembro de la red climática CLIVAR-España y de la red PAGES (Past Global Changes). En la actualidad forma parte del equipo investigador del proyecto del Plan Nacional de 2011: Caracterización del clima del Nordeste de España desde el siglo XVI. Ha participado como investigador principal o miembro del equipo investigador en 20 proyectos nacionales, regionales y europeos relacionados con la climatología y la dendrocronología, además de en 14 contratos de I+D+i con diversas instituciones. Autor o coautor de más de 50 artículos y capítulos de libro sólo relacionados con el tema de las jornadas.*

Las características climáticas de un espacio determinado no son un fenómeno inmutable del paisaje. A lo largo de las últimas centurias el clima ha oscilado en torno a unas condiciones medias que han llevado a la ocurrencia de episodios más cálidos y fríos, como el Óptimo Climático Medieval, que se extendió entre los siglos X y XIV, al que sucedió la Pequeña Edad del Hielo, un episodio más frío y de marcadas anomalías en la precipitación que ocupó los siglos XVI al XIX, testimonio del cual son numerosas fuentes documentales o el avance observado en glaciares de montaña.

Las causas de estas alteraciones se relacionan con la actividad solar así como con cambios en la atmósfera provocados por grandes erupciones volcánicas. A partir de la revolución industrial hay que añadir al sistema un nuevo componente que hasta ese momento había tenido una intervención en el clima prácticamente inapreciable, la actividad antrópica. Las emisiones de gases de efecto invernadero como el CO<sub>2</sub> o el metano, parecen ser una de las causas que han provocado un aumento de las temperaturas desde mediados del siglo XX. Sin embargo, la información climática instrumental debido a la escasa longitud temporal de sus registros (que en el mejor de los casos no pasa de un siglo y medio), apenas nos permite introducirnos en momentos anteriores a esa masiva intervención antrópica sobre el sistema, por lo que no podemos conocer directamente, de forma detallada y continua, cuál fue la evolución de los elementos climáticos en condiciones atmosféricas que hemos de considerar como naturales.

Una de las técnicas que mejores resultados ofrece en la reconstrucción de los climas de época preinstrumental es la dendroclimatología, referida a las reconstrucciones climáticas que se obtienen a partir del crecimiento anual que experimentan las especies leñosas en latitudes templadas. Los anillos de los árboles son capaces de sintetizar en su anchura, densidad, composición isotópica o características anatómicas, la influencia de los factores ambientales sobre su desarrollo celular, por lo que una adecuada decodificación e interpretación de ese registro nos puede proporcionar información de carácter cuantitativo de la temperatura y precipitación de las últimas centurias (en grados centígrados y milímetros respectivamente), con la única limitación que impone la longevidad de los árboles utilizados.

En la actualidad, el grupo de investigación de Clima, Agua y Cambio Global está trabajando en el marco de dos proyectos del Plan Nacional de Investigación en el desarrollo de nuevas reconstrucciones del clima del NE de España a partir de la dendroclimatología. Se dispone de muestras de más de 800 árboles, fundamentalmente de *Pinus uncinata*, *P. sylvestris*, *P. nigra*, *P. pinaster* y *P. halepensis* distribuidos por los Pirineos, Cordillera Ibérica y Valle del Ebro. El objetivo del trabajo es aproximarnos a la evolución del clima regional en momentos anteriores a la intervención antrópica sobre el sistema climático y aportar información para contextualizar procesos naturales bióticos y abióticos e incluso procesos antrópicos en un marco climático objetivo.

---

## "Introducción a la flora y vegetación del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido: un patrimonio singular"

---

**Luis Villar Pérez**  
**José Luis Benito Alonso**

El PNOMP es el de mayor desnivel altitudinal de toda la Red de Parque Nacionales. Desde el punto más bajo del Parque, situado en Añisclo (700 m de altitud), hasta la cúspide del Monte Perdido (3355 m) hay un desnivel de más de 2600 m donde hallamos acantilados y gleras, desfiladeros o cañones, mesetas, circos y laderas altas e incluso ventisqueros o glaciares. Además, es el macizo calcáreo más alto de Europa y aquí se produce una mezcla de influencias climáticas, que junto al fuerte desnivel altitudinal, da lugar a la presencia de un centenar largo de comunidades vegetales. Así, tenemos desde vegetación mediterránea que penetra en las partes más bajas como en Añisclo o Escuaín, pasando por la submediterránea de los cresteríos pedregosos calizos y resecaos por el viento, o los "pozos de oceaneidad" con presencia de plantas propias de ambientes más cercanos al Cantábrico, y finalizando con la vegetación de ambiente alpino de las altas cumbres.

A primera vista, en el Parque lo que más llama la atención son las selvas y los grandes acantilados. Sin embargo, los bosques sólo ocupan el 17% de su superficie. Si a ellos sumamos los matorrales de boj y erizón, el porcentaje se eleva al 28 %. Sin embargo, el montañero habrá podido apreciar que la mayor extensión del territorio la ocupan, con diferencia, los pastos fruto de centenares de años de coevolución con los herbívoros, así como los enormes paredones y los pedregales de la alta montaña.

Así, los lugares más singulares por la presencia de plantas endémicas (exclusivas) son los roquedos y las pedrizas, lugares donde la vida vegetal se ve dificultada por la escasez de recursos y un ambiente muy extremo. Ello ha actuado de motor adaptativo y evolutivo que ha permitido la diversificación de las especies. Allí encontraremos la mayor parte de los endemismos que existen en la Cordillera Pirenaica, algunos de los cuales han sobrevivido a las glaciaciones como la célebre oreja de oso (*Ramonda myconi*) o la *Borderea pyrenaica*; otras plantas son más "jóvenes" como una bella campanilla azul (*Campanula cochlearifolia*), atrapamoscas (*Pinguicula longifolia*), un cardo (*Cirsium glabrum*) o rompepiedras como *Androsace pyrenaica*, *Petrocoptis crassifolia*, *Saxifraga aretioides* y *Petrocallis pyrenaica*, entre otras muchas.

Toda esta variedad de ambientes permite el establecimiento en el Parque más de 1400 especies de plantas vasculares, lo que significa más de la mitad de la flora del Pirineo aragonés (VILLAR, SESÉ & FÉRRÁNDEZ, 1997, 2001) y además 114 comunidades vegetales.

En resumen, podemos decir que el PNOMP están bien representados todos los tipos de vegetación del Pirineo central meridional calizo.

---

## "El clima de los Pirineos, la cordillera entre dos mares"

---

**Javier del Valle Melendo**  
**Centro Universitario de la Defensa (Zaragoza)**  
[delvalle@unizar.es](mailto:delvalle@unizar.es)

*Doctor en geografía (climatología), Máster en educación ambiental, Máster en evaluación de impacto ambiental, Diplomado en altos estudios internacionales. Profesor de Ingeniería del medio ambiente en el Centro Universitario de la Defensa de Zaragoza. Participa como investigador en un proyecto de investigación sobre los glaciares del Pirineo aragonés. Cuenta con numerosas publicaciones (libros artículos y comunicaciones a congresos) sobre todo en las áreas de climatología, espacios naturales, gestión de agua y de ecosistemas fluviales y agua como recurso estratégico.*

Los Pirineos son una cordillera situada en latitudes medias con una clara disposición O-E y localizada entre el Cantábrico (al O) y el Mediterráneo (al E).

En conjunto presenta un clima relativamente templado en relación con la latitud en la que se localiza, en buena medida explicado por la naturaleza de los dos mares que la limitan: el Cantábrico es templado por el efecto que ejerce la Corriente del Golfo en toda la fachada marítima de Europa occidental, mientras el Mediterráneo, un mar cerrado en latitudes medias, se comporta como una masa de agua cálida.

La proximidad de ambas masas de agua facilita las precipitaciones, que en conjunto son abundantes, aunque con diferencias espaciales y temporales:

Espacialmente son más abundantes en la zona occidental, aunque la progresiva disminución hacia el E es compensada en parte con el aumento de altura media de la cordillera, que favorece las precipitaciones. La zona de menor precipitación media aparece en el sector centro – oriental, para aumentar algo en el extremo oriental debido a la cercanía del Mediterráneo. Entre la vertiente N y S no se observa una cierta diferencia positiva a favor de la vertiente N, aunque el comportamiento de la precipitación es muy diferente en una u otra en función de la situación atmosférica dominante.

En cuanto al comportamiento medio a lo largo del año podemos señalar que las estaciones tienen las siguientes características:

El verano es moderadamente cálido, soleado en la vertiente S y mucho menos en la N. Es relativamente seco pero la sequía no es muy marcada. Se producen episodios tormentosos que pueden dejar precipitaciones abundantes localizadas, especialmente en los sectores central y oriental.

El otoño presenta una progresiva disminución de las temperaturas medias, alternándose periodos de lluvias abundantes con otros de tiempo soleado y estable. Las lluvias suelen ser especialmente abundantes en los sectores central y oriental.

El invierno alterna periodos de tiempo frío por llegada de masas de aire del N con otros de estabilidad. Las precipitaciones son en buena medida en forma de nieve, especialmente en las zonas altas. Son especialmente abundantes en la mitad occidental y vertiente N.

En primavera domina un tiempo cambiante, con entradas de aire frío de tipo invernal que producen nevadas y periodos de tiempo estable y subida de las temperaturas. Las precipitaciones suelen ser abundantes en casi toda la cordillera.

Aunque estas son las características generales, existen numerosas modificaciones locales debidas a la orientación de los valles, topografía, presencia de relieves importantes, etc, además de numerosos topoclimas en función de la altura y la orientación.

---

## SALIDA GUIADA

### "El Valle de La Larri: cambios de clima y evolución del paisaje"

---

**Blas Lorenzo Valero Garcés.**

**Instituto Pirenaico de Ecología-CSIC**

**Miembro de la Comisión Científico Asesora del Geoparque de Sobrarbe**

[blas@ipe.csic.es](mailto:blas@ipe.csic.es)

*Nacido en 1963 en Portalrubio (Teruel, España). Doctorado en Ciencias Geológicas en 1991 por la Universidad de Zaragoza. Fulbright Fellow (1991-1993) y Research Fellow (1993-1995) en el Limnological Research Center, University of Minnesota. Post-doc (1995-1998) e investigador contratado (1998-2000) en el Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC). Investigador de plantilla en IPE-CSIC desde 2000. Su investigación se centra en la reconstrucción de cambios globales en el pasado (climáticos, ambientales, antrópicos) a partir de registros continentales, principalmente lagos, a una escala desde décadas a milenios. La estrategia se basa en indicadores sedimentológicos y geoquímicos, pero integrando también indicadores biológicos. Las áreas de trabajo incluyen América del Sur (Chile, Argentina, Lago Titicaca), el Pacífico (Isla de Pascua), América del Norte (Great Salt Lake y northern Great Plains) y España. Director de 6 tesis doctorales, y ha participado en más de 20 proyectos internacionales y 30 de financiación nacional o regional. Soy autor o co-autor de más de 100 publicaciones internacionales. En la actualidad es profesor de investigación, Instituto Pirenaico de Ecología (IPE- CSIC) Director del Instituto Pirenaico de Ecología (Consejo Superior de Investigaciones Científicas) desde Abril 2009.*

**Carlos Martí Bono,**

**Intitituto Pirenaico de Ecología-CSIC**

**Miembro de la Comisión Científico Asesora del Geoparque de Sobrarbe**

[cemb43@gmail.com](mailto:cemb43@gmail.com)

*Nacido en Barcelona, en 1943, estudió la licenciatura en Ciencias (Sección Geológicas), que finalizó en 1965. Desde entonces ha trabajado en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), inicialmente en el Centro Pirenaico de Biología Experimental (creado en Jaca por aquellas fechas) y posteriormente pasó al Instituto de Estudios Pirenaicos, del que fue Secretario, participando en la*



*organización de varios congresos internacionales de Estudios Pirenaicos. Con motivo de la fusión de los dos centros del CSIC citados, que dio lugar al Instituto Pirenaico de Ecología (IPE), ha sido Científico Titular en el IPE hasta su jubilación en 2013.*

*Siempre trabajó en el campo de la Geomorfología, particularmente sobre glaciario, obteniendo el doctorado en Ciencias Geológicas con una Tesis sobre el tema “El glaciario Cuaternario en el Alto Aragón Occidental”*

## **INTRODUCCIÓN**

Dentro de la temática del presente Seminario (Los cambios climáticos en el Pirineo), se explicará durante el desarrollo de las ponencias la metodología aplicada, desde la relación entre el clima y la vegetación actual hasta cómo obtener un registro del que se puedan extraer datos que permitan aproximaciones al paleoclima de los últimos miles de años (polen, quironómidos, composición química de los sedimentos, etc.), además de otras aproximaciones al paleoclima (anillos de los árboles, geoquímica isotópica en estalagmitas...).

En el continente, los registros más largos, que mantengan una continuidad de miles o cientos de miles de años suelen ser los sedimentos acumulados en el fondo de lagos, actuales o desaparecidos por colmatación. Hay que obtener un testigo de sedimento, para lo cual se necesita, si el lago aún tiene agua, una plataforma flotante estable pero al mismo tiempo suficientemente ligera, para facilitar su transporte a lugares poco accesibles. En el caso de los lagos colmatados se precisa una torre y un aparato de sondeos que pueda penetrar en sedimentos semicompactados. Todo ello representa un esfuerzo logístico importante, como el que se ha realizado estos últimos años en el PNOMP, por lo que se ha considerado adecuado visitar uno de los puntos de sondeo, los Llanos de La Larri, para observar sobre el terreno las características geomorfológicas consideradas favorables para obtener un registro de interés.

## **EL GLACIAR DE LA LARRI**

El valle de La Larri estuvo ocupado por un glaciar, no demasiado importante, ya que el principal circo de cabecera no era muy extenso (unos 2 Km<sup>2</sup>) aunque su fondo se situase por encima de los 2500 m., y además se desarrollaron ibones típicos de sobreexcavación (ibones de La Larri o Gorgos del Tormacal). Este glaciar confluía, durante la máxima extensión de los hielos pirenaicos, con el del valle principal, que descendía de la zona de Marboré. El hecho de que al desaparecer el hielo de ambos valles el fondo de Pineta quedase por debajo del de La Larri (valle colgado) es indicativo del menor espesor de hielo en este último. El desnivel entre ambos fondos de valle lo supera el torrente de La Larri en forma de cascada.

En una fase de disyunción posterior al máximo, el hielo de La Larri fundía antes de alcanzar el valle principal. Esto permitió que el glaciar del Cinca pudiera edificar una cresta morrénica (lateral izquierda), que actuó como presa de retención del agua aportada por el torrente de La Larri, formándose un lago “de obturación lateral”. Este tipo de lagos recibían aguas torrenciales cargadas de sedimentos que se depositaban en el fondo del lago. Allí se podrían acumular también restos de la escasa vegetación y

fauna que se desarrollaba en este paisaje glacial y cuyo estudio permite la aproximación a los diversos paleoclimas del pasado.

### **OBJETIVOS DE LA SALIDA GUIADA**

Tal como se ha indicado anteriormente en la parte baja del valle de La Larri, a unos 1570 m., se extiende un área prácticamente llana, de longitud superior a 1 Km, donde se instaló un lago formado al obturarse este valle lateral por la morrena izquierda del Cinca.

De los sedimentos que colmataron este lago aparecen en la actualidad los metros superiores, habiéndose obtenido el material profundo mediante sondeos, que están siendo estudiados por científicos de varios centros de investigación, cuyos primeros resultados ya han sido publicados (ver Salazar et al., 2013).

Durante la salida guiada se comentarán los criterios geomorfológicos que, en su momento, llevaron a determinar la presencia de un lago de obturación con relleno sedimentario y se observarán los afloramientos de sedimentos lacustres en una sección del terreno. Igualmente se observarán los materiales fluviales que forman las tres terrazas que se depositaron con posterioridad a la fase lacustre.

La geometría general de la cubeta glacial y el relleno lacustre se estudiaron con pruebas de geofísica (tomografía eléctrica). Se comentarán las razones que aconsejaron la elección de los lugares de sondeo basándose en los datos geofísicos y geomorfológicos.

Uno de los sondeos, de hasta 17 m. de profundidad, ha permitido establecer, mediante dataciones de radiocarbono, que la sedimentación en el lago se inició hace más de 35.000 años, y finalizó hace 11.000 años, al quedar totalmente colmatado.

Si el tiempo meteorológico lo permite (visibilidad) y no hay limitaciones horarias, otro aspecto de interés a observar durante el itinerario es la naturaleza de las diferentes litologías y su disposición en la denominada “ventana tectónica de La Larri”, donde se puede apreciar el cabalgamiento de las rocas más antiguas (Paleozoico) sobre formaciones más modernas (Cretácico).

Otro punto a considerar, siempre con visibilidad favorable, es la observación del glaciar de Marboré y de Mte Perdido desde la mesa de orientación correspondiente.

### **BIBLIOGRAFÍA**

La consulta de las siguientes publicaciones (entre otras) permitirá obtener una visión más global del Parque y también ampliar las explicaciones sobre el Barranco de La Larri ofrecidas en este guión y durante el itinerario de campo.

GARCÍA-RUIZ, J.M., VALERO-GARCÉS, B.L., BEGUERÍA, S., LÓPEZ-MORENO, J.I., MARTÍ-BONO, C., SERRANO-MUELA, P. y SANJUÁN, Y. (2014). The Ordesa and Monte Perdido National Park, Central Pyrenees. In *Landscapes and Landforms of Spain*. World Geomorphological Landscapes. F. Gutierrez and M. Gutierrez (Eds): 165-172. Springer Science.

Resumidamente se expone la relación entre Geomorfología y Paisaje en el Parque Nacional, dedicando apartados a formas estructurales, formas kársticas, glaciario, procesos periglaciares, deslizamientos superficiales y glaciares actuales.

RODRIGUEZ-FERNÁNDEZ, R., ROBADOR MORENO, A., CARCAVILLA URQUÍ, L., SAMSÓ ESCOLÀ, J.M., MARTÍNEZ RIUS, A., BOIXEREU VILA, E., SALAZAR RINCÓN, A. y MATA CAMPOS, M.P. (2013). Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido: Guía Geológica. Guías Geológicas de Parques Nacionales, IGME-OAPN: 213 p. Editorial Everest.

Se trata de una Guía muy solvente y didáctica, muy útil para recorrer el PNOyMP. En el itinerario 5 se dedican diez páginas al recorrido entre Bielsa y La Larri, incluyendo descripciones metodológicas sobre el estudio de lagos de montaña.

SALAZAR-RINCÓN, A., MATA-CAMPO, P., RICO-HERRERO, M.T., VALERO-GARCÉS, B.L., OLIVA-URCÍA, B., IBARRA, P., RUBIO, F.M. y GRUPO HORDA (2013). El paleolago de La Larri (Valle de Pineta, Pirineos): significado en el contexto del último máximo glaciar en el Pirineo. *Cuadernos de Investigación Geográfica* **39 (1)**: 97-116. Universidad de la Rioja, Logroño.

Primera publicación sobre el sondeo de La Larri, con una descripción del valle y de la estratigrafía de los tres testigos de sondeo obtenidos. Así mismo se plantean hipótesis sobre la estructura sedimentaria del terreno por debajo del nivel del suelo, basándose en los datos obtenidos en el estudio geofísico. Las primeras dataciones con radiocarbono han permitido incidir en la discusión, aún abierta, sobre la edad del glaciario pirenaico

---

## "Claves desde el pasado, para entender el cambio climático"

---

**ANA MORENO CABALLUD**  
**Instituto Pirenaico de Ecología-CSIC**  
[amoreno@ipe.csic.es](mailto:amoreno@ipe.csic.es)

*Geóloga, licenciada por la Universidad de Zaragoza en 1997 y doctorada por la Universidad de Barcelona en 2002. Su carrera investigadora se ha desarrollado en tres líneas de investigación principales (paleoceanografía, limnogeología y espeleotemas) que aparecen interconectadas por un objetivo común: la reconstrucción paleoclimática del último ciclo glaciar a partir de archivos geológicos de cambio global. Se inició en la investigación de los climas del pasado de la mano de los sedimentos de fondos oceánicos durante su tesis doctoral, analizando el polvo de los desiertos que se acumula en épocas glaciares más secas. Posteriormente en el IPE-CSIC Zaragoza, empezó a formarme en el estudio de sedimentos lacustres explorando cómo cambió el clima de la Península Ibérica desde los últimos miles de años. En su estancia postdoctoral en la Univ. de Minnesota (EEUU) comenzó el estudio de las estalagmitas como otro archivo terrestre y actualmente dedica la mayor parte de su tiempo a la investigación en cuevas tanto en los Pirineos como en la Cordillera Ibérica. Ha desarrollado su investigación tanto en España como en Chile. Desde este año 2014, trabaja como Científico Titular en el Instituto Pirenaico de Ecología, en el Departamento de Procesos Geoambientales y Cambio Global, Zaragoza.*

En esta charla quiero introducir a los asistentes en el mundo de la Paleoclimatología, es decir, en el estudio de los cambios climáticos del pasado a través de distintos archivos, incluyendo desde anillos de los árboles hasta sedimentos de los fondos oceánicos pasando por el análisis de las burbujas de aire englobadas en el hielo de los casquetes polares. Sabemos que el clima de la Tierra cambia a distintas escalas y ligado a diferentes mecanismos (variaciones en la órbita terrestre, movimientos de los continentes, emisiones de CO<sub>2</sub>) pero todavía nos quedan muchas incógnitas por resolver sobre los principales procesos que disparan los cambios climáticos. Mi presentación se centrará en describir cómo ha cambiado el clima de nuestro planeta durante el periodo Cuaternario (últimos 2.6 millones de años) y qué herramientas y métodos tenemos para estudiar dichos cambios. En los últimos años, la Paleoclimatología ha avanzado rápidamente gracias a la implementación de metodologías de trabajo multidisciplinarias e integradoras y a la instauración de una nueva concepción del sistema climático como un sistema complejo cuyo estudio requiere un tratamiento holístico. Los mayores esfuerzos han estado enfocados en el desarrollo de mejores técnicas de datación, análisis más precisos y una mejor comprensión de los procesos involucrados en los cambios climáticos. Sin embargo, la mejora de los modelos paleoclimáticos, la creación de bases de datos cuantitativos y la monitorización a largo plazo de los sistemas de estudio son todavía grandes retos en la investigación paleoclimatológica.

El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) ha resaltado en sus informes la necesidad de contar con estudios del cambio climático abrupto del pasado para entender las manifestaciones futuras de mecanismos climáticos similares. Desde esos informes se ha avanzado mucho y, de hecho, entender las causas y consecuencias de las oscilaciones climáticas que ocurrieron durante el último ciclo glacial se ha convertido en una de las líneas prioritarias en la investigación paleoclimatológica por las analogías que presentan con el calentamiento actual. En esta charla repasaremos los principales cambios climáticos del pasado que ocurrieron de manera rápida (ej. Terminaciones glaciares, eventos de Heinrich, etc) y presentaremos ejemplos de las consecuencias de dichos cambios tanto en sistemas terrestres marinos como terrestres. Teniendo en cuenta que el sistema climático puede reorganizarse en periodos que alcanzan tan sólo unas pocas generaciones humanas, identificar y caracterizar la señal climática registrada durante cambios climáticos rápidos en el pasado reciente en condiciones análogas a las actuales, resulta esencial para que la sociedad disponga de las mejores herramientas para hacer frente en el futuro a las consecuencias que tendrán los cambios en el clima.

El cambio climático es, hoy en día, uno de los retos más importantes a los que la humanidad se ha de enfrentar, considerando la amenaza que representa para la economía, la salud, el suministro de alimentos y la seguridad, presente y futura. Los estudios de los climas del pasado pueden aportar información indispensable no solo para entender mejor el calentamiento global sino también las respuestas que podemos esperar en diferentes ecosistemas de nuestro planeta.

---

## "El Glaciar de Monte Perdido: evolución reciente".

---

**JUAN IGNACIO LÓPEZ MORENO**  
Instituto Pirenaico de Ecología-CSIC  
[nlopez@ipe.csic.es](mailto:nlopez@ipe.csic.es)

*Licenciado y Doctor en geografía por la Universidad de Zaragoza. Su carrera investigadora ha estado orientada a comprender los procesos de generación de escorrentía y su sensibilidad a procesos de cambio global, de cara a identificar cambios hidrológicos y su impacto sobre la gestión de los embalses en zona de montaña, de los que tanto dependen las actividades de los tramos inferiores de las cuencas Mediterráneas. En su estancia postdoctoral en el Inst. de Estudios del cambio Climático y sus Impactos en la Univ. de Ginebra (Suiza), amplió los estudios mediante el uso de modelos de base física para investigar la significación hidrológica del manto de nieve y su respuesta a procesos de cambio global, aspecto que apenas había sido tratado en la montaña española, de elevado interés científico y aplicado. Este trabajo ha tenido su máximo desarrollo desde la obtención de una plaza de Científico Titular a comienzos de 2010 bajo el tema “Hidroclimatología de zonas de montaña y su respuesta al cambio global” desarrollado en el Instituto Pirenaico de Ecología. La principal zona de estudio ha sido el Pirineo, aunque también aborda trabajos a distintas escalas espaciales en otros sectores de montaña de España y del mundo, incluyendo los Alpes (Suiza), Montañas Rocosas (EEUU y Canada), Andes (Perú) y zonas polares (Svalbard, Groenlandia y Antártida).*

En el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (PNOMP), el glaciar ubicado en la cara norte del Monte Perdido resulta uno de los iconos mejor conocidos del Parque Nacional y uno de sus espacios más peculiares desde un punto de vista paisajístico.

La pérdida de hielo que ha venido experimentando desde el final de la Pequeña Edad del Hielo (PEH), y del que existe un excelente registro gráfico, se ha venido utilizando como una de las evidencias más claras de que el clima de la región está experimentando cambios significativos. Dicho retroceso glaciar se ha acelerado en los últimos años, perdiéndose buena parte de los característicos seracs del glaciar inferior y quedando el sector inferior y superior del glaciar completamente desconectados.

En concreto, las condiciones particularmente secas y cálidas del año 2012, produjo una degradación del glaciar muy acusada, pudiéndose observar un importante colapso del glaciar en su parte central, apareciendo resaltes rocosos que hasta el momento no existía el año anterior. Por éste motivo se viene estudiando desde los últimos años la evolución del glaciar de Monte Perdido, de cara a conocer mejor su situación actual, mediante la estimación del grosor de la capa de hielo y su movimiento, las condiciones climáticas que lo rodean, mediante la instalación de distintos sensores climáticos en su entorno más inmediato, y su balance de masa aplicando la técnica de láser escáner terrestre.

En la presentación se mostrarán los principales resultados obtenidos hasta la fecha, que evidencian la rápida respuesta del glaciar a las condiciones climáticas concretas de cada año. La charla pretende, además, llamar la atención sobre la necesidad de mantener programas de monitorización de procesos criosféricos de alta montaña a

largo plazo para poder comprender la respuesta de éstos espacios tan sensibles a los procesos de cambio y variabilidad climática.

---

## "Sobre glaciaciones cuaternarias y otras historias paleoclimáticas en el Pirineo".

---

**CARLOS SANCHO MARCEN**  
**Universidad de Zaragoza (Poner dpto)**  
**Miembro de la Comisión Científico Asesora del Geoparque de Sobrarbe**  
**csancho@unizar.es**

*Licenciado en Ciencias Geológicas, Universidad de Zaragoza, 1984, Premio Extraordinario de Licenciatura y Doctor en Ciencias Geológicas, Universidad de Zaragoza, 1988, Premio Extraordinario de Doctorado. Profesor Titular de la Universidad de Zaragoza, Facultad de Ciencias, Departamento de Ciencias de la Tierra, Área de Geodinámica Externa. Línea de trabajo en Geomorfología y Geología del Cuaternario, Registros glaciares, fluviales y kársticos, Cambios ambientales cuaternarios en el Cuaternario en NE de España. Publicación de 48 artículos en revistas internacionales indexadas, 48 artículos en revistas nacionales, 52 libros y/o capítulos de libro, 58 artículos en actas de congresos y 55 resúmenes de congresos. Director de 3 Tesis Doctorales y 3 trabajos de Fin de Máster.*

El Periodo Cuaternario es la última subdivisión de la escala de tiempo geológico que abarca los 2,6 últimos millones de años. Climáticamente, el Cuaternario se caracteriza por la alternancia de periodos glaciares e interglaciares, puestos de manifiesto inicialmente en los Alpes a finales del siglo XIX. No obstante, la estructura climática del Cuaternario es mucho más compleja tal y como han evidenciado los sondeos tanto de sedimentos oceánicos recientes, como de la capa de hielo en los casquetes polares. Los Pirineos han sido testigos del devenir de los cambios climáticos cuaternarios y, lógicamente también de las glaciaciones clásicas. De hecho, el clima del pasado ha sido parcialmente responsable del modelado actual de esta cadena montañosa. Poco a poco, los cuaternaristas están reconstruyendo una "cremallera" climática para el Cuaternario compuesta por la alternancia de fases frías y cálidas para el Pirineo. En general, estas fases tienen decenas de miles de años de duración y es posible deducirlas mediante el estudio de los registros morfosedimentarios dejados por la actividad de los glaciares (morrenas), los ríos (terrazas fluviales) y los sistemas endokársticos (estalagmitas).

Las morrenas permiten establecer fases frías y húmedas que favorecen el avance de los glaciares, bien estudiados en los valles de los ríos Aragón y Gállego. Estos periodos fríos tuvieron lugar hace 170-155 ka (miles de años), 85 ka, 67-63 ka (última máxima extensión glaciar pirenaica), 50 ka, 36 ka y 17-12 ka. Curiosamente no se tiene constancia de registros correspondientes a la última glaciación a escala global hace 22-20 ka. Por otro lado, existe una relación directa entre las fases de avance o



estabilización glaciaria y el desarrollo de terrazas fluviales, bien conocidas en el valle del río Cinca, de manera que, además de las fases anteriores, se han detectado otros momentos fríos a 265 ka y 11 ka. En la formación de las terrazas parece jugar un papel determinante la insolación de verano que facilitaría la fusión en el frente glaciario y el suministro de agua y sedimentos hacia los valles. Finalmente, de manera general, entre estas etapas frías se han evidenciado diferentes fases cálidas y húmedas a partir del estudio de registros espeleotémicos. El desarrollo de suelos sobre los macizos calizos y lluvias importantes favorecerían la infiltración del agua hacia los conductos endokársticos, responsable del crecimiento de las formaciones estalagmíticas que ornamentan muchas de las cuevas desarrolladas en el Pirineo.

Las diferencias de esta "cremallera" climática deducida para el Cuaternario, a escala del Pirineo, presenta algunas diferencias respecto a la estructura climática global debido, probablemente, a su posición latitudinal y a su situación en la fachada atlántica del continente europeo.

---

## "Cambios climáticos y de civilizaciones"

---

**PENÉLOPE GONZÁLEZ SAMPÉRIZ**  
Instituto Pirenaico de Ecología-CSIC  
[pgonzal@ipe.csic.es](mailto:pgonzal@ipe.csic.es)

*Licenciada en Geografía (sección Geografía e Historia) y Doctora en Historia por la Universidad de Zaragoza. Científica Titular del CSIC (Consejo Superior de Investigaciones Científicas), en el Instituto Pirenaico de Ecología de Zaragoza, Dpto. de Procesos Geoambientales y Cambio Global. Sus principales intereses en la investigación han sido siempre la reconstrucción paleoambiental, la dinámica de la vegetación y los cambios climáticos del pasado, utilizando la Palinología como método de investigación. Su línea de trabajo está esencialmente enfocada al estudio de los granos de polen y esporas fósiles conservados en diferentes tipos de registros Cuaternarios (del Pleistoceno Superior y Holoceno) de la Península Ibérica, persiguiendo una aproximación lo más realista y completa posible de los cambios de vegetación acaecidos y la interacción existente entre la acción humana y la variabilidad climática, siempre dentro de un contexto de trabajo multidisciplinar. Uno de los principales objetivos de su trabajo es el estudio de las interacciones existentes entre el clima y el hombre durante el pasado, tomando en consideración la posible influencia de los cambios climáticos abruptos en los patrones de ocupación y migraciones de sociedades humanas, incluyendo extinciones y colapsos culturales. Ha publicado más de 130 trabajos de investigación.*

El hombre, desde su aparición en la Tierra, actúa sobre la Naturaleza, interactúa con ella, beneficiándose en unos casos y resultando "negativamente afectado" en otros. El impacto que fenómenos climáticos y cambios medioambientales tienen en la estructura económico-cultural de la sociedad, incluso en la actualidad, es muy grande.

A pesar del gran avance tecnológico que caracteriza a la sociedad occidental del s. XXI, basta un verano extremadamente caluroso como el ocurrido hace una década (concretamente en el año 2003), para provocar grandes sequías, cosechas perdidas, restricciones en el suministro de agua, un aumento de la mortalidad en poblaciones de la 3ª edad, etc. O un invierno y una primavera tan húmedos como el pasado 2013, para no dejar de escuchar noticias sobre grandes pérdidas económicas relacionadas con cultivos, casas anegadas, destrucción de puentes y carreteras..., incluso pérdida de vidas humanas de nuevo.

Por eso, no resulta difícil imaginar cómo las sociedades prehistóricas se vieron influenciadas por razones asociadas a cambios climáticos, llegando algunas de ellas a evolucionar, expandirse o incluso colapsar.

Y es que repasando la historia de la Humanidad, resulta cuando menos "atrayente", observar cómo muchos cambios climáticos coinciden cronológicamente con cambios culturales.

¿Es fruto de la casualidad? ¿Existe realmente un determinismo climático a la hora de desarrollarse o colapsar las civilizaciones?

La respuesta a estas preguntas puede darla cada uno, tras escuchar algunos ejemplos que, la literatura científica reciente, establece como posibles relaciones entre cambios climáticos y evolución humana y de civilizaciones durante la Prehistoria.

---

## "El cambio climático en la regiones polares"

---

**GLACKMA.-Glaciares, Criokarst y Medio Ambiente**, es una Asociación sin ánimo de lucro desde el año 2010. Hay una larga y continua trayectoria en esta andadura, donde de manera natural se integran ciencia, investigación, divulgación, aventura, atracción por lo desconocido...

[www.glackma.es](http://www.glackma.es)

Con su esfuerzo personal, los socios fundadores **Adolfo Eraso y Mª del Carmen Domínguez** pusieron en marcha en el 2001 el Proyecto GLACKMA y lo siguen desarrollando con continuidad desde entonces. Una década después, fundan la Asociación GLACKMA y continúan trabajando en esta línea. La complementariedad académica de ambos, permite completar y combinar adecuadamente diferentes técnicas y planteamientos científicos (deductivo y abstracto por una parte e inductivo y empírico por la otra) de variados campos para avanzar correctamente en las investigaciones que desde 1997 desarrollan juntos.

**Adolfo Eraso** es químico y doctor en geología. Profesor ad Honorem en la Universidad Politécnica de Madrid. Académico desde 1994 por la Academia de Ciencias de Nueva York y desde 2002 por la Academia Rusa de Ciencias Naturales .



**M<sup>a</sup> del Carmen Domínguez** es doctora en matemáticas. Profesora Titular en la Universidad de Salamanca. Una gran deportista, con una tenacidad y fuerza de voluntad increíbles. Multifacética.

Con el registro glaciar elaborado tras la extracción de testigos continuos de hielo en las perforaciones efectuadas en los grandes casquetes helados del planeta, se observa que la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera terrestre durante el último millón de años hasta el periodo cálido actual, ha oscilado desde 180 ppm (partes por millón en volumen) en los momentos más fríos, hasta 290 ppm en los momentos más cálidos. Esta variación en el contenido en CO<sub>2</sub> de la atmósfera responde a causas naturales.

A partir de la segunda mitad del siglo XIX el consumo de carbón y otros combustibles fósiles como el petróleo, generan nuevas fuentes de producción de CO<sub>2</sub> y la concentración del mismo en el aire ha venido aumentando gradualmente y creciendo de manera acelerada. En el momento actual tenemos 397 ppm. Este nuevo aporte de CO<sub>2</sub> es antrópico, es decir generado por el hombre.

El calentamiento global que sufre el planeta generado por el efecto invernadero, se traduce en un aumento gradual de su temperatura ambiente. Como consecuencia de este aumento de la temperatura, la masa de hielo de los grandes casquetes glaciares disminuye por fusión y el nivel del mar aumenta.

El efecto último del calentamiento global –aumento del nivel del mar- ya se está midiendo. La causa primera del calentamiento global –el aumento de gases de efecto invernadero- ya se está midiendo. Para medir la evolución del calentamiento se podrían utilizar cualquiera de las dos variables intermedias del proceso: temperatura ambiente y descarga líquida glaciar.

La evolución de la temperatura ambiente que puede tener una respuesta rápida ante el calentamiento global a escala local, está regulada por la temperatura de las aguas del mar, proceso que tiene una gran inercia térmica ya que el ciclo de circulación de las corrientes marinas dura varios siglos. Este hecho complica su interpretación a corto plazo. Además es un parámetro que se está midiendo actualmente en la red sinóptica de la Organización Meteorológica Mundial.

Sin embargo, **la descarga líquida glaciar** es una variable mucho más estable en este sentido. GLACKMA la ha seleccionado **para medir la evolución del calentamiento global**, generando series temporales horarias de la misma.

Para ello, desde el 2001 en GLACKMA se están implementando Cuencas Piloto Experimentales -trabajando a tiempo continuo- en glaciares de ambos hemisferios y a diferentes latitudes, creando una red de observación de glaciares que permiten un control comparativo de la descarga glaciar específica según la evolución del calentamiento global.

Actualmente la red de estaciones de GLACKMA está formada por 8 estaciones con registro continuo -intervalos horarios- de descarga glaciar:

En el Hemisferio Sur:

- CPE-KG-62°S, en la Antártida Insular

- CPE-ZS-51ºS, en Patagonia Chilena
- CPE-VER-65ºS, Península Antártica
- CPE-HUE-49ºS, en Patagonia Argentina

En el Hemisferio Norte:

- CPE-ALB-79ºN, en Svalbard
- CPE-KVIA-64ºN, en Islandia
- CPE-TAR-68ºN, Ártico Sueco
- CPE-OBUR-68ºN, Norte de los Urales

Se dispone así de una red de observación de glaciares en ambos hemisferios, que permite un control comparativo de la descarga glacial según la evolución del clima.

El 23 de diciembre del 2010 creamos la Asociación GLACKMA. Joven Asociación fundamentada en varias décadas a lo largo de las cuales queda moldeada esta trayectoria: desde la espeleología, a los ríos y cuevas en el interior de los glaciares, a la fusión glacial, al calentamiento global, a las estaciones de medida, a la creación del proyecto GLACKMA, a la divulgación, a la sensibilización...

GLACKMA integra ciencia, investigación, divulgación, aventura y atracción por lo desconocido. Te ofrecemos formar parte de ella: [www.glackma.es](http://www.glackma.es) ¡Te esperamos!

---

## MESA REDONDA

### "¿Hay de verdad cambio climático? ¿Influye nuestra actividad?"

---

**Intervinientes:** Adolfo Eraso, Ana Moreno, Penélope González y Eduardo Lolumo.

**Moderador:** Ánchel Belmonte Ribas, Coordinador Científico del Geoparque de Sobrarbe.

**Eduardo Lolumo:** *Diplomado en Ciencias Humanas y Licenciado en Geografía por la Universidad de Zaragoza, cursando el Doctorado en temas de climatología con diversos trabajos de investigación. Su trayectoria profesional ha estado ligada a distintos ámbitos: la docencia, las administraciones públicas,..., pero ya desde hace seis años comenzó su relación directa con los medios de comunicación a través de colaboraciones en temas relacionados con la meteorología y la climatología (ABC, Antena Aragón, Heraldo de Aragón, El Periódico de Aragón...). Actualmente trabaja como hombre del tiempo en Aragón TV, buscando no sólo dar la predicción sino dar respuesta a preguntar que surgen en torno al tiempo y al clima.*

*Paralelamente ha seguido desarrollando su vocación pedagógica mediante la impartición de numerosas charlas (UNED, Máster de Medicina de Montaña...) que actualmente completa con un curso acerca del tiempo y del clima en la Universidad de la Experiencia.*

