

EVOLUCIÓN CLIMÁTICA Y AMBIENTAL DEL PARQUE NACIONAL DE PICOS DE EUROPA DESDE EL ÚLTIMO MÁXIMO GLACIAR

**BLAS L. VALERO-GARCÉS¹, ANA MORENO¹, PENÉLOPE GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ¹,
MARIO MORELLÓN¹, MAYTE RICO¹, J. PABLO CORELLA¹, MONTSERRAT
JIMÉNEZ-SÁNCHEZ², M. JOSÉ DOMÍNGUEZ-CUESTA², PEDRO FARIAS², HEATHER
STOLL², LOURDES LÓPEZ-MERINO³, JOSÉ ANTONIO LÓPEZ-SÁEZ³, MANEL
LEIRA⁴, LUISA SANTOS⁴, PILAR MATA⁵, MARÍA RIERADEVALL⁶, ESTHER RUBIO⁶,
ANA NAVAS⁷, ANTONIO DELGADO⁸, JAVIER MARCO-BARBA⁹ Y JAVIER SIGRÒ¹⁰**

RESUMEN

El análisis de múltiples indicadores en la secuencia sedimentológica del Lago de Enol (Cordillera Cantábrica, Norte de España), junto con la elaboración de una cartografía geomorfológica de detalle, han proporcionado por primera vez, un registro de la evolución glaciaria y del cambio climático durante los últimos 40,000 años en el Parque Nacional de Picos de Europa. El glaciar de Enol comenzó a retirarse de su máxima extensión hace más de 40.000 años, apoyando así evidencias anteriores de que la máxima extensión de los glaciares en el sur de Europa ocurrió antes que en las montañas del norte de Europa. Una ligera mejora de las condiciones climáticas se observa ya hace 26.000 años, cuando Enol deja de tener una sedimentación típica de lago proglaciario y pasa a un ambiente glaciolacustre, aunque no es hasta hace unos 18.000 años cuando empiezan a depositarse sedimentos orgánicos. La última deglaciación ocurrió en dos fases, finalizando con un periodo frío y seco (13.500-11.600 años cal. BP) que incluye el evento global conocido como Dryas Reciente. El Holoceno se ha dividido en tres intervalos, comenzando con un periodo húmedo y templado (11.600-8700 años cal. BP), seguido por una tendencia hacia mayor aridez durante el Holoceno Medio (8700-4650 años cal. BP), y una recuperación final

¹Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC), Avda. Montañana 1005, 50059 Zaragoza, España. amoreno@ipe.csic.es; blas@ipe.csic.es; pgonzal@ipe.csic.es; mayterico@ipe.csic.es; mariomm@ipe.csic.es; pablocorella@ipe.csic.es.

²Departamento de Geología, Universidad de Departamento de Geología, Universidad de Oviedo, C/ Arias de Velasco, s/n 33005 Oviedo, España. mjimenez@geol.uniovi.es; mjdominguez@geol.uniovi.es; hstoll@geol.uniovi.es; pfarias@geol.uniovi.es

³G.I. Arqueobiología, Instituto de Historia (CCHS, CSIC), c/ Albasanz 26-28, 28037 Madrid, España. lolome@hotmail.es; joseantonio.lopez@cchs.csic.es.

⁴Facultade de Ciencias, Universidade A Coruña, Campus da Zapateira. 15071, A Coruña, España. mleira@udc.es, x-santos@udc.es

⁵Instituto Geológico y Minero de España; Área de cambio global, Calle La Calera, 1 28760 Tres Cantos, Madrid, España. p.mata@igme.es

⁶Departament d'Ecologia. Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona, Barcelona. España. mrieradevall@ub.edu, rgesther_1@hotmail.com

⁷Estación Experimental de Aula Dei (CSIC), Apdo 202, 13034 Zaragoza, España. anavas@eead.csic.es

⁸Estación Experimental El Zaidín (CSIC), Granada, España.

⁹Departamento de Microbiología y Ecología, Universidad de Valencia. Dr. Moliner 50, 46100. Burjassot, Valencia, España. javier.marco@uv.es

¹⁰Centre for Climate Change (C3) Dept. of Geography, University Rovira i Virgili, Tarragona, España. javier.sigro@urv.cat

de la humedad cuando el paisaje está ya modificado por la actividad humana debido esencialmente al pastoralismo y la deforestación (4650-2200 años cal BP). Además, el estudio integrado de la sedimentología, geoquímica, polen y asociaciones de diatomeas en dos sondeos cortos del Lago de Enol, ha evidenciado el impacto del final de la Pequeña Edad del Hielo (PEH) y del calentamiento global durante el siglo XX, junto a una influencia variable de las actividades antrópicas. Estudios multidisciplinares focalizados en registros lacustres excepcionales, como la secuencia del Lago de Enol (objeto de estudio en este proyecto), han permitido distinguir entre las influencias climáticas y antrópicas en la evolución pasada tanto del sistema lacustre como de sus alrededores, incluyendo la cobertura vegetal. Así, dado que el estado actual del ecosistema es, en gran parte, el resultado de esas influencias, este tipo de estudios ayudará a implementar nuevas políticas de conservación en el Parque Nacional.

Palabras clave: Parque Nacional de Picos de Europa, sedimentología lacustre, último ciclo glacial, deglaciación, Pequeña Edad del Hielo, polen, diatomeas, quironómidos, ostrácodos, paleoclima.

SUMMARY

A multi-proxy study of the Enol Lake sequence (Cantabrian Mountains, Northern Spain) together with detailed geomorphological mapping provides a first record of glacier evolution and climate change over the last 40,000 years in the Picos de Europa National Park. The Enol glacial retreated from its maximum extent prior to 40 kyr BP thus supporting previous evidences that the maximum extent of southern Europe glaciers occurs earlier than in northern Europe mountains. A slight improvement in climate conditions is detected at 26 kyrs ago with the change from proglacial sediments to glaciolacustrine sedimentation and a final step at 18 kyrs ago with the onset of organic-rich sediments. Last deglaciation occurred in two phases ending with a cold and dry episode (13,500-11,600 cal yrs BP) embedding the Younger Dryas event. The Holocene is divided in three intervals: a humid and warmer period (11,600-8700 cal yrs BP); a tendency towards drier climate during the Middle Holocene (8700-4650 cal yrs BP) and a final recovery of humidity when the landscape is already modified by human activity (pastoral activities, deforestation) (4650-2200 cal yrs BP). Additionally, the impact of the end of the Little Ice Age (LIA) and 20th century warming and the varying influence of anthropogenic activities is evidenced by the integration of sedimentary, geochemical, pollen and diatom data in a ²¹⁰Pb chronological framework. Multidisciplinary studies focused on exceptional lacustrine records, such as the Lago Enol sequence presented here, allows discerning between the climatic and the anthropogenic influences on the evolution of both the lake system and the catchment area, including the vegetation cover. Thus, since the current state of the environment is the result of those influences, this type of studies is very useful for implementing new policies of conservation within the National Park.

Key words: Picos de Europa National Park, lake sediments, last glacial cycle, last deglaciation, Little Ice Age, pollen, diatoms, chironomids, ostracods, past climate change.

INTRODUCCIÓN

Paleoclima y Cambio Global

La preocupación creciente por las consecuencias del Cambio Global en la sociedad moderna ha provocado un incremento de los esfuerzos científicos para afrontar los problemas relacionados con

el cambio climático y alcanzar un mejor conocimiento del funcionamiento del sistema climático. A pesar de ello, las bases de datos sobre variabilidad climática durante el pasado en la Península Ibérica están muy lejos de ser completas. Además, no existe aún una integración de resultados obtenidos a partir de diferentes registros que ofrezca una visión global sobre los cambios acaecidos.

Este proyecto ha contado con registros continuos excepcionales, de una zona especialmente interesante por su sensibilidad a los cambios climáticos y su estrecha relación con las variaciones climáticas de la región del Atlántico Norte: el Parque Nacional de Picos de Europa (PNPE).

La reconstrucción paleoclimática a partir del estudio de sondeos lacustres

La reconstrucción de la historia de un lago, de su evolución, nos permite conocer los cambios que se han producido, cómo le han afectado variaciones del clima y/o de la vegetación local o regional, o incluso los usos que el ser humano ha podido hacer, tanto de él, como del paisaje de su entorno. En el sedimento lacustre queda registrada información sobre la evolución en el tiempo del lago y del ambiente en el que se encuentra. Así, podemos obtener datos de cómo era el clima (frío, cálido, seco, lluvioso), qué tipo de vegetación predominaba en la zona (bosque, pradera, matorral, campos de cultivo, etc.) y qué tipo de seres vivos habitaban en el lago en cada momento. Es decir, su historia paleoambiental. Gracias a estos estudios, que nos cuentan cómo han variado el clima y el paisaje, podemos obtener "fotos" en el tiempo de los que denominamos "escenarios climáticos" del pasado, e intentar dilucidar las pautas y patrones de los cambios paleoambientales.

Objetivos del estudio

Los principales objetivos han sido detectar, valorar y cuantificar, mediante la utilización de diferentes técnicas geomorfológicas, físicas, sedimentológicas, geoquímicas y biológicas (análisis de polen, quironómidos, ostrácodos y diatomeas), los cambios paleoclimáticos, paleoambientales y paleohidro-limnológicos que han quedado registrados en los sedimentos del Lago de Enol. El estudio se ha hecho a diferentes escalas temporales, primero desde el Último Máximo Glaciar (incluyendo los últimos 38.000 años) y apoyándonos en el trabajo geomorfológico y, posteriormente, focalizado en los últimos 300 años. La reconstrucción de la evolución limnológica, geomorfológica y de las comunidades vegetales del Parque, puede contribuir a la mejor gestión de los excepcionales recursos naturales que alberga, ya que proporciona la información de los cambios y tendencias experimentados por los lagos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Este estudio parte de la obtención de sondeos sedimentarios en el Lago de Enol mediante una plataforma flotante equipada con un sondeador de tipo Kullenberg (Figura 1A). La metodología de trabajo con sondeos lacustres ha sido multidisciplinar, es decir, se ha basado en la combina-

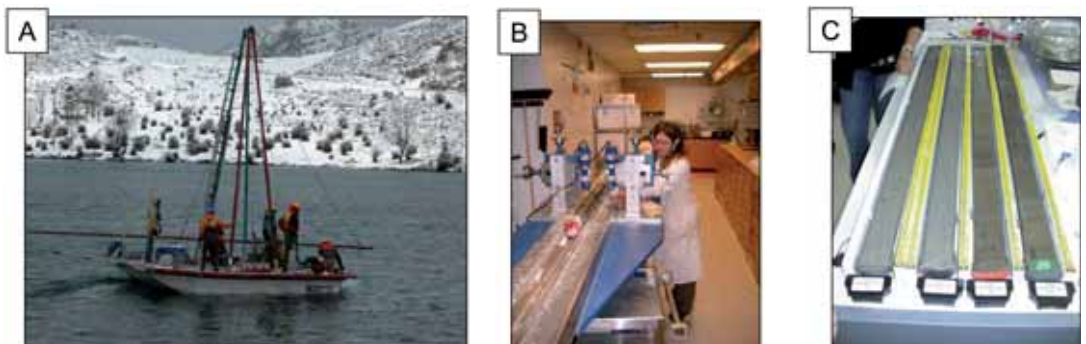


Figura 1. Secuencia del trabajo inicial con los sondeos lacustres del Lago de Enol, de izquierda a derecha: (a) plataforma flotante en el Lago de Enol (Mayo 2004), (b) apertura de los sondeos en el Limnological Research Center (LRC) de la Universidad de Minnesota (EEUU) y (c) muestreo de los sondeos obtenidos.

Figure 1. Pictures of the initial work carried out in the sediment cores from Enol Lake, from left to right: (a) floating coring platform in Enol Lake (May 2004), (b) core opening process at the Limnological Research Center from the University of Minnesota (USA) and (c) core sampling.

ción de un gran número de indicadores que nos hablan de cómo fueron las condiciones climáticas del pasado. La metodología de partida, una vez abiertos los sondeos longitudinalmente para exponer el sedimento recuperado (Figura 1B), incluyó un fotografiado de alta resolución, el análisis de las propiedades físicas del sedimento (densidad, susceptibilidad magnética, etc.), el estudio de la composición geoquímica del sedimento y el muestreo para indicadores biológicos (Figura 1C) como diatomeas, ostrácodos, quironómidos, polen y microfósiles no polínicos (ver fotos de algunos indicadores en la Figura 2).

Sondeos largos

Los dos sondeos largos estudiados son ENO04-2A-1K y ENO04-1D-1K, localizados en la Figura 3A. La campaña de campo se realizó en el año 2004 gracias a la colaboración con un equipo de la Universidad de Minnesota (EEUU) en el marco de un proyecto anterior financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (LIMNOCLIVER, REN2003-09130-C02-02). La interpretación conjunta de todos los datos obtenidos es la que nos permite recrear la evolución en el tiempo del clima de esa zona (Moreno *et al.*, en prensa-a). Además, se ha realizado un estudio geomorfológico que incluye diversas etapas, desde la definición del área de trabajo, la realización de mapas geomorfológicos a partir de fotointerpretación y de la observación directa, y la creación de un Modelo Digital de Elevaciones y otros Modelos Digitales del Terreno (Figura 3B). Finalmente, los datos geomorfológicos se integraron con los datos geocronológicos y sedimentológicos extraídos del análisis de los mate-

riales del sondeo lacustre para matizar algunos aspectos de la reconstrucción paleoclimática.

Sondeos cortos

En junio del año 2007 se obtuvieron varios sondeos cortos (ENO07-1A-1M y ENO071C-1M) en el Lago de Enol, con el objetivo de recuperar el sedimento más reciente que, lamentablemente, se pierde cuando se trabaja con un sondeador de tipo Kullenberg como el utilizado para extraer los sondeos largos. Con el material obtenido se han realizado dataciones tanto de ^{14}C como de ^{210}Pb y ^{137}Cs , por lo que sabemos que el registro cubre los últimos 300 años. El análisis multidisciplinar de estos sondeos incluye el estudio sedimentológico y geoquímico y de las asociaciones de diatomeas, quironómicos y ostrácodos, así como la interpretación de la evolución de las formaciones vegetales a partir del análisis palinológico. Además, a partir del año 1860 contamos con la reconstrucción de las anomalías de temperatura a partir de los registros climáticos instrumentales del norte peninsular localizados en la Figura 3C.

EVOLUCIÓN PALEOAMBIENTAL DEL LAGO DE ENOL DURANTE LOS ÚLTIMOS 40.000 AÑOS

Este estudio se ha centrado en dos de los 6 sondeos obtenidos en el Lago de Enol (Figura 3A). Ambos conforman la secuencia sedimentaria completa de Enol desde su formación, hace 38.000

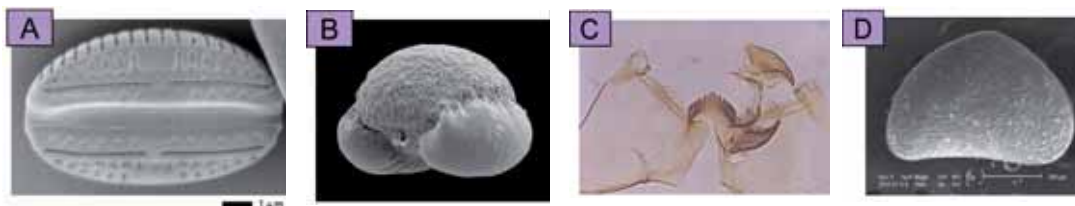


Figura 2. Imágenes de algunos de los indicadores estudiados en el Lago de Enol: (A) diatomea *Amphora pediculus*, (B) grano de polen de *Pinus*, (C) cápsula cefálica de la larva del díptero quironómido *Limnophyes* y (D) concha del ostrácodo *Potamocypris villosa*.

Figure 2. Pictures of some of the indicators studied from Enol Lake sediments: (A) diatom *Amphora pediculus*; (B) pollen grain of *Pinus*; (C) larval head capsule remain of the *Chironomid* *Limnophyes* and (D) ostracod shell *Potamocypris villosa*.

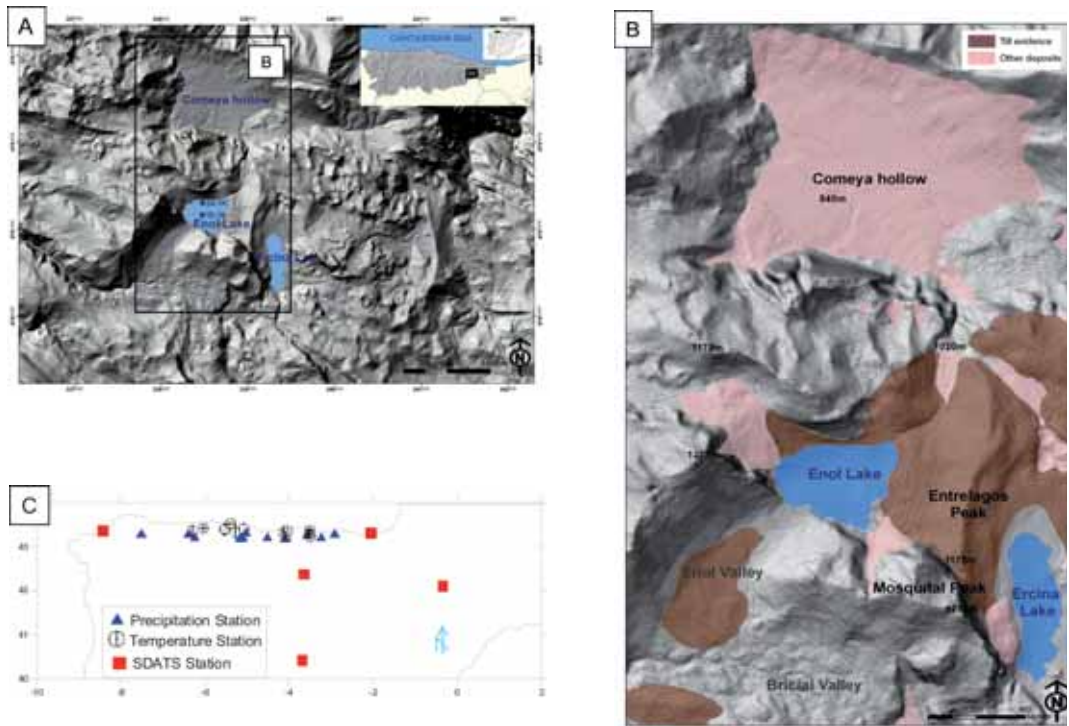


Figura 3. (A) Modelo digital del terreno donde se indica la posición de los sondeos largos obtenidos en el Lago de Enol. (B) Mapa geomorfológico de detalle del entorno del Lago de Enol. (C) Mapa con la situación de las estaciones utilizadas en la reconstrucción de la temperatura y la precipitación de los últimos 150 años.

Figure 3. (A) Digital elevation model where the position of long cores obtained from Enol Lake is indicated. (B) Geomorphological map with the detail of the Enol Lake surroundings. (C) Map with the location of the stations employed in the temperature and precipitation reconstruction from last 150 years.

años (ENO04-2A-1K y ENO04-AD-1K). Además, se ha elaborado un mapa geomorfológico de detalle del área del entorno de los lagos Enol y Ercina (Figura 3B), que ha permitido producir un modelo de la evolución del glaciar en el área.

Etapas de lago proglaciar: de los 38.000 a los 26.000 años antes de la actualidad

En la parte más inferior de la secuencia sedimentaria estudiada encontramos clastos de “till glaciar”, lo que indica que el glaciar de Enol acababa de retirarse, formándose un lago (Figura 4). Por lo tanto, gracias a la datación por ^{14}C de la base del sondeo central, podemos concluir que el Lago de Enol se formó hace 38.000 años. Esta fecha de 38.000 años es muy temprana para la retirada de

un glaciar a la altitud en la que se localiza Enol (unos 1000 m s.n.m.), lo que sugiere que el comienzo del proceso de deglaciación en Picos de Europa, fue anterior al observado en otras montañas europeas, pero similar a los datos obtenidos en los Pirineos hasta la fecha (GARCÍA-RUIZ *et al.*, 2009; HUGHES Y WOODWARD, 2008).

En aquel momento, hace 38.000 años, Enol era un lago proglaciar, es decir, estaba junto al glaciar y se alimentaba directamente de sus aguas de fusión. Los sedimentos que se depositaron en esa época responden exactamente a ese ambiente: son generalmente laminados, con una matriz arcillosa (50% de minerales con tamaño menor de 2 micras), con poco carbonato y nada de materia orgánica. Estas características apuntan a un pai-

saje abierto y estépico (tan sólo se encuentran pólenes de herbáceas y unos pocos granos de pino de procedencia regional), bastante seco y muy frío. Ese ambiente frío favorecería la disolución del carbonato en las aguas del Enol. Además, se observan muy pocos organismos vivos en el lago, ya que no han aparecido restos ni de diatomeas ni de ostrácodos, aunque en ambos casos han podido influir procesos de mayor o menor preservación de estos restos. Esta situación se mantiene hasta hace 26.000 años (aproximadamente a 300 cm de profundidad del registro, Figura 4).

La reconstrucción de la geometría de los aparatos glaciares y su evolución se muestra en la Figura 5. En ella se ha combinado la información disponible a partir de trabajos previos (FARIAS *et al.* 1996, JI-

MÉNEZ-SÁNCHEZ *et al.* 2002) con la extraída del mapa geomorfológico de detalle realizado en el transcurso del proyecto (Figura 3B), permitiendo construir un modelo glacial (MORENO *et al.* en prensa-a). De acuerdo con este modelo, tendríamos que la Vega de Comeya, depresión situada al norte del Lago de Enol (Figura 3A), funcionó como un lago durante un tiempo comprendido entre los 40.000 años (dataciones del inicio de la sedimentación lacustre) y aproximadamente 8000 años, que es la edad de la turbera que recubre los depósitos lacustres (FARIAS *et al.* 1996). Este lago estaría en el centro de la cubeta (Figura 5A) y por el norte y el sur estaría flanqueado por depósitos procedentes de la erosión de las laderas por procesos torrenciales y de gravedad. Para que eso fuera posible, la Vega de Comeya tendría que estar

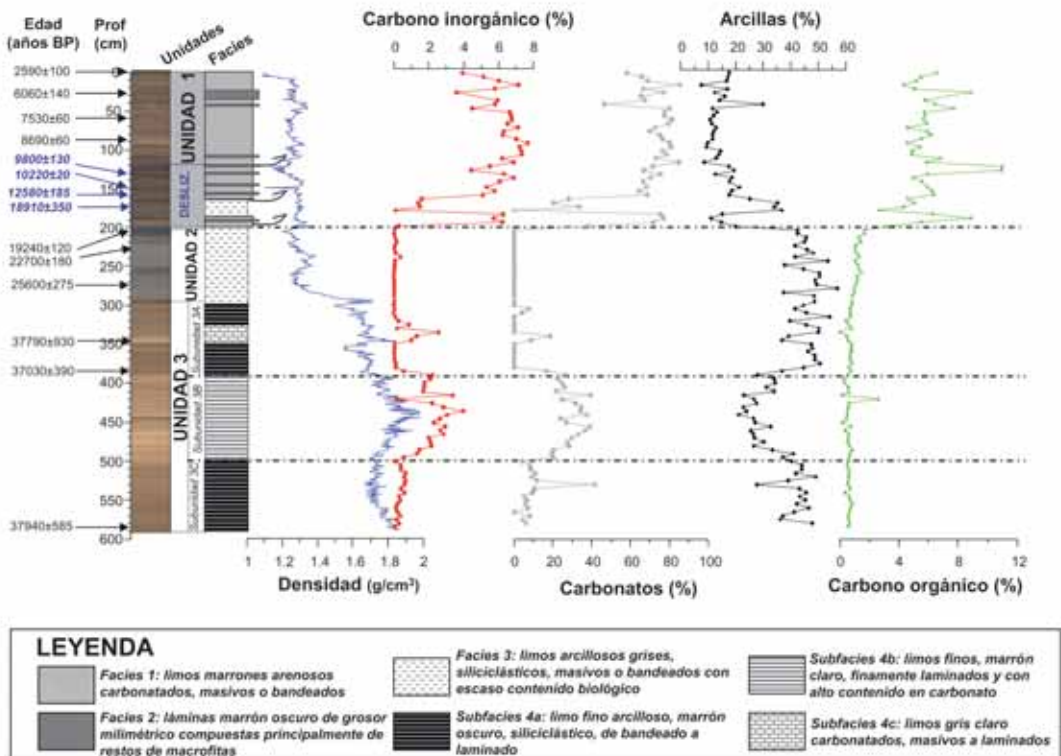


Figura 4. Selección de los datos más significativos obtenidos a lo largo del sondeo ENO07-1D-1K. Las edades se muestran a la izquierda en años cal. BP (Before Present: antes de 1950). Las dataciones en azul corresponden con sedimentos que no están en su lugar de su origen, sino que provienen de diferentes deslizamientos.

Figure 4. Most significant data obtained along core ENO07-1D-1K. Ages are indicated to the left in years cal. BP (Present: 1950). Dates

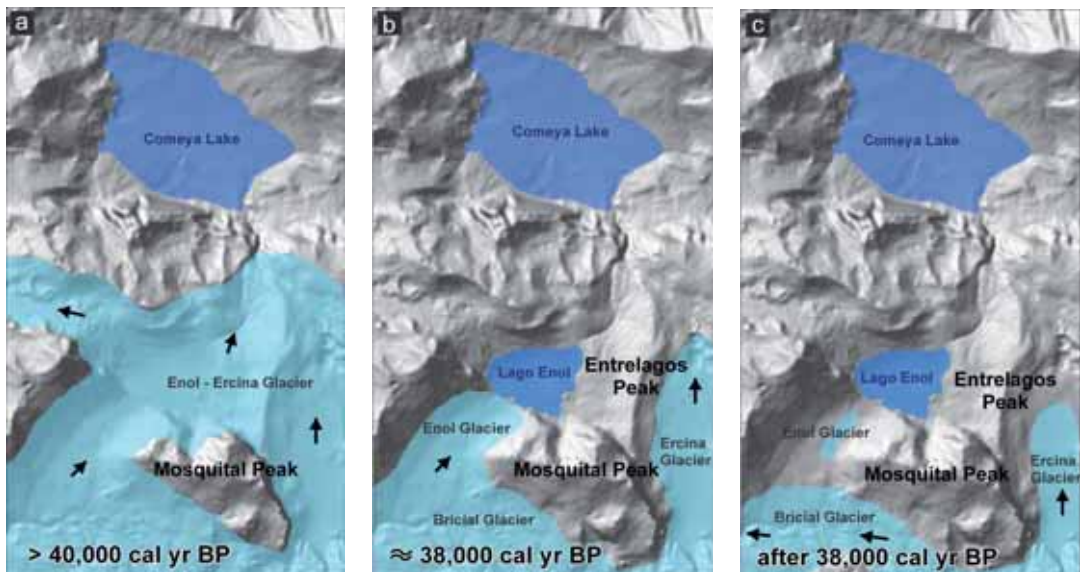


Figura 5. Evolución tentativa de los glaciares en el área del Lago de Enol durante la última deglaciación sobre el modelo digital del terreno (DTM). Los tonos azul claro son indicativos del alcance de las masas de hielo glaciar y los tonos azul oscuro hacen referencia a la presencia de lagos en la zona. (A) Extensión de los glaciares hace 40.000 años. El lago de Comeya recibía agua de fusión del glaciar de Enol. (B) Evolución glaciar hace 38.000 años. El glaciar de Enol se retira a la cabecera del valle de Enol. (C) Con posterioridad a 38.000 años, el hielo se retira del valle de Enol, probablemente capturado por el glaciar de Brial. Este patrón de evolución debe comprobarse en el futuro con dataciones absolutas.

Figure 5. Tentative evolution of glaciers in Enol area during the last deglaciation, superimposing deduced flow extension (blue) to the DTM; the active lakes surface is given by dark blue colours: a) Glacier pattern at 40,000 yrs BP: the Comeya lake was receiving melting waters from Enol Glacier; b) Glacier evolution at 38,000 yrs BP: Enol glacier had experimented an important retreat to the headwater of Enol Valley; c) After 38,000 yrs BP: the ice had retreated of the Enol valley, probably captured by the flow of Brial Glacier. This evolution pattern must be checked with future absolute ages.

recibiendo el agua de drenaje procedente de la fusión del hielo, cuyos frentes estarían a una cota de 1030 m. Posteriormente, hace unos 38.000 años, el glaciar retrocedería hacia el S.O., hasta encontrarse al menos en el actual límite suroccidental del lago (Figura 5B). En ese momento, se formaría el Lago de Enol, que sería proglaciar hasta hace aproximadamente 26.000 años, como se ha comentado anteriormente.

Etapla glaciolacustre: de los 26.000 a los 18.000 años antes de la actualidad

Entre los 300 y 200 cm de profundidad del sondeo, se produce un ligero cambio en la composición de los sedimentos (Figura 4). Para empezar, éstos empiezan a ser menos densos, indicando que desciende el porcentaje de la fracción arcillosa y el sedimento es un poco más rico en ma-

teria orgánica (llegando a un 2% de carbono orgánico). La velocidad de sedimentación se ralentiza, lo que es coherente con un sedimento que ya no tiene laminaciones y, probablemente, no se depositó en un lago proglaciar sino en un lago desconectado del glaciar. Sin embargo, el hecho de que el contenido en materia orgánica sea todavía bajo, las diatomeas y los ostrácodos inexistentes, y el contenido polínico escaso, indica que el ambiente seguía siendo frío y seco, lo que denominamos un ambiente glacio-lacustre. Los quironómidos, aunque también poco abundantes, estarían corroborando esta apreciación por la presencia dominante de especies consideradas de preferencia térmica fría (*Tanytarsus gr. lugens*) (Figura 6). El modelo de la evolución glaciar para ese momento (Figura 5C), se basa en que la morrena de Vega la Cueva evidencia un flujo glaciar subperpendicular al anteriormente descrito

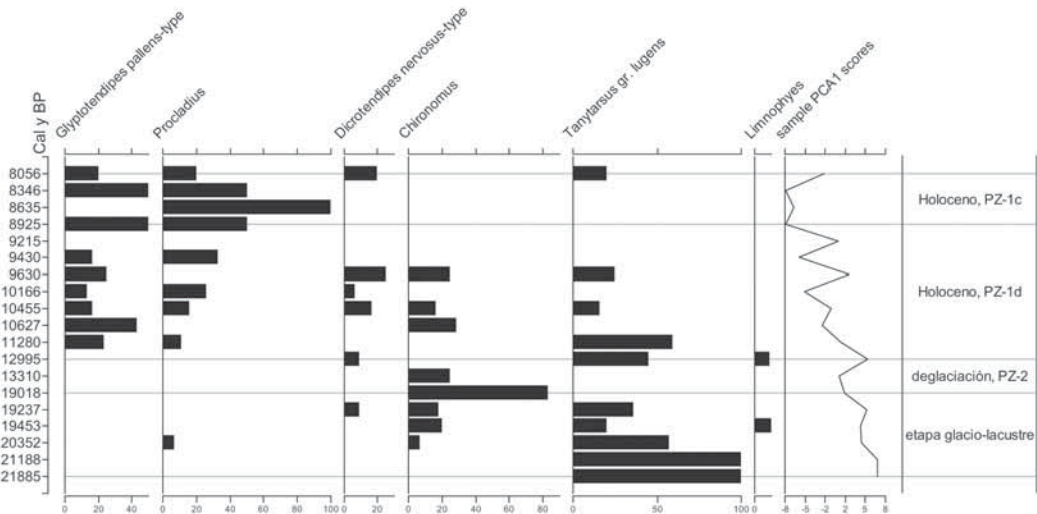


Figura 6. Diagrama de los taxa seleccionados del registro de los dípteros quironómidos en el Lago de Enol. Las edades se muestran en años BP (Before Present: antes de 1950) y la correlación aproximada con las etapas climáticas y las zonas polínicas (PZ) a la derecha. *Sample PCA1 scores* se refiere a la variación conjunta de la asociación de quironómidos.

Figure 6. Selected Chironomid taxa diagram in Enol Lake. Ages are indicated in years BP (Present: 1950) and the correlation with climate and palynological zones (PZ) at the right. *Sample PCA1 scores* refers to the variability of the overall species assemblage.

como flujo hacia el S.O. Para ello, un glaciar procedente de la zona del Bricial podría haber “capturado” el glaciar de Enol, dando lugar a la posible fusión de una masa glaciaria residual en el valle y a la formación de la morrena citada. Una vez retirados los hielos de la zona, la actuación de procesos de gravedad, como desprendimientos rocosos (visibles tanto en el pico Mosquital como en la Porra de Enol), se haría patente en el relieve. En la Vega de Comeya, la actuación de procesos de gravedad, torrenciales y kársticos, conduciría a la colmatación de la cubeta, destacando la formación de una turbera en el sector noroccidental. Actualmente, la vega funciona como un poljé.

El Lago de Enol durante la deglaciación: 18.000-11.600 años antes de la actualidad

Hace 18.000 años, justo después del Último Máximo Glacial global, ocurre una transición hacia sedimentos más orgánicos en el registro del Lago de Enol. Observamos en los sedimentos un aumento en la cantidad de carbono orgánico y de carbonatos, además de un descenso en el por-

centaje de arcillas y de sus elementos asociados (Fe, Ti) (Figura 4). Estos datos nos indican un paisaje con cierto desarrollo de suelos y con mayor disponibilidad hídrica. La cubierta vegetal era algo menos dispersa y aparecen los primeros ostrácodos y diatomeas en el lago. La transición hacia el Holoceno (últimos 11.600 años) ocurre en dos fases, de manera similar a los cambios oceanográficos ocurridos en el Atlántico Norte (Figura 4): (1) desde 18.000 a 14.500 años y (2) desde 13.500 hasta 11.600 años. Entre las dos fases hubo un período de estabilización.

A partir del final del Tardiglacial y durante todo el Holoceno, la secuencia empieza a registrar polen de manera continua y abundante, y no esporádica como en los primeros metros. Los principales cambios en la vegetación de los últimos 13.500 años se indican en la Figura 7 y apoyan las interpretaciones realizadas con otros indicadores. Se han podido diferenciar dos zonas polínicas, subdividiéndose una de ellas en cuatro subzonas. La primera, más basal, corresponde con el final del Tardiglacial (PZ-2), concretamente con el Dryas Reciente (Younger Dryas), mientras que la se-

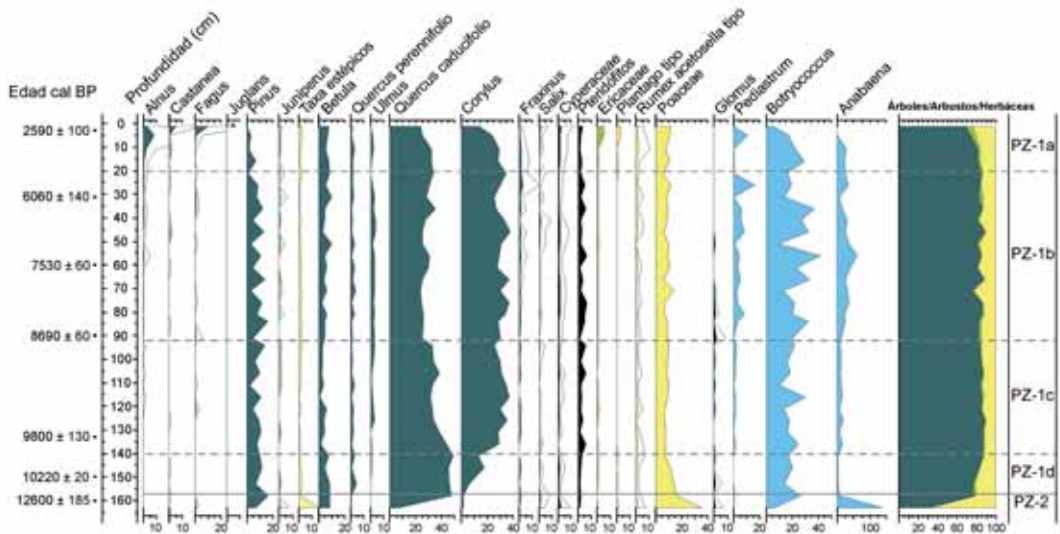


Figura 7. Diagrama polínico sintético, en función de la profundidad, de taxones seleccionados del sondeo largo del Lago de Enol (ENO04-1D-1K). Se muestran las dataciones en años cal. BP. La columna de “taxones estépicos” es la suma de *Artemisia*, Caryophyllaceae, Chenopodiaceae y Asteraceae. La columna de Ericaceae es la suma de *Erica* tipo y *Calluna vulgaris*. Pteridófitos hace referencia a *Asplenium* tipo, Filicales monoete y trilete, *Osmunda regalis*, *Polypodium vulgare* tipo y *Pteridium aquilinum*. Dentro de *Plantago* sp. están *P. coronopus* tipo, *P. lanceolata* tipo y *P. major/media* tipo.

Figure 7. Synthetic pollen diagram, versus depth, of selected taxa from Lago Enol long core (ENO04-1D-1K). Dates in cal. BP are indicated. “Stepic taxa” is the sum of *Artemisia*, caryophyllaceae, Chenopodiaceae and Asteraceae. Ericaceae is the sum of *Erica* type and *Calluna vulgaris*. Pteridophyta is the sum of *Asplenium* type, Filicales monoete and trilete, *Osmunda regalis*, *Polypodium vulgare* type and *Pteridium aquilinum*. *Plantago* sp. is the sum of *P. coronopus* type, *P. lanceolata* type and *P. major/media* type.

gunda abarca desde inicios del Holoceno hasta hace unos 2200 años (PZ-1) (Figura 7). Durante el final del Tardiglaciario (PZ-2), se observa un paisaje dominado por taxa herbáceos y arbustivos de carácter estépico (*Artemisia*, Asteraceae, *Juniperus*, Caryophyllaceae y Chenopodiaceae). En contraposición, las formaciones arbóreas apenas estarían desarrolladas, llegando a tener los valores mínimos de toda la secuencia. El escaso componente arbóreo estaría dominado por pinos y abedules, pero aun así, la presencia de elementos planocaducifolios como *Quercus*, *Corylus*, *Fagus*, *Ulmus*, *Salix* y *Fraxinus*, además de termófilos perennifolios, apunta a la existencia de zonas de refugio para estos taxa en la región de Picos de Europa. Estos refugios de vegetación son muy importantes para explicar la rápida proliferación arbórea que se produce durante los inicios del Holoceno, en extensión y variedad taxonómica. Por otro lado, las curvas polínicas asociadas a humedad y/o formaciones riparias, como Cyperaceae o *Salix*, su-

gieren la existencia de un área palustre relativamente bien desarrollada en las orillas del lago, o un bajo nivel del agua. Estos indicadores apuntan a unas condiciones climáticas aún frías, típicas del final del Tardiglaciario y herederas del período glaciario anterior. La fauna bentónica del lago representada por los quironómidos contiene los mismos elementos representativos de una etapa fría que había en el periodo anterior, pero se añaden ahora algunas especies más, como reflejo de una mayor disponibilidad de materiales orgánicos así como posiblemente de la mayor extensión de zona palustre apuntada por el registro polínico (Figura 6).

La etapa holocena en el Lago de Enol: 11.600-2200 años antes de la actualidad

Durante el Holoceno, el Lago de Enol registra los cambios climáticos que se han observado anteriormente en otros registros de la Península Ibérica (ej. MORELLÓN *et al.*, 2008). Así, podemos dividir el registro en tres etapas (Figura 8): (1) un

período húmedo y de recuperación climática con aumento de las temperaturas, que caracteriza el inicio del Holoceno (11.600-8700 años); (2) una tendencia hacia un clima más seco durante mediados del Holoceno (8700-4650 años), y (3) una vuelta a condiciones húmedas al final del registro (4650-2200 años) (MORENO *et al.*, en prensa-b). Aunque gran parte de la interpretación climática la obtenemos de los cambios en la vegetación (Figura 7), también la composición de los sedimentos nos está ofreciendo información relevante. La zona polínica con cronología holocena (PZ-1) se caracteriza por un intenso desarrollo de las formaciones boscosas mesófilas desde su inicio, en concordancia con unas condiciones climáticas más benignas y probablemente relacionado con la proximidad de las áreas refugio comentadas anteriormente, hecho que se constata de manera general en casi todos los registros montañosos del norte de la Península Ibérica (p.e., MONTSERRAT 1992, ALLEN *et al.* 1996, GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ *et al.* 2006, GARCÍA-ROVÉS 2007). Adicionalmente, estas condiciones más benignas se expresan en el sistema lacustre con las mayores presencias de *Botryococcus* y *Pediastrum*, y el brusco descenso de *Anabaena*. La mayor parte de la secuencia de esta PZ-1 muestra un bosque mixto relativamente estable y bien desarrollado. Sin embargo, para explicar mejor algunas tendencias climáticas o antrópicas observadas, es útil la diferenciación en subzonas, en concordancia con las etapas detectadas en la información de la composición de los sedimentos.

Holoceno inicial: 11.600-8700 años antes de la actualidad

La primera etapa, inicios del Holoceno, se caracteriza por la presencia de sedimentos ricos en carbonato y en materia orgánica (que aparece en pequeñas capas formadas por restos vegetales transportados al lago durante períodos de avenidas) (Figura 8). Por lo que respecta a los quironómidos, su respuesta a estos cambios consiste en un incremento en el número de especies y en una variación en la dominancia a favor de especies más propias de condiciones térmicas moderadas y de mayor disponibilidad de alimento, ya sea de tipo detrítico o material sedimentario fresco (diatomeas), como por ejemplo *Glyptotendipes* gr. *pallens*

(Figura 6). De todos modos, estas mejoras no suponen un aumento notable en las abundancias del registro, sugiriendo que la productividad del lago era baja y similar a la actual. Además, destacamos la presencia simultánea de los ostrácodos *Potamocypris villosa* y *Candona* cf. *candida* que sugieren un período de mayor precipitación. El inicio del Holoceno, en términos de mejores condiciones de temperatura y humedad, se ubica claramente en la frontera entre las zonas polínicas PZ-2 y PZ-1d (Figura 7), caracterizándose por la rápida proliferación de *Quercus* tipo caducifolio. Adicionalmente, se identifica un mayor aumento de la humedad a lo largo de PZ-1c (9750-8600 años), indicado a partir de los altos porcentajes de *Corylus*, que hablan de una codominancia de las extensiones boscosas con *Quercus* tipo caducifolio. Por lo tanto, se produce cierto retraso en el establecimiento de las condiciones de máxima humedad características del comienzo del Holoceno, tal y como se ha constatado también en otros estudios similares del norte peninsular (MORELLÓN *et al.* 2008). Es interesante constatar que la fauna lacustre (Figura 6) también registra cambios en concordancia con PZ-1c, de modo que dominan quironómidos como *Procladius*, de hábitos tróficos omnívoros-depredadores, que podrían indicar un periodo de mayor productividad en el lago, con presencia de microcrustáceos y otra microfauna abundante.

Holoceno medio: 8700-4650 años antes de la actualidad

Durante el Holoceno medio, el sedimento se caracteriza por un ligero aumento del contenido en arcillas y un descenso del de carbonatos, indicando una tendencia hacia condiciones más áridas (Figura 8). Este cambio coincide con un descenso en la insolación que marca condiciones áridas en gran parte del Mediterráneo y norte de África (DEMENOCAL *et al.*, 2000). Las diatomeas aparecen por primera vez en este período y apuntan a un lago somero o con abundancia de hábitats litorales ya que la comunidad está dominada por diatomeas bentónicas (fijadas a un sustrato, ej. *Amphora pediculus*) y otros taxa asociados a hábitats litorales. En los quironómidos vuelve la dominancia de *Tanytarsus* gr. *lugens*, aunque *Glyptotendipes* continua presente de manera importante (Figura 6). En el diagrama polínico (Fi-

gura 7, PZ-1b) se observan condiciones algo más secas que en la fase anterior por el nuevo incremento de los porcentajes de *Anabaena* y la mayor presencia de *Glomus*, lo que indicaría una bajada del nivel del lago. El aumento de los porcentajes de *Juniperus*, taxa riparios (*Fraxinus*, *Salix* y *Alnus*), e hidro-higrófilas como Cyperaceae y helechos, corroboraría la existencia de esta tendencia hacia condiciones más secas a mediados del Holoceno y de un mayor desarrollo de la zona palustre debido al descenso del nivel del lago. A pesar de la detección de una disminución de la humedad, se constatan altos porcentajes arbóreos, indicando el mantenimiento de temperaturas favorables y la elevada extensión de una formación boscosa mixta caducifolia muy estable.

Holoceno final: 4650-2200 años antes de la actualidad

El período más reciente de finales del Holoceno está caracterizado por la presencia de sedimentos con alto contenido en arcillas y cuarzo, pero con más materia orgánica que en las etapas anteriores (Figura 8). Por otro lado, los ostrácodos y las dia-

toomas vuelven a indicar un aumento del nivel del lago. Estas últimas, pasan de formar una comunidad principalmente bentónica en la etapa anterior a ser dominadas por especies plantónicas (ej. *Cyclotella ocellata*). En el diagrama polínico (Figura 7, PZ-1a), se observa una disminución general de los porcentajes arbóreos ligada a procesos pastoriles. Esta influencia antropogénica en el paisaje vegetal desencadenó el inicio del declive de taxa que habían estado muy bien representados durante el Holoceno medio, como *Quercus* tipo caducifolia y *Corylus*. Del mismo modo, las escasas poblaciones de pinar que existían terminaron extinguiéndose hace unos 2300 años, en concordancia con los datos sobre macrorrestos aportados por RUBIALES *et al.* (2008) en la región. Sin embargo, otros taxa como *Alnus*, *Castanea* y *Fagus*, incrementaron su presencia favorecidos y potenciados por las actividades humanas. Además, se observa un claro desarrollo de las formaciones arbustivas (principalmente *Erica* y *Calluna vulgaris*, que habían sido muy escasas anteriormente), y el aumento de los porcentajes de herbáceas relacionadas con procesos antropogénicos como *Plantago lanceolata*, *Plantago major/media* y *Rumex acetosella*. Estos hechos

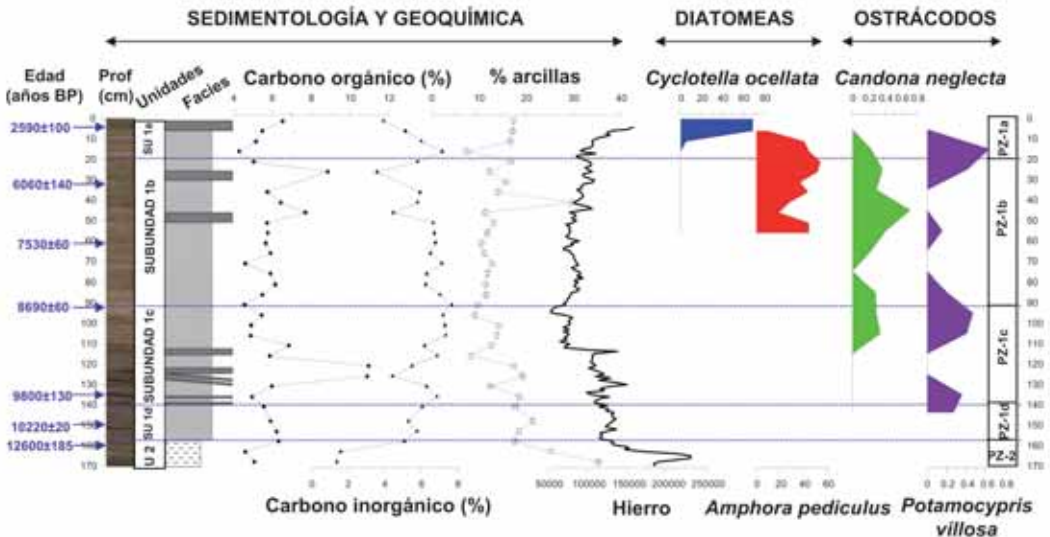


Figura 8. Registro del Lago de Enol durante el Holoceno. Las edades se muestran a la izquierda en años cal. BP (Before Present: antes de 1950) y la correlación con las zonas polínicas a la derecha. Leyenda de facies en Figura 4.

Figure 8. Enol Lake record during the Holocene. Ages are indicated to the left in years cal. BP (Present: 1950) and the correlation with the palynological zones at the right. Facies legend in Figure 4.

están relacionados, por lo tanto, con el inicio del impacto humano en la zona del Lago de Enol, indicando el establecimiento de un paisaje más abierto resultado, probablemente, de actividades ganaderas. Éstas pueden adscribirse al final del Calcolítico, acentuándose desde finales de la Edad del Bronce y el comienzo de la Edad del Hierro.

Aunque los últimos 2200 años del sondeo del Lago Enol no se recuperaron, el estudio palinológico de la cercana depresión de Comeya puede ayudar a conocer qué pasó hasta la actualidad en el área (RUIZ ZAPATA *et al.* 2001). Los espectros polínicos de Comeya presentan características similares a los de Enol desde hace unos 4650 años, observándose una apertura del paisaje y un aumento de los porcentajes de formaciones arbustivas y taxones favorecidos por actividades humanas (*Fagus*, *Castanea*, *Juglans*, *Alnus*, *Plantago lanceolata* y *Plantago major/media*). Todas estas evidencias hacen referencia a un fuerte impacto de las actividades humanas durante el Holoceno final, que ha sido capaz de cambiar la estructura del bosque y configurar los paisajes culturales que observamos en la actualidad.

El Lago de Enol durante los últimos 300 años

Fluctuaciones climáticas

Básicamente, el sondeo puede dividirse en cuatro períodos, en función del contenido en carbono orgánico e inorgánico y de las asociaciones de diatomeas presentes (Figura 9). El primer período, entre los años 1700 y 1840 de nuestra era (Unidad 4), presenta los valores más altos de ambos tipos de carbono, lo que estaría ligado a un clima benigno, dentro de la Pequeña Edad de Hielo (PEH) pero posterior al Mínimo de Maunder, periodo frío que ocurrió entre 1645 y 1715 años AD. El siguiente período (Unidad 3), entre 1840 y 1900, sería el momento más frío de la secuencia reciente, con los mínimos valores de carbono orgánico (2%) e inorgánico (1%). Probablemente, el lago permanecía helado varios meses al año, y no había ni desarrollo importante de suelos ni mucha disponibilidad hídrica. Este resultado concuerda con la asociación de diatomeas encontrada, dominada por las especies de *Fragilaria* (relacionadas con la mayor duración de la cubierta de hielo y una fusión tardía del mismo), y con un claro mínimo en *Cyclotella ocellata* (especie abundante en aguas cálidas y que aumenta después del reciclaje de nu-

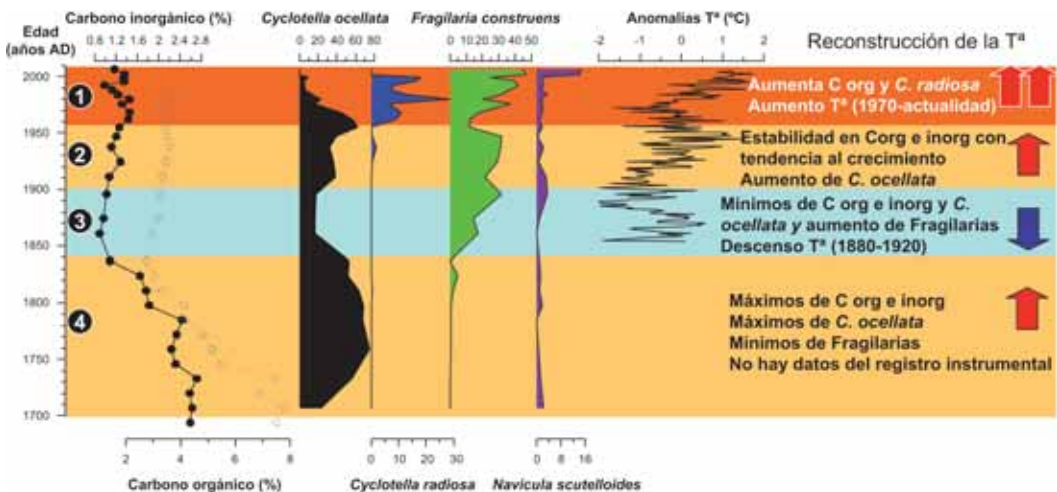


Figura 9. Indicadores seleccionados medidos en el sondeo corto del Lago de Enol (ENO07-1A-1M). Se marcan los cuatro períodos climáticos identificados (ver texto para la discusión) y, con flechas, la reconstrucción de la temperatura.

Figure 9. Selected indicators measured in the short core ENO07-1A-1M from Enol Lake. The four identified periods are indicated (see text for more explanation). Arrows mark the temperature reconstruction.

trientes en primavera). Este período frío, también observado en las reconstrucciones realizadas a partir de los registros instrumentales de temperatura disponibles (Figura 9), podría corresponder con uno de los intervalos fríos del final de la PEH. Los datos extraídos del análisis polínico apoyan las interpretaciones anteriores, aunque debido a que este sondeo corto cuenta con 200 años en vez de 300, se recoge información desde el final de la Unidad 4 (Figura 10). En este tramo se observan los menores porcentajes arbóreos de toda la secuencia, en concordancia con los datos de los demás indicadores y que suponen una fase fría durante el final de la PEH.

A partir de 1900 y hasta 1970 (Unidad 2, Figura 9) se observa, por un lado, una recuperación de los valores de carbono orgánico en el sedimento (que llegan a ser mayores del 3%), un aumento de *Cyclotella ocellata*, asociada a niveles del agua más altos, una subida de las temperaturas regionales y una recuperación de las formaciones arbóreas mesófilas (*Quercus*, *Fagus*, *Corylus*, *Castanea*, *Be-*

tula, *Alnus*) (Figuras 9 y 10). Adicionalmente, la presencia de termófilos como *Quercus* tipo pe-rennifolio y *Olea*, junto con el descenso de la presencia de *Anabaena*, apoyan la existencia de un clima más cálido.

El último intervalo (Unidad 1) es el que vivimos en la actualidad. En la transición entre las unidades 1 y 2 (entre los años 1960-1970) se detecta en las reconstrucciones globales y regionales de temperatura una bajada puntual en sus valores (Figura 9). Posteriormente, las temperaturas incrementan pero las precipitaciones comienzan a disminuir (MORENO *et al*, en revisión). Además, se produce un reemplazo de *Cyclotella ocellata* por *Cyclotella radiosa*. Esta última es típica de verano, mientras que la primera es más frecuente durante el periodo de primavera-verano, por lo que interpretamos que los veranos se han alargado en las últimas décadas. Estos dos nuevos cambios indican claramente las consecuencias del cambio climático global actual que se están notando ya en el Parque Nacional de Picos de Europa. Por

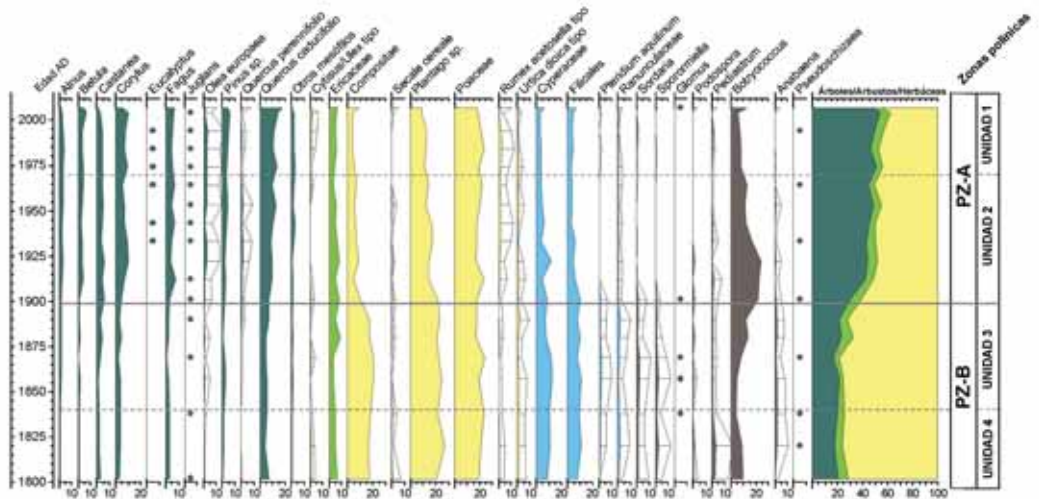


Figura 10. Diagrama polínico sintético de taxones seleccionados del sondeo corto del Lago de Enol (ENO07-1C-1M) en función de la edad. La columna "otros mesófilos" es la suma de *Fraxinus*, *Salix*, *Tilia* y *Ulmus*. La columna de Ericaceae es la suma de *Erica* tipo y *Calluna vulgaris*. Compositae hace referencia a la suma de *Aster* tipo, Cardueae y Cichorioideae. Dentro de *Plantago* sp. se incluyen *P. coronopus* tipo, *P. lanceolata* tipo y *P. major/media* tipo. Finalmente, Filicales es la suma de Filicales trilete y monoete.

Figure 10. Synthetic pollen diagram of selected taxa from Lago Enol short core (ENO07-1C-1M) plots against age. "Other mesophytes" is the sum of *Fraxinus*, *Salix*, *Tilia* and *Ulmus*. Ericaceae is the sum *Erica* type and *Calluna vulgaris*. Compositae is the sum of *Aster* type, Cardueae and Cichorioideae. *Plantago* sp. is the sum of *P. coronopus* type, *P. lanceolata* type and *P. major/media* type. Finally, Filicales is the sum of Filicales trilete and monoete.

último, los cinco años más recientes se caracterizan por un cambio radical en la asociación de diatomeas con el aumento de *Naviculadicta vitabunda* (Figura 11), que es característica de ambientes eutróficos, apuntando a un aumento de los nutrientes que llegan al lago. Nos queda preguntarnos si las temperaturas “record” de los últimos años tienen algo que ver en esta modificación de la ecología del Lago de Enol, o si es la mayor afluencia de visitantes a la zona de los Lagos de Covadonga la responsable de estas afecciones.

Impacto antrópico en el paisaje durante los siglos XIX y XX

Desde la creación del Parque Nacional de Covadonga en 1918, se han sucedido distintas fases en cuanto a las figuras de protección desarrolladas

en la zona (Figura 11). Según GARCÍA DORY 1977, la primera cubriría desde 1918 hasta 1936. En este período, se empezaron a adoptar algunas medidas de protección, especialmente durante la Segunda República, que limitaron la explotación de ciertos recursos naturales (p.e. mineral y madera). El segundo período coincide con la Guerra Civil (1936-1939), y supuso una gran reducción faunística de especies como el oso y el lobo, entre otras. El siguiente período, se relaciona con la Dictadura del General Franco (1939-1975), y se caracterizó por el incremento de las actividades humanas dentro del Parque (p.e. apertura de minas, explotación hidráulica y maderera, promoción turística). Una última fase sería la que vive el Parque en la actualidad, en la que se han implementado varias medidas de conservación, entre ellas la expansión de los límites

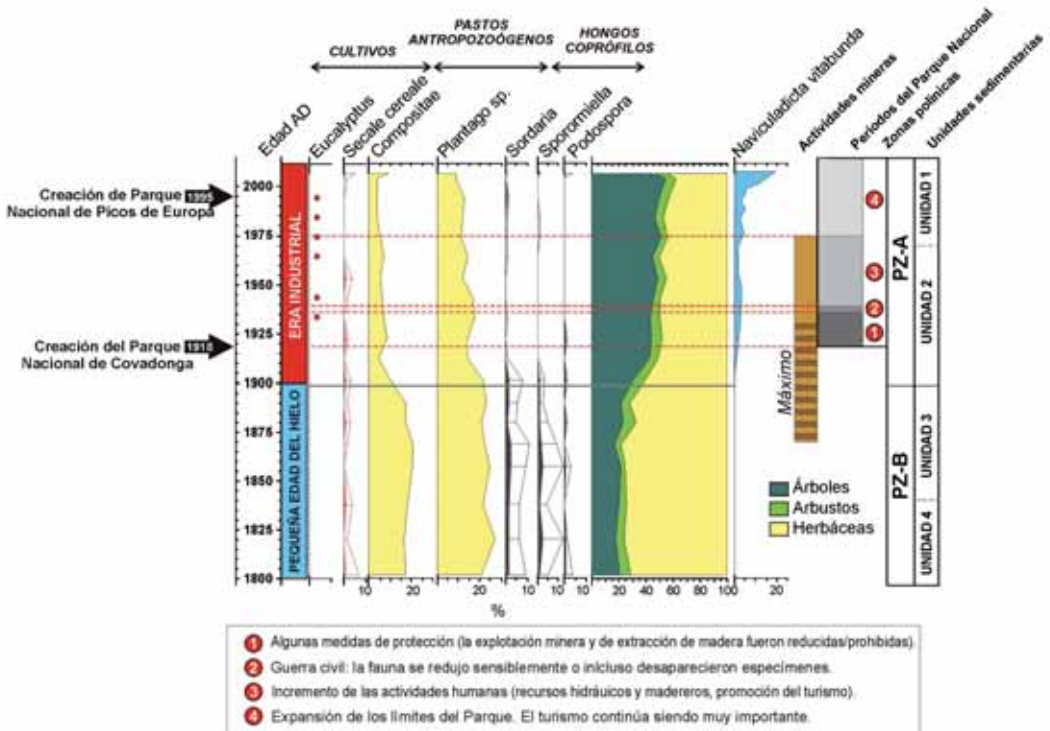


Figura 11. Comparación, en función de la edad, de algunos indicadores seleccionados del sondeo corto del Lago de Enol que muestran el impacto humano (agricultura, ganadería, actividades mineras, etc.), durante los últimos 200 años. Adicionalmente, se han incluido los períodos históricos durante el desarrollo del Parque Nacional y las zonas polínicas y sedimentarias.

Figure 11. Comparison, versus time, of selected proxies from Lago Enol short record indicating human impact (agriculture, grazing, mining, etc) during last 200 years. Historical periods in the development of the National Park and pollen and sedimentary zones are indicated.

del Parque Nacional de Covadonga en 1995 con la creación del actual Parque Nacional de los Picos de Europa. Las actividades turísticas continúan siendo muy importantes, y dificultan la implementación de políticas de conservación más fuertes, lo que causa continuas desavenencias entre las distintas administraciones, ganaderos y ecologistas (SUÁREZ ANTUÑA *et al.* 2005).

En cuanto al registro polínico de los últimos 200 años, indica que la ganadería ha sido muy importante en el área de estudio desde el comienzo de la secuencia (Figura 10). De hecho, el uso de los pastos de montaña es quizás la actividad humana más antigua documentada en la zona. Como hemos visto, en el sondeo largo del Lago de Enol se detecta que la apertura del paisaje comenzó hace unos 4650 años, y más notablemente desde hace 2700 años. De hecho, la explotación de los pastos montanos ha sido hasta hoy, una de las principales bases económicas de la región cantábrica (SUÁREZ ANTUÑA *et al.* 2005).

Aunque se detecten indicadores de actividades pastoriles durante los dos últimos siglos, es interesante apuntar algunas diferencias cuando comparamos los siglos XIX y XX entre ellos. Durante el siglo XIX, se observan grandes proporciones de Compositae y Poaceae, además de *Plantago* y *Urtica*. Junto a estas herbáceas, se observan altos porcentajes de hongos coprófilos, lo que indicaría que las cabañas ganaderas pasarían largos períodos en zonas de altitud como la del Lago de Enol. Durante el siglo XX, por el contrario, aunque las extensiones de pastos continúan siendo importantes, la presencia de hongos coprófilos se reduce notablemente (Figura 11). El hecho de que este acontecimiento ocurriera sincrónicamente con la creación del Parque, podría hacer pensar en una reducción de las actividades pastoriles, pero el inicio del Parque no supuso restricciones ganaderas. Sin embargo, durante el siglo XX suceden varias transformaciones generalizadas en la cornisa cantábrica, dentro de un contexto de especialización láctea. El ganado vacuno autóctono es sustituido por ejemplares de vaca pardo-alpina y, posteriormente, por frisonas, razas más productoras de leche. De este modo, se pasa de una ganadería de tipo extensivo en la propia montaña, con vacas au-

tóctonas, a otra de tipo intensivo y con estabulación en los fondos de valle, ya que las nuevas razas no están acostumbradas a las duras condiciones montañosas (RODRÍGUEZ CASTAÑÓN 1996, SUÁREZ ANTUÑA *et al.* 2005). Esta transformación, además de conllevar la reducción de la proporción de hongos coprófilos en el registro, también podría estar relacionada con procesos de matorralización, tal y como muestra el incremento de *Cytisus/Ulex*, ya que los pastos de montaña habrían sido parcialmente abandonados y colonizados por arbustos (Figura 10).

El empeoramiento climático ocurrido en este periodo (final de la PEH), seguramente propició un cambio en las formas de subsistencia de los habitantes de una zona montañosa como la de los Picos de Europa, tal y como se ha visto en otras áreas. Además de la alta presión ganadera, se ha encontrado que en esta zona montañosa también debieron de emplazarse cultivos capaces de soportar condiciones muy duras. Estos cultivos ayudarían a los habitantes de los valles a alcanzar una mayor producción, de por sí mermada por el frío imperante. En casi todo el sondeo corto, especialmente en la zona basal correspondiente a la PEH, se ha documentado polen del cereal *Secale cereale*, el centeno (Figuras 10 y 11). El centeno se caracteriza por su alta resistencia al frío, es el más rústico de los cereales de invierno, siendo posible su cultivo bajo condiciones no toleradas por otros cereales, por lo que es totalmente coherente su presencia en estas fechas en el diagrama polínico.

Un hito a resaltar es la aparición de las primeras plantaciones de *Eucalyptus* en el registro, alrededor de 1930. El incremento de los pinares a techo de la secuencia también puede asociarse a plantaciones en la zona de los Picos de Europa. La antropización durante el último siglo en los Picos de Europa ha sido, por lo tanto, alta, aunque en ciertos aspectos ha disminuido con respecto a la época tan desfavorable que fue la PEH (Figura 11). Aun visualizándose un alto impacto humano en el diagrama polínico del sondeo corto, se observa cómo la masa forestal se ha ido recuperando en las últimas décadas. Las repoblaciones forestales con especies alóctonas empiezan a combatirse, aunque todavía ocupan amplios sec-

tores, por lo que la recuperación de masas de roble y hayedo, está en aumento.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado por el proyecto “Evolución climática y ambiental del Parque Nacional de Picos de Europa desde el último máximo glacial - ref: 53/2006” del Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Adicionalmente, se ha conseguido financiación a través de los proyectos LIMNOCLIBER (REN2003-09130-C02-02), IBERLIMNO (CGL2005-20236-E/CLI) y LIMNOCAL

(CGL2006-13327-C04-01) y del proyecto Consolider GRACCIE (CSD2007-00067) del Ministerio de Ciencia y Tecnología. Agradecemos especialmente a Anders Noren, Doug Schnurrenberger y Mark Shapley (LRC-University of Minnesota) por su trabajo durante la campaña de sondeos en 2004, y a Vania Stefanova, Francesc Mezquita, Eric Brown, Manola Brunet y Enric Aguilar por su colaboración en esta investigación. El director y la plantilla del Parque Nacional de Picos de Europa nos proporcionaron una inestimable ayuda en las campañas de campo y en la recopilación de información histórica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, J.R.M., HUNTLEY, B. Y WATTS, W.A. 1996. The vegetation and climate of northwest Iberia over the last 14,000 years. *Journal of Quaternary Science* 11: 125-147.
- DEMENOCAL, P., ORTIZ, J., GUILDERTON, T. P., ADKINS, J. F., SARNTHEIN, M., BAKER, L. Y YARUNSIKY, M. 2000. Abrupt onset and termination of the African Humid Period: rapid climate responses to gradual insolation forcing. *Quaternary Science Reviews* 19, 347-361.
- FARIAS, P., JIMÉNEZ SÁNCHEZ, M. Y MARQUÍNEZ, J. 1996. Nuevos datos sobre la estratigrafía del relleno cuaternario de la depresión de Comeya (Picos de Europa, Asturias). *Geogaceta*, 20 (5): 1116-1119.
- GARCÍA DORY, M. A. 1977. Covadonga National Park, Asturias, Spain. Its history, conservation interest and management problems. *Biological Conservation* 11, 79-85.
- GARCÍA-ROVÉS, E. 2007. Dinámica de la paleovegetación y cambios climáticos durante el Tardiglacial y Holoceno en secuencias sedimentarias de la provincia de León. Universidad de León, Tesis Doctoral.
- GARCÍA-RUÍZ, J. M., MORENO, A., GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P., VALEROGARCÉS, B., Y MARTÍ-BONO, C. 2010. La cronología del último ciclo glacial en las montañas del sur de Europa. Una revisión. *Cuaternario y Geomorfología*, en prensa.
- GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ P., VALERO-GARCÉS B.L., MORENO A., JALUT G., GARCÍA-RUÍZ J.M., MARTÍ-BONO C., DELGADO-HUERTAS A., NAVAS A., OTTO T. Y J. D.J. 2006. Climate variability in the Spanish Pyrenees during the last 30,000 yr revealed by the El Portalet sequence. *Quaternary Research* 66: 38-52.
- HUGHES, P. D., Y WOODWARD, J. C. 2008. Timing of glaciation in the Mediterranean mountains during the last cold stage. *Journal of Quaternary Science* 23, 575-588.
- JIMÉNEZ SÁNCHEZ M. Y FARIAS P. 2002. New radiometric and geomorphologic evidences of a last glacial maximum older than 18 ka in SW European mountains: the example of Redes Natural Park (Cantabrian Mountains, NW Spain). *Geodinamica Acta* 15: 93-101.
- MONTSERRAT, J. 1992. Evolución glacial y postglacial del clima y la vegetación en la vertiente sur del Pirineo: estudio palinológico. Instituto Pirenaico de Ecología, Zaragoza, 147 pp.
- MORELLÓN, M., VALERO-GARCÉS, B. L., MORENO, A., GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P., MATA, P., ROMERO, O., MAESTRO, M. Y NAVAS, A. 2008. Holocene palaeohydrology and climate variability in Northeastern Spain: the sedimentary record of lake Estanya (Pre-Pyrenean range). *Quaternary International* 181, 15-31.
- MORENO, A., VALERO-GARCÉS, B. L., JIMÉNEZ SÁNCHEZ, M., DOMÍNGUEZ, M. J., MATA, P., NAVAS, A., GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P., STOLL, H., FARIAS, P., MORELLÓN, M., CORELLA, P.

- Y RICO, M. (en prensa-a). The last deglaciation in the Picos de Europa National Park (Cantabrian Mountains, Northern Spain). *Journal of Quaternary Science*. DOI: 10. 1002/jqs. 1265.
- MORENO, A., LÓPEZ-MERINO, L., LEIRA, M., MARCO-BARBA, J., GONZÁLEZSAMPÉRIZ, P., VALERO-GARCÉS, B., LÓPEZ-SÁEZ, J. A., SANTOS, L., MATA, P. Y ITO, E. (en prensa-b). Revealing the last 13,500 years of environmental history from the multiproxy record of a mountain lake (Lago Enol, northern Iberian Peninsula). *Journal of Paleolimnology*. DOI: 10. 1007/SI0933-009-9387-7
- MORENO, A., LÓPEZ-MERINO, L., LEIRA, M., SIGRÓ, J., GONZÁLEZSAMPÉRIZ, P., VALERO-GARCÉS, B., LÓPEZ-SÁEZ, J. A; BRUNET, M Y AGUILAR, E. (en revisión) Little Ice Age and Industrial Era signals in a mountain lake (Lago Enol, Picos de Europa National Park, Northern Iberian Peninsula): climate versus anthropogenic signals, en revisión.
- RODRÍGUEZ CASTAÑÓN, A. A. 1996. La producción de vacuno con rebaños de Asturiana de la Montaña: Ganadería extensiva en la Cordillera Cantábrica. *Agricultura* 764, 214-217.
- RUBIALES, J.M., GARCÍA-AMORENA, I., GARCÍA ÁLVAREZ, S. Y GÓMEZ MANZANEQUE, F. 2008. The Late Holocene extinction of *Pinus sylvestris* in the western Cantabrian Range (Spain). *J. Biogr.* 35: 1840-1850.
- RUIZ ZAPATA, M.B., FARIAS, P., JIMÉNEZ SÁNCHEZ, M., GIL GARCÍA, M.J., DORADO VALIÑO, M. Y VALDEOLMILLOS RODRÍGUEZ, A. 2001. Secuencia polínica de un depósito de la depresión de Comeya (Picos de Europa, Asturias): implicaciones paleoclimáticas. En: Moreno Grau, S., Rendueles, B., Moreno Angosto, J.M. (eds) XIII Simposio de la Asociación de Palinólogos de Lengua Española (APLE) Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena, pp 379-389.
- SUÁREZ ANTUÑA, F., HERRÁN ALONSO, M. Y RUIZ FERNÁNDEZ, J. 2005. La adaptación del hombre a la montaña. El paisaje de Cabrales (Picos de Europa). *Ería* 68, 373-389.