

El paisaje de las montañas atlánticas: avances en el conocimiento geohistórico y ambiental

Miguel Ángel Poblete Piedrabuena
(EDITOR)



Universidad de Oviedo

El paisaje de las montañas atlánticas:
avances en el conocimiento
geohistórico y ambiental

El paisaje de las montañas atlánticas: avances en el conocimiento geohistórico y ambiental



Miguel Ángel Poblete Piedrabuena
(EDITOR)



Universidad de Oviedo



Reconocimiento-No Comercial-Sin Obra Derivada (by-nc-nd): No se permite un uso comercial de la obra original ni la generación de obras derivadas.



Usted es libre de copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, bajo las condiciones siguientes:



Reconocimiento – Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el licenciador:

Miguel Ángel Poblete Piedrabuena (editor) (2023). *El paisaje de las montañas atlánticas: avances en el conocimiento geohistórico y ambiental*. Universidad de Oviedo.

La autoría de cualquier artículo o texto utilizado del libro deberá ser reconocida complementariamente.



No comercial – No puede utilizar esta obra para fines comerciales.



Sin obras derivadas – No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.

© 2023 Universidad de Oviedo

© Los autores

Algunos derechos reservados. Esta obra ha sido editada bajo una licencia Reconocimiento-No comercial-Sin Obra Derivada 4.0 Internacional de Creative Commons.

Se requiere autorización expresa de los titulares de los derechos para cualquier uso no expresamente previsto en dicha licencia. La ausencia de dicha autorización puede ser constitutiva de delito y está sujeta a responsabilidad.

Consulte las condiciones de la licencia en:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode.es>

Servicio de Publicaciones de la Universidad de Oviedo

Edificio de Servicios - Campus de Humanidades

ISNI: 0000 0004 8513 7929

33011 Oviedo - Asturias

985 10 95 03 / 985 10 59 56

servipub@uniovi.es

www.publicaciones.uniovi.es

ISBN: 978-84-18482-67-0

DL AS 190-2023

ÍNDICE

	Pág.
Presentación	
Miguel Ángel Poblete Piedrabuena	9
Palaeoecological review of the climatic, cultural and plant landscape dynamics of the Cantabrian region	
Marc Sánchez-Morales	13
Los registros paleoambientales en Asturias: nuevas perspectivas para el conocimiento de la evolución del paisaje en las montañas atlánticas	
Salvador Beato Bergua	87

Presentación

El 22 de octubre de 2018 tuvo lugar, en el Salón de Grados “Francisco Quirós” del Departamento de Geografía de la Universidad de Oviedo, la celebración del seminario internacional “Environmental Geohistory and Landscape Evolution in the Atlantic Mountains”, foro de discusión científica donde participaron investigadores de diversas disciplinas, destacando la presencia, entre otros, de los geógrafos franceses Didier Galop y Jean Paul Métaillé (Laboratorio GEODE de la Universidad de Toulouse II), en el que se abordaron y debatieron los últimos avances de la evolución paleoambiental en los medios de montaña atlánticos desde el Pleistoceno hasta el presente.

La montaña atlántica, pese a su amplia extensión territorial (Macizo Galaicoportugués, Macizo Asturiano, Montes Vascos-Cantábricos, Pirineos centro-occidentales), cuenta con una herencia común que se plasma no sólo en la naturaleza, estructura y configuración paisajística, sino también en el proceso de ocupación humana y su evolución histórica. Dispone, además, de ambientes geocológicos variados y diversos que aún conservan casi intactos un excelso patrimonio natural y cultural, que revelan en palabras de Eduardo Martínez de Pisón “procesos culturales, técnicos y económicos de relación y aprovechamiento del medio, originales y valiosos”. No obstante, estas montañas viven en la actualidad un complejo y delicado proceso de inserción en los sistemas urbanos y tecnológicos globales. Por tanto, son espacios geográficos muy vulnerables especialmente sensibles a las transformaciones socioeconómicas, y donde mejor se percibe el denominado “cambio global”.

Las técnicas aplicadas habitualmente para el estudio paleoambiental de las montañas atlánticas (fuentes históricas, estudio de pólenes, macro y micro-restos vegetales, carbones vegetales y hallazgos paleofaunísticos) presentan la cualidad de ser transdisciplinares, lo que favorece la cohesión de las diversas disciplinas, facilita el trabajo en equipo, la internacionalización

de resultados y, por tanto, el paso de la escala local a la global. Algunas, como la palinología se encuentran muy asentadas pues se desarrollan desde mediados del siglo pasado. Otras, como la pedoantracología son más recientes y se aplican desde hace unas pocas décadas. Todas ofrecen una información relevante, pero al mismo tiempo parcial o incompleta por sí solas, de ahí la necesidad de una visión complementaria y global (fundamental para la reconstrucción paleoambiental pleistoceno-holocena en las montañas atlánticas) que puede afianzarse, sin duda, a través de obras como esta.

Así pues, fruto de la reflexión colectiva y del intercambio de ideas es este libro que versa sobre las montañas atlánticas y sus paisajes, en pureza, sobre la evolución paleoambiental y geohistórica conocida mediante la aplicación métodos y técnicas de análisis variados.

En el primer capítulo, el Dr. Marc Sánchez-Morales del departamento de Geografía de la Universidad Autónoma de Barcelona efectúa una exhaustiva revisión del conocimiento paleoecológico de la región de Cantabria, merced al análisis de tres factores o componentes: la evolución climática, las etapas culturales de la ocupación humana y la dinámica del paisaje vegetal. En el trabajo se sintetizan algunas de las líneas de investigación que el Grup de Recerca en Àrees de Muntanya i Paisatge (GRAMP) ha desarrollado en la Cordillera Cantábrica y otras montañas peninsulares, muchas veces en colaboración con otros organismos o grupos de investigación como el de Estudio y Gestión del Medio Natural (GIMENA) o el de Géographie de l'environnement (GEODE).

En el segundo capítulo, el Dr. Salvador Beato Bergua del departamento de Geografía de la Universidad de Oviedo realiza, en primer lugar, un estado de la cuestión sobre los registros paleoambientales en Asturias y posteriormente analiza la evolución del paisaje en el Macizo Central Asturiano, en concreto, en la Sierra del Aramo a partir de sondeos pedoantracológicos, consistentes en el estudio y la datación de carbones vegetales hallados en suelos altimontanos y subalpinos. Del mismo modo, plantea algunas perspectivas de futuro tras la aplicación de esta técnica en otros enclaves asturianos a mayor y menor altitud.

En los dos capítulos se aportan referencias a otros estudios llevados a cabo en enclaves atlánticos o de otro tipo, donde la aplicación de diversas técnicas y metodologías de forma combinada están sirviendo para precisar el conocimiento paleoecológico. De este modo, conforman un estado de la cuestión sumamente exhaustivo y actualizado que servirá de guía a investigaciones posteriores y a las personas interesadas en estas cuestiones tan de

actualidad debido a los procesos originados en el seno del sistema mundo. Efectivamente, para conocer y valorar adecuadamente el patrimonio actual, así como para su conservación futura en un marco inestable como el del cambio climático, necesitamos saber cómo fue la evolución pasada del espacio geográfico y hacia dónde se puede dirigir.

Por último, deseo expresar mi gratitud al Vicerrectorado de Investigación de la Universidad de Oviedo que subvencionó la reunión y la publicación de este libro, así como al departamento de Geografía y al Observatorio del Territorio por su colaboración. También agradezco el esfuerzo de los autores por la aportación de los resultados de sus investigaciones.

El editor

Palaeoecological review of the climatic, cultural and plant landscape dynamics of the Cantabrian region

Revisión paleoecológica de la dinámica climática, cultural y del paisaje vegetal de la región cantábrica

Marc Sánchez-Morales

Department of Geography, Edifici B, Facultat de Filosofia i Lletres, Universitat Autònoma de Barcelona, 08193, Cerdanyola del Vallès, Bellaterra, Spain.

Faculty of Science, Technology and Engineering, Universitat de Vic – Universitat Central de Catalunya, 08500, Vic, Spain.

Resumen: La región del noroeste peninsular Ibérico ha demostrado ser un excelente laboratorio a campo abierto para el estudio de las dinámicas del paisaje vegetal a lo largo del tiempo. El gran número de cuevas, lagos y turberas, entre otros yacimientos existentes en la región, ha permitido el análisis de múltiples registros sedimentarios y arqueológicos a partir de técnicas palinológicas, análisis de carbones sedimentarios y de otros indicadores paleoambientales. En este sentido, durante las últimas décadas se han aportado distintas evidencias sobre cómo han evolucionado las comunidades vegetales durante el Último Periodo Glacial y el Holoceno. Además, también se han estudiado factores clave implicados en la configuración del paisaje, tales como el clima, los incendios o las distintas fases culturales que han tenido lugar en la región. Con el fin de contextualizar en qué punto se encuentra el conocimiento paleoecológico del noroeste peninsular Ibérico y más en concreto el de la región de Cantabria, el presente trabajo revisa el estado de la cuestión de tres grandes temáticas paleoambientales: la

evolución del clima, las etapas culturales del ser humano y el estudio de las dinámicas del paisaje vegetal a partir de registros paleoecológicos.

Palabras clave: Península Ibérica, Cantabria, Último Periodo Glacial, Holoceno, Dinámicas del paisaje vegetal, Paleoecología, Clima, Influencia antrópica, Geografía histórica ambiental.

Abstract: The northwestern Iberian Peninsula has proved to be an excellent open field laboratory for the study of plant landscape dynamics over time. The large number of caves, lakes and peat bogs, among other sites in the region, has allowed the analyses of multiple sedimentary and archaeological records using palynological techniques, sedimentary charcoal analyses and other palaeoenvironmental indicators. In this sense, over the last few decades, different evidence has been provided on how plant communities evolved during the Last Glacial Period and the Holocene. In addition, key factors involved in the configuration of the landscape have also been studied, such as climate, fires or the different cultural phases that have taken place in the region. In order to contextualise the current state of palaeoecological knowledge of the northwestern Iberian Peninsula and more specifically of the Cantabrian region, this work reviews the state of the art of three major palaeoenvironmental topics: the evolution of climate, the cultural stages of human beings and the study of the plant landscape dynamics based on palaeoecological records.

Key words: Iberian Peninsula, Cantabria, Last Glacial Period, Holocene, Plant landscape dynamics, Palaeoecology, Climate, Anthropogenic influence, Historical environmental geography.

PALAEOCLIMATOLOGY IN THE NORTH ATLANTIC REGION AND AN APPROACH TO THE CANTABRIAN RANGE

Glacial-Interglacial cycles and the Last Glacial Period

Climate during the Quaternary has been characterised by an alternation between cold and warm intervals. Such oscillations have been studied through several methods in fossil cores, and oxygen isotopes are one of the proxies most commonly used.

For ocean sediments, Lisiecki & Raymo (2005) presented a 5.3-Myr stack of 57 $\delta^{18}\text{O}$ records for all over the world (Fig. 1). The sequences were

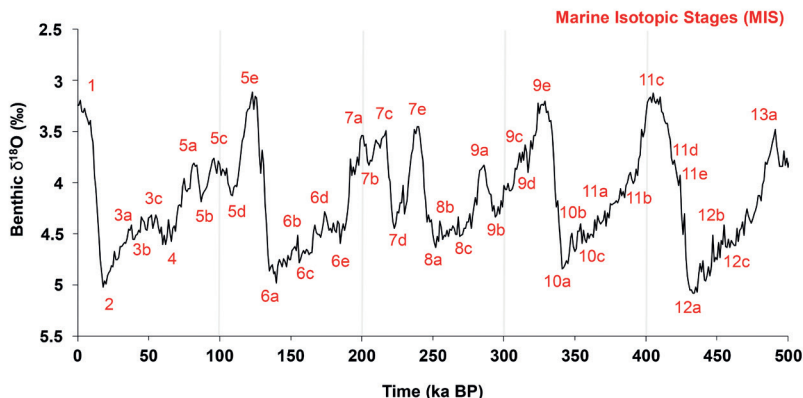


FIGURE 1. *Benthic $\delta^{18}\text{O}$ from the LR 04 stack for the 500 ka BP. In red: the onset of Marine Isotopic Stages (MIS) and substages identified within them. Adapted from: Lisiecki & Raymo (2005) and Railsback et al. (2015).*

globally well-distributed and covered the entire Quaternary period (Holocene and Pleistocene epochs) and the Pliocene epoch. In total, 104 Marine Isotopic Stages (MIS) were identified along the Quaternary. Some MIS were also subdivided into lettered substages considering fluctuations from other environmental proxies (e.g., pollen and loess), from both oceanic and non-oceanic records (Railsback et al., 2015). According to that classification, the Holocene corresponds to MIS-1 (c. 0 – 11.7 ka BP) and the Last Glacial Period, also known as the Würm Glaciation, encompasses the MIS-2 (c. 11.7 – 28 ka BP), MIS-3 (c. 28 – 60 ka BP), MIS-4 (c. 60 – 75 ka BP) and MIS-5a-d (c. 75 – 117 ka BP). MIS-5e (c. 117 – 130 ka BP), which is the oldest substage of MIS-5, corresponds to the Eemian interglacial.

Ice records have also registered detailed climate variability from the present to the Eemian interglacial. A climate classification was established from the study of oxygen isotopes into different periods, known as the Dansgaard–Oeschger (DO) events (Fig. 2; Dansgaard et al., 1982; Johnsen et al., 1992). These episodes were divided into Stadials (cold conditions) and Interstadials (warm conditions), and as well as marine isotopic stages, some of them were also subdivided. More specifically, the DO events detected in Greenland ice cores are known as Greenland Stadials (GS) and Greenland Interstadials (GI). A common nomenclature was established by the synchronisation of the GRIP, GISP2 and NGRIP Greenland ice cores (Fig. 2; Rasmussen et al., 2014; Seierstad et al., 2014). In total, 26 GS and 25 GI, with their corresponding subdivisions, were identified along the Last Glacial Period. Additionally, occasional events of massive ice-rafted debris (IRD) occurred during some Stadials as the result of North Atlantic glaciers melting, which are known as Heinrich events or Heinrich layers (Fig. 2; Heinrich, 1988; Bond et al., 1992; Hemming, 2004).

Within the Last Glacial Period, most ice sheets reached their maximum extent between c. 26.5 and 19 ka BP, a cold period which is known as the Last Glacial Maximum (Clark et al., 2009). The harsh conditions led to the extension of the ice and permafrost cover in northern Europe (Clark et al., 2002; Vandenberghe et al., 2014; Lindgren et al., 2016). In the Cantabrian range a glacier advance has also been detected between c. 22.5 to 18 ka BP, even though the greatest extension of glaciers (Local Last Glacial Maximum) occurred during the initial phases of the Würm glaciation (Frochoso et al., 2013; Ruiz-Fernández et al., 2016). At all events, the sea level reached its maximum depth throughout the Last Glacial Maximum, approximately 120 – 135 m deeper than nowadays (Lambeck et al., 2014). At a global scale, a stack of the sea level variations from the last 798 ka was reconstructed considering 12 ocean records (Fig. 2; Spratt & Lisiecki, 2016).

Environmental conditions became warmer after the Last Glacial Maximum. The Bølling-Allerød chronozone, which corresponds to the DO-1, was a warm period between 14.6 – 12.9 ka BP (Iversen, 1953). Within this episode, seven subevents were established within the GI-1, indicating climate variability over a brief period of time (Rasmussen et al., 2014). Between the Bølling-Allerød chronozone and the onset of the Holocene lies the last Stadal of the Last Glacial Period, the Younger Dryas (Iversen, 1953). It was a cold period triggered by the discharge of meltwater into the oceans (Fairbanks, 1989; Teller & Leverington, 2004), affecting the North Atlantic thermohaline circulation and subsequently

the atmospheric climate (Clark et al., 2001, 2002). Several studies have examined the impact that such climate variability had on the Cantabrian region through isotopic analyses of cave speleothems (Domínguez-Villar et al., 2008, 2009, 2017; Moreno et al., 2010a; Baldini et al., 2015, 2019; Smith et al., 2016; Rossi et al., 2018). The transition from the Bølling-Allerød chronozone to the Younger Dryas Stadial entailed a reduction in temperature ranging from 6 to 9 °C on the Cantabrian littoral, a significant temperature relapse that was accompanied by winter aridity (Figs. 2 and 3; Baldini et al., 2015, 2019).

The Holocene

The Holocene is the Interstadial that runs until today. The onset of this epoch is dated to 11.7 ka BP (Walker et al., 2009), when a strong climate shift occurred in a brief period of time. Climatologically, this event brought about alterations in atmospheric circulation (Steffensen et al., 2008) and air temperature, which was estimated to increase by about 10 ± 4 °C (Severinghaus et al., 1998; Grachev & Severinghaus, 2005) in less than 50 years (Taylor et al., 1997; Alley, 2000). As a result, several environmental proxies such as the $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ratio, ice chemistry and the dust accumulation rate registered sharp variations (Johnsen et al., 2001; Steffensen et al., 2008).

During the Holocene, glaciers have fluctuated in accordance with climate changes (Denton & Karlén, 1973; Thompson et al., 2009; Solomina et al., 2015). Similar to the Heinrich events, the coldest episodes were detected in North Atlantic sea records in the form of ice-rafted debris increases known as Bond events or Bond cycles (Fig. 3; Bond et al. 1997, 2001; Mayewski et al., 2004; Wanner & Bütikofer, 2008; Isono et al., 2009; Wanner et al., 2011). Two of these climate shifts, the 8.2 and the 4.2 ka events, were registered in a variety of fossil records from all over the world (Walker et al., 2018) and provided time boundaries for the establishment of a new Holocene division into three new stages / ages (Fig. 3): the Greenlandian (11.7 – 8.2 cal ka BP), the Northgrippian (8.2 – 4.2 cal ka BP) and the Meghalayan (4.2 cal ka BP – present; Walker et al., 2018, 2019). The first millennia of the Holocene were characterised by upward temperature (Marcott et al., 2013) and humidity (Morellón et al., 2018) trends until approximately 9500 cal yr BP, coinciding with the greater Holocene values of summer insolation in the Northern Hemisphere (Fig. 3; Berger & Loutre, 1991). During that period, meltwater pulsations continued triggering episodes of cold conditions (Teller & Leverington,

2004), which were shorter than the Younger Dryas Stadial. Due to their magnitude, the 11.4, 9.3 and 8.2 ka events stand out above other pulsations (Alley et al., 1997; Alley & Ágústsdóttir, 2005; Teller & Leverington, 2004; Fleitmann et al., 2008; Rasmussen et al., 2007, 2014). In the Cantabrian region, the period around the 9.3 ka event had especially dry summers, leading to conditions similar to the Mediterranean climate (Baldini et al., 2019), while the 8.2 ka event was also a dry interval (Domínguez-Villar et al., 2009; Smith et al., 2016; Rossi et al., 2018) with the coldest winters of the Greenlandian stage (Baldini et al., 2019).

During the Northgrippian, temperature gradually decreased in southern Europe following the falling summer insolation trend in the Northern hemisphere (Berger & Loutre, 1991) and unlike the warm stable conditions exhibited at European high latitudes (Davis et al., 2003; Marcott et al., 2013). After that period, a series of cold pulsations occurred during the last millennia derived from multiple factors such as volcanic eruptions and solar irradiance fluctuations (Wanner & Buetikofer, 2008). The 4.2 ka event is well detected in North Iberian records, yielding the lowest temperature of the Holocene and summer aridity (Smith et al., 2016; Baldini et al., 2019). Thereafter temperatures fluctuated giving

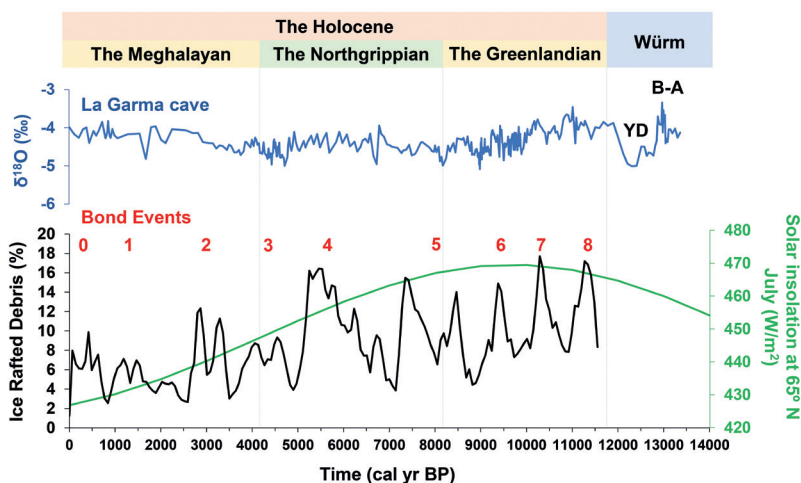


FIGURE 3. At the top: Holocene chronology based on Walker et al. (2018, 2019). In blue: hand-drilled $\delta^{18}\text{O}$ from La Garma cave speleothem (GAR-01), adapted from Baldini et al. (2019). “YD” and “B-A” refers to the Younger Dryas and to the Bolling-Allerød chronozone, respectively. Numbers in red: Bond events identified in Bond et al. (2001). Black line: Ice-Rafted Debris (IRD) index. IRD (%): Stack of MC52-V29191 + MC21-GGC22 (Adapted from Bond et al., 2001). Green line: Solar insolation of July at 65°N , adapted from Berger & Loutre (1991).

rise to several climate episodes whose chronology is well-defined on both the southern (Martín-Chivelet et al., 2011) and northern slopes of the Cantabrian range (Baldini et al., 2019). A first warm stage from 4000 to 3000 cal yr BP, including short cold pulsations in 3950, 3550 and 3250 cal yr BP, was followed by the Iron Age cold period (c. 2850 – 2500 cal yr BP) and the Roman warm period (c. 2500 – 1650 cal yr BP), both recording significant summer precipitations between 2800 and 1800 cal yr BP (Baldini et al., 2019). Following that oscillating trend, climate shifted again from the Dark Ages cold period (c. 1650 – 1350 cal yr BP, with a cold peak around 1500 cal yr BP), to the Medieval warm period (c. 1350 – 750 cal yr BP, with cold pulsations at 1250 and 850 cal yr BP) and to the last cold relapse, the Little Ice Age (LIA, 750 – 100 cal yr BP) (Martín-Chivelet et al., 2011). The 20th century started with ten of the Holocene's coldest years in Northern hemisphere mid-latitudes (Marcott et al., 2013), but temperature suddenly reversed its decreasing trend as a consequence of the greenhouse gases released into the atmosphere (Joos & Spahni, 2008), inducing the present global warming (Wanner & Buetikofer, 2008; Marcott et al., 2013).

CULTURAL DYNAMICS IN THE CANTABRIAN REGION SINCE THE PALAEOLITHIC

Lower Palaeolithic

The oldest fossil evidence of human occupation in the Cantabrian range dates from the Lower Palaeolithic (Fig. 4). In the Sima del Elefante cave (Atapuerca cave-sites in the Atapuerca karst Mountains, southern

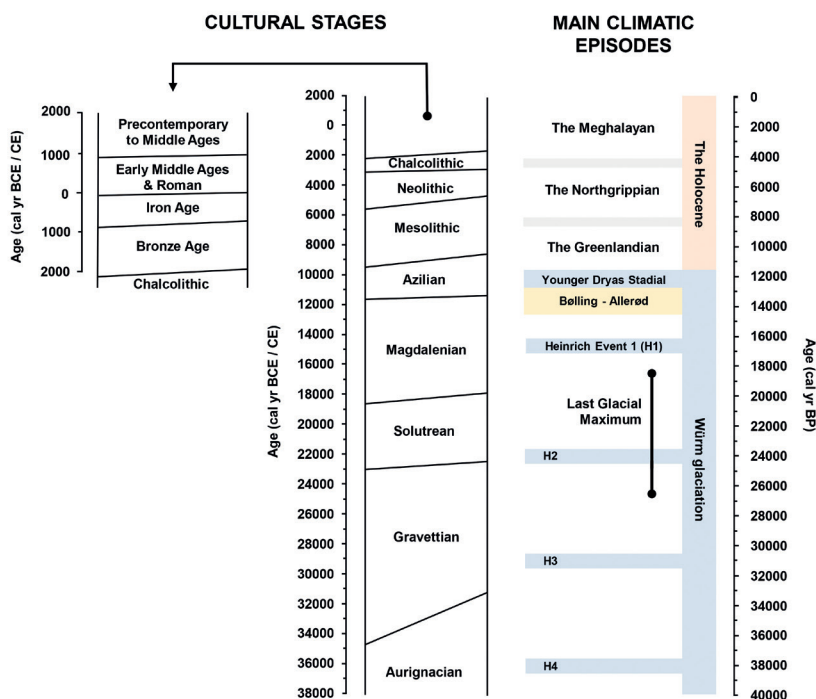


FIGURE 4. Cultural stages in Cantabria from 40,000 cal yr BP to the present and the climate characterisation of the sequence. Boundaries for the cultural stages have been drawn according to González-Sainz (1994), Rasilla-Vives & Straus (2004), González-Sainz & González-Urquijo (2004), Marín-Arroyo et al. (2018a) and Straus (2018b) for the Palaeolithic; González-Sainz & González-Urquijo (2004), Alday-Ruiz (2009), Fano et al. (2015) and Straus (2018a) for the Azilian, Mesolithic and Neolithic; Arias (1995), Ontañón (2003) and González-Rabanal et al. (2020) for the Chalcolithic; Marín-Suárez (2011) for the Bronze and Iron Ages; and Costa-García (2018) for the onset of the Roman Period. Climate: Heinrich events identified and discussed by Heinrich (1988), Bond et al. (1992) and Hemming (2004).

slope of the Cantabrian range, Burgos), some of the oldest Eurasian hominid remains are documented, dating back between 1.2 and 1.1 Myr BP (Carbonell et al., 2008). On the whole, the three main caves from the Atapuerca cave-sites, Sima del Elefante, Gran Dolina and Galería, contain hominid evidence within a range of at least 1 Myr (from 1.2 Myr to 200 ka BP; Falguères et al., 1999; Berger et al., 2008; Carbonell et al., 2008; Rodríguez et al., 2011), providing proof of the ancient presence of *Homo antecessor* and *Homo heidelbergensis* in the region. In the area equivalent to the modern Cantabrian province (hereinafter “Cantabria”), the archaeological sites from the Lower Palaeolithic date to a more recent time, most of them outdoor sites located close to the coastline (e.g., Cúebre, Oyambre, Ubiarco, Suances, Cuchía, Hondal, Usgo, Somocuevas, Rostrío and La Verde; Fig. 5; Solórzano et al., 1999). Nonetheless, the sites with the oldest hominid remains are caves. For example, El Monte Castillo is a karst formation that hosts multiple cavities (El Castillo, La Pasiega, Las Monedas, Las Chimeneas and La Cantera caves). Up to now, El Castillo has been the site with the oldest human presence in Cantabria. A stratigraphic level, separating materials from the Acheulean and Mousterian industries, was dated at 89,000 yr BP (Bischoff et al., 1992). However, two new dates from Abrigo Rojo (close to El Mirón cave, Ramales de la Victoria, Cantabria) have recently been analysed with an estimated age of 230 – 240 ka BP, within a level that contains faunal and lithic industry remains (personal communication of Manuel R. González Morales, Universidad de Cantabria).

Middle Palaeolithic

The colder conditions of the Last Glacial Period coincided with greater occupation of caves and rocky shelters in the region by both hominids and wild animals (Solórzano et al., 1999). These cavities host multiple fossil evidence of Neanderthals and Mousterian and Châtelperronian industries (such as bones, lithic materials, phytoliths and faunal remains) as well as of their coexistence with anatomically modern humans (AMH) and Aurignacian industry. AMH arrived in Eurasia at c. 45,000 cal yr BP, their presence overlapping with Neanderthals in western Europe for a period of between 2600 and 5400 years (Higham et al., 2014). In the northern Cantabrian range, the end of the Châtelperronian is estimated at around 42.4 – 41.8 cal ka BP (Marín-Arroyo et al., 2018a). In parallel, the Aurignacian spanned from 43.3 – 40.5 to 34.6 – 33.1 cal ka BP, followed by the onset of Gravettian industry at about 36.8 – 35 cal ka BP (Marín-

Arroyo et al., 2018a). Several archaeological sites from Cantabria cover these transitional epochs (Fig. 5), although some of them are still poorly documented (Muñoz-Fernández & Llamosas, 1987; Solórzano et al., 1999). The principal stratigraphic sequences are found in caves (Table 1; Fig. 5) and in the outdoor site of El Habario (Solórzano et al., 1999).

TABLE 1. *Principal caves with stratigraphic sequences covering the Lower and the Middle Palaeolithic in Cantabria.*

Cave	References
Cobranche	Cáceres, 2009; Fernández & Santamaría, 2009.
Covalejos	Maroto et al., 2012; Cáceres, 2013; Yravedra, 2013; Yravedra et al., 2016; Marín-Arroyo et al., 2018a; Jones et al., 2019; Sánchez-Hernández et al., 2019.
El Castillo	Straus, 1975; Cabrera-Valdés, 1984, 1996; Cabrera-Valdés & Bischoff, 1989; Rink et al., 1996, 1997; Cabrera-Valdés et al., 2000, 2002; Bernaldo de Quirós et al., 2006, 2010, 2015; Sánchez-Fernández & Bernaldo de Quirós, 2008; Wood et al., 2018; Jones et al., 2019; Garralda et al., 2019; Luret et al., 2020; Martín-Perea et al., 2022.
El Cuco	Muñoz-Fernández et al., 2007; del Río et al., 2011; Gutiérrez-Zugasti et al., 2013, 2018.
El Esquilieu	Baena et al., 2005, 2012, 2019; Yravedra, 2006, 2013; Manzano-Espinosa et al., 2005; Jordá-Pardo et al., 2008; Cabanes et al. 2010; Maroto et al., 2012; Uzquiano et al. 2012; Yravedra & Castanedo, 2014; Yravedra et al., 2014; Cuartero et al., 2015.
El Mirón	Cuenca-Bescós et al., 2008, 2009; Straus & González-Morales, 2007, 2012a, 2012b, 2016; Marín-Arroyo et al., 2018b, 2020.
El Ruso	Muñoz-Fernández, 1991; Muñoz-Fernández & Serna, 1994, 1999; Yravedra et al., 2010.
El Pendo	Carballo, 1960; Echegaray, 1980; Hoyos-Gómez & Laville, 1982; Ortega-Mateos, 1982; Pike-Tay et al., 1999.
Hornos de la Peña	Ríos-Garaizar et al., 2020.
La Garma	Ontañón, 2003; Álvarez-Fernández, 2007.
Morín	Altuna, 1973; Echegaray et al., 1973; Freeman, 1978, 1983; Pike-Tay et al., 1999; Maíllo-Fernández, 2001; Maíllo-Fernández et al., 2001, 2014; Yravedra & Gómez-Castanedo, 2010; Maroto et al., 2012; Yravedra, 2013; Bradtmöller, 2015; Bradtmöller et al., 2016.

Furthermore, many of these cavities presented various artistic paintings ranging from the Middle to Upper Palaeolithic (Bicho et al., 2007), such as the decorated bone discs in the caves of El Linar and Las Aguas (de las Heras et al., 2008) and varied rock art representations in Altamira (García-Diez et al., 2013; Cuenca-Solana et al., 2016), La Garma archaeological complex (Arias et al., 2000, 2011; Arias & Ontañón, 2014; Pettitt et al., 2014) and the caves of El Castillo, Las Monedas, Las Chimeneas and La Pasiega (Fig. 5; Alcalde del Rio, 1906; Alcalde del Rio

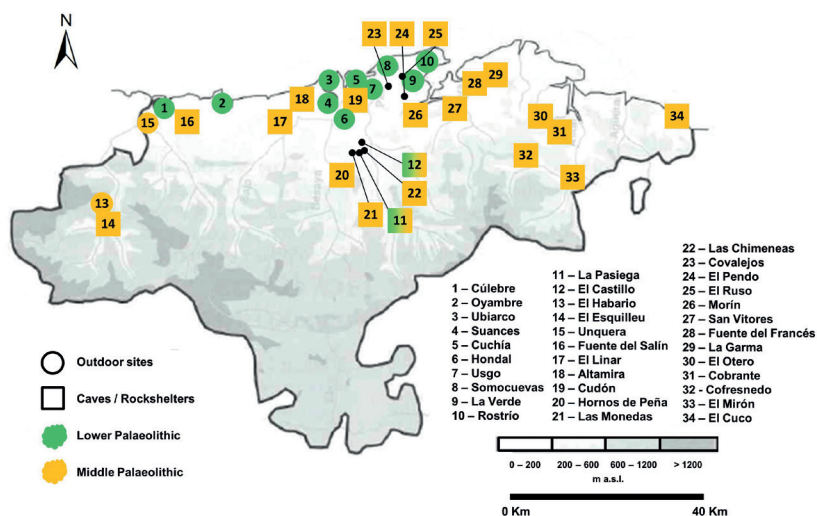


FIGURE 5. Main archaeological sites covering the Lower and the Middle Palaeolithic in Cantabria. Adapted from Solórzano et al. (1999) and completed with the sites mentioned in the text.

et al., 1912; Valladas et al., 1992; Pike et al., 2012; García-Diez et al., 2015; Pettitt et al., 2014; d’Errico et al., 2016). In particular, a U-Th dating from a carbonate crust overlying a cave painting at La Pasiega indicated a minimum age of 64.8 ka BP, which would attribute the origin of cave paintings to Neanderthals (Hoffman et al., 2018a). However, this statement has generated controversy among the scientific community and the discussion about the chronological data’s reliability and their archaeological meaning is still ongoing nowadays (Slimak et al., 2018; Hoffman et al., 2018b, 2020; White et al., 2019).

The faunal remains documented in the caves suggest that Middle-Palaeolithic Cantabrian society was mainly hunter-gatherer. Broadly, no

major differences have been detected between the diet of Neanderthals and the first *Homo sapiens* (Yravedra et al., 2016). In the case of the northern Cantabrian range, hunting bison, deer and horses seems to have been common between the Mousterian and the Gravettian, which was later joined by hunting smaller-sized ungulates such as caprids (Solórzano et al., 1999; Rasilla-Vives & Straus, 2004; Yravedra, 2013). Also, shellfish exploitation has been documented since Mousterian / Aurignacian times (Gutiérrez-Zugasti et al., 2013, 2018) and continued through the Gravettian (Álvarez-Fernández, 2007).

Upper Palaeolithic

During the Last Glacial Maximum (c. from 26.5 to 19 ka BP), the increment of the ice and permafrost cover in northern Europe (Clark et al., 2002; Vandenberghe et al., 2014; Lindgren et al., 2016) triggered massive human migrations towards southern regions (Banks et al., 2008). The Iberian Peninsula, for example, became a climate refuge (Banks et al., 2008) and Solutrean settlements increased, most of them located in coastal areas (Aura et al., 2012). More precisely, there is human evidence in regions rich in indoor sites such as caves and shelters, especially those close to watercourses to facilitate the collection of water and wood from riparian vegetation (Straus, 2015). Outdoor sites have been poorly documented (Solórzano et al., 1999), while most cavities occupied during the Gravettian continued to host human groups during Solutrean industry (Corchón-Rodríguez, 1999; Rasilla-Vives & Straus, 2004; Straus et al., 2012; Maíllo-Fernández et al., 2014; Straus, 2015; Ríos-Garaizar et al., 2020). Although the weather was cold, subsistence activities remained diversified with prey such as birds, shellfish and fish from rivers and estuaries (Rasilla-Vives & Straus, 2004; Álvarez-Fernández & Fernández-García, 2013).

During the Magdalenian, the development of lithic tools, such as harpoons in the Upper stages, was facilitated through the use of flint and derivatives which led to a further intensification of hunting (González-Sainz & González-Urquijo, 2004). In this respect, some large carnivores disappeared from the Cantabrian region due to hunting pressure (Castaños, 1992). The Red deer (*Cervus elaphus*) was the main prey during the first millennia (González-Sainz & González-Urquijo, 2004; Portero et al., 2019), especially documented in archaeological sites close to the current shoreline (<9 km) and below 200 m from the current sea level. By contrast, the Iberian ibex (*Capra pyrenaica*) was dominant at higher altitudes (Portero et al., 2019). Other food sources such as shellfish were also exploited

(Álvarez-Fernández, 2010). Additionally, important developments were made in terms of meat treatment and conservation, representing key factors in understanding the population growth (González-Sainz & González-Urquijo, 2004). Together with the warmer climate conditions, especially during the Bølling-Allerød chronozone (GI-1), communities grew up across the Cantabrian region and new cavities were occupied (Fig. 6; González-Sainz, 1989; González-Sainz & González-Urquijo, 2004; Chauvin, 2007; Chauvin et al., 2018; Fano et al., 2020). In particular, human groups expanded towards mid-mountain areas (0 – 700 m a. s. l.) along the Upper Magdalenian and the first stages of the Azilian, achieving increasing control of landscape with important migration rates among sites (Fernández-Tresguerres, 2004; González-Sainz & González-Urquijo, 2004). Economic activities between the Cantabrian region, the Pyrenees and south-western France became frequent, as evidenced by the exchange of art pieces, tools and several valuable objects (Sauvet et al., 2008; Straus & Langlais, 2020; Lefebvre et al., 2021). Cave art was also particularly relevant during the Magdalenian (González-Sainz, 2007, 2012), especially because the paintings with the most recent radiocarbon dates belong to that period (three radiocarbon dates of paintings between 14,000 and 13,600 cal yr BP in Las Monedas cave: González-Sainz, 2005).

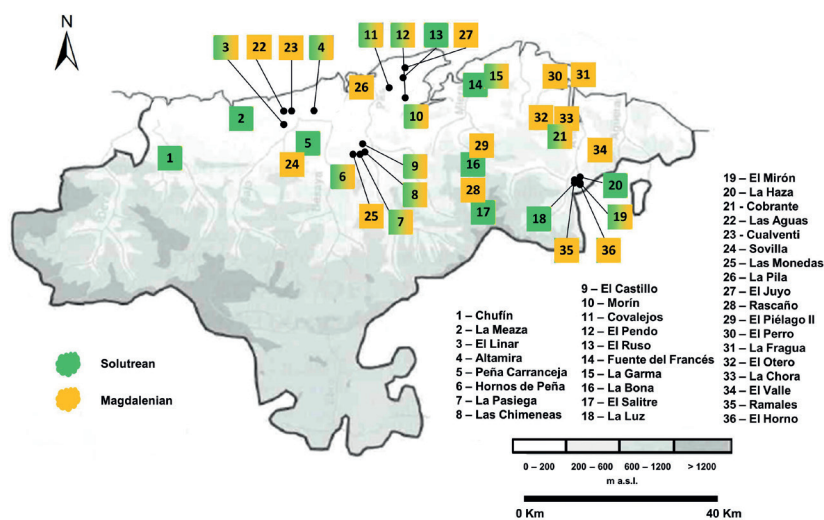


FIGURE 6. Main archaeological sites covering the Solutrean and Magdalenian cultural stages in Cantabria. Adapted from Solórzano et al. (1999) and completed with sites described in Rasilla-Vives & Straus (2004) for the Solutrean and González-Sainz & González-Urquijo (2004) for the Magdalenian.

Azilian and Mesolithic

The Azilian refers to the Epipalaeolithic culture developed in several eastern sites in the northern Cantabrian range among other European regions. It encompassed the second half of the Bølling-Allerød chronozone (\approx since the Greenland Interstadial 1c), the Younger Dryas Stadial (GS-1) and the first stages of The Holocene. Technologically, the decrease in tool size and variety represented an important shift with respect to the Magdalenian (Fernández-Tresguerres, 2006), and the reduction in artefacts made of bones is especially significant (Fernández-Tresguerres, 2004). However, small-size stone tools, also known as microliths, started to spread during that time. The diagnostic tool of the period was a flat harpoon instead of the circular harpoon characteristic of the Upper Magdalenian. Thus, human populations still based their economies on hunter-gatherer activities (Fernández-Tresguerres, 2004). Human presence was detected at high altitudes of the northern Cantabrian range, for example in the Portugain rock shelter (920 / 940 m a. s. l., Navarra) and the Urratxa III cave (1015 m a. s. l., Vizcaya; Barandiarán et al., 2006). However, there are no documented sites within this altitude range in Cantabria. Moreover, similar to the decrease in tool variety, artistic expression was also drastically reduced with only a limited number of art pieces in comparison to earlier ages (Fernández-Tresguerres, 2006). Altogether, however, all these changes seem to have come about progressively, while the Younger Dryas Stadial does not appear to have marked a clear boundary in cultural progression (Straus, 2011, 2018a).

The microlith industry continued to grow on the eastern side of the northern Cantabrian range during the Mesolithic (Alday-Ruiz & Cava, 2009; Soto et al., 2015), while a new cultural phase, the Asturian, was settled on the most westerly side (there are only a few Asturian sites on the most westerly side of Cantabria). In Cantabria, 256 non-Asturian sites have been documented, the largest concentration of which was found close to the coastline and along the littoral plain, although some interior valleys were also frequented. The maximum altitude was achieved by three sites at between 650 and 750 m a. s. l. (Pérez-Bartolomé, 2019).

In terms of climate, temperature followed an upward trend during these millennia (Marcott et al., 2013). Accordingly, the sea level continued rising as it had done since the Last Glacial Maximum (Spratt & Lisiecki, 2016), which would have progressively affected some ancient migratory routes between Cantabria, the Basque country and France (Straus, 2018b). Also, the 9.3 and 8.2 ka climate events occurred during the Mesolithic,

both shorter than the Younger Dryas Stadial. The 9.3 ka event brought very dry summers in Cantabria while during the 8.2 ka event winters were especially harsh (Baldini et al., 2019). Considering the archaeological records, however, these events do not seem to have led to significant social changes in the region (Straus, 2018a), contrary to what happened in dryer areas in the Mediterranean basin (Berger & Guilaine, 2009). In the Iberian Peninsula, for example, human populations migrated from the Lower Aragón to more humid northern areas during the centuries after the 8.2 ka event, leaving an archaeological silence with no known human evidence until the Neolithic period (González-Sampériz et al., 2009).

Neolithic

One of the most striking aspects of the Neolithic period was the transition from hunter-gatherer to farmer societies (Arias, 1991) which took place along the Cantabrian range at between 7700 – 6800 cal yr BP (Fano et al., 2015). There seems to be evidence that these activities were introduced by foreign human groups, although it remains unclear whether the migrations came from the Pyrenees (Zapata, 2000; Zapata & Peña-Chocarro, 2005) or the Ebro Valley (Arias, 2007). In this respect, radiocarbon dates place the oldest cereal remains from the northern Cantabrian range at between c. 7000 and 6000 cal yr BP (Table 2), some centuries after the first documented evidence in Iberian Mediterranean sites (Alday-Ruiz, 2009; Pérez-Obiol et al., 2011). In particular, up to four different cereals have been identified in the region, namely einkorn, emmer, barley and wheat (Zapata et al., 2004), while their concentration was lower than in other Iberian sites (Straus, 2018a). Likewise, the domestication of animals for human consumption went hand in hand with the onset of agriculture. The oldest domesticated fauna remains date approximately from 6900 to 6500 cal yr BP (Cubas & Fano, 2011). Among other species, cows, pigs and ovicaprid fauna have been identified as part of the diet composition of Cantabrian Neolithic and Chalcolithic human groups (Arias, 2005; Aranburu-Mendizabal et al., 2018; Sarasketa-Gartzia et al., 2018; Jones et al., 2019; González-Rabanal et al., 2020). However, ancient activities such as animal hunting and gathering of marine resources and wild plants persisted significantly after the introduction of agricultural practices in many settlements (Cubas et al., 2016). Thus, it is believed that both traditional and farmer human groups lived together for at least 500 years in the Cantabrian region before the establishment of more developed agricultural societies (Fano et al., 2015). Additionally and also related

to the latter developments, ceramic utensils spread during the Neolithic (Alday-Ruiz, 2009). Their origin is probably linked to farming activities as they may have been used as storage for surplus food or as containers to facilitate trading among human groups (Orton et al., 1997).

As a whole, the Neolithic archaeological record may seem limited in Cantabria with only a few documented sites, such as the caves of El Mirón (Straus & González-Morales, 2012a, b), Los Gitanos (Ontañón et al., 2013) and La Calvera Hut (Diez-Castillo, 1996). However, a funerary ritual introduced in the form of megaliths reveals intense anthropic occupation. In particular, approximately 1250 megaliths have been documented in the northern Cantabrian range, distributed from sea level to more than 1800 m a. s. l. (Arias et al., 2005). The propagation of these funerary monuments occurred rapidly after their introduction, which is dated at around 6550 – 6200 cal yr BP (Fano et al., 2015).

To conclude, all these socioeconomic breakthroughs triggered changes in food resource exploitation and yielded more cohesive human communities, resulting in the appearance of prominent settlements around Europe (Sherratt, 1995).

TABLE 2. *Documented cereal evidence from the modern provinces of the Northern Cantabrian range (Asturias, Cantabria and the Basque Country).*

Region	Site	Type of evidence	Oldest documented age (cal yr BP)	Reference
Basque Country	Lumentxa	Seed	6178 – 5747	Zapata (2002)
	Kobaederra	Seed	6658 – 6219	Zapata (2002)
		Seed	6308 – 5938	Zapata (2002)
		Pico Ramos	Seed	6280 – 6004
	Herriko	Pollen	7156 – 6661	Iriarte-Chiapusso et al. (2005)
	Barra	Pollen	7153 – 6539	Iriarte-Chiapusso et al. (2005)
	Los Husos	Pollen - Seed	7172 – 6849	Iriarte-Chiapusso (2009)
Cantabria	El Mirón	Seed	6484 – 6016	Peña-Chocarro et al. (2005)
		Seed	6821 – 6357	Peña-Chocarro et al. (2005)
		Seed	6406 – 6287	Peña-Chocarro et al. (2005)
	La Molina	Pollen	6735 – 6495	Pérez-Obiol et al. (2016), Sánchez-Morales et al. (2022)
Asturias	Monte Areo	Pollen	6736 – 6495	López-Merino et al. (2010)

Chalcolithic, Bronze and Iron Ages

As noted by Blanco-González et al. (2018), later Prehistory has been less studied than the Palaeolithic period in the Cantabrian range, which also started after it did in the Mediterranean basin. However, several significant new factors are worth emphasising.

During the Chalcolithic, human presence spread over the entire Cantabrian region, with a geographical level of organisation comprising a similar extension to the modern Spanish comarcas (Ontañón, 2015). Economic activities continued to be based on agricultural and farming practices (Ontañón, 2015), thus solidifying the model introduced during the Neolithic with increasing anthropic pressure on the landscape. Evidence of domestic animals increased during this period (Ontañón, 2003; Altuna & Mariezkurrena, 2009), in particular cattle and pigs, as documented in sites such as El Mirón cave (Altuna & Mariezkurrena, 2012) and La Castañera rocky shelter (Vega-Maeso et al., 2016). Although hunting of wild animals decreased significantly (Ontañón, 2000), traditional activities did not disappear. Thus, Cantabrian Chalcolithic industry produced a great quantity of lithic projectile points. Their function varied since they could well be used to hunt, forming part of the arrows of the remaining hunter groups, or also employed as offerings in funerary rituals (Ontañón, 2002). These artefacts have been found around megaliths, which continued to be important funerary elements, but also in caves (Ontañón, 2002). This is due to the fact that caves and shelters started to be used as burial sites, which in turn went hand in hand with the progressive decrease in human occupation (Ontañón & Armendáriz, 2005). Along with many other sites, the Los Avellanos I and II caves (Cantabria) are examples of these funerary rituals (González-Rabanal et al., 2020).

As a whole, all changes mentioned above should be framed within the scenario of climate stability. The most relevant oscillation took place during the 4.2 ka event, which did not significantly affect anthropic activity (Balseira et al., 2015; Blanco-González et al., 2018).

By the end of the Chalcolithic, industry shifted as metal pieces started to be developed. Although copper (Cu) deposits were irregular and scarce in Cantabria (Mantecón, 2000), metal exploitation was particularly important on the westernmost side of the Cantabrian range. For example, the Aramo range (Asturias) provided great quantities of copper (Blas-Cortina, 2014). Thus, the first metal utensils consisted of this element, which was alloyed with arsenic (As) by the first half of the second millennium BCE (Early Bronze Age). After that, copper was alloyed with

other materials in the Bronze Age, first with tin (Sn) to obtain Bronze, and thereafter with tin and lead (Pb), albeit ternary alloys seem to have been poorly developed in Cantabria (Arias et al., 2005). In parallel, the first fortified structures of the Iberian Peninsula, which are in some cases referred to as Castros, were built during the Chalcolithic. However, it was not until the Late Bronze Age when the first fortifications were erected in the Cantabrian region (e.g., Castro de la Garma dates from 1400 BCE: Obregón-Goyarrola, 2010).

Contrary to the case of copper, Cantabria hosted several iron mines, especially in its central and eastern sectors (Mantecón, 2000). The development of iron metallurgy led to a diversification of weapons and warlike equipment (Torres-Martínez, 2010). Also, fortified structures became more numerous during the Iron Age and the Roman period when wars and battles started to take place between peoples. In this respect, most fortifications were placed at high altitudes to have good visibility over and control of the surrounding territories. Thus, settlement distribution shifted until the Middle Ages, when they were again placed along interior valleys. The modern comarca of Campoo, with an average altitude above 1000 m a. s. l., is the Cantabrian area with more documented Castros (Obregón-Goyarrola, 2010).

From the Roman period to the present

In Cantabria, the end of the Iron Age is delimited by the invasion of the Roman Empire, which took place after a series of battles between 29 and 19 BCE known as the Cantabrian Wars (Costa-García, 2018). The Roman troops entered the Cantabrian region from the southern slope of the Cantabrian range divided into two main battlefronts with the aim of taking control of Noega (Gijón, Asturias) and Portus Victoriae (Santander, Cantabria). In both cases, mountain areas became the battlefield of the wars where a great number of roads were also built to facilitate the advance of troops (Peralta-Labrador et al., 2019).

The process of Romanisation was a culture shock in Cantabria as it brought a new hierarchical social system and gender inequality which has not been detected in previous ages (Marín-Suárez & González-Álvarez, 2011). Otherwise, traditional mining works continued to be important during that time, with a total of 10 Roman mines located along the central sector of the littoral plain (Fig. 7). The extractions were principally of iron (hematite and goethite ores), lead (galena and cerussite, also containing a

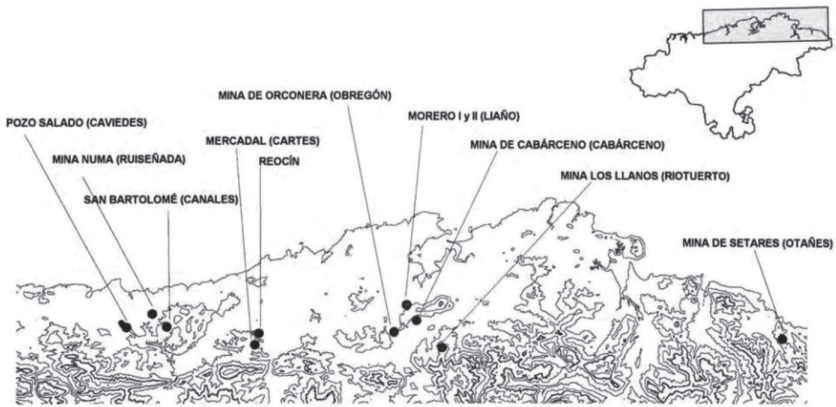


FIGURE 7. Location of Cantabrian mines exploited during the Roman period. Retrieved from Mantecón (2000).

variable proportion of silver which was difficult to separate), calamine and probably some salt mines which were exploited as well (Mantecón, 2000). Gold mines, by contrast, were more abundant in Asturias and Galicia (Lewis & Jones, 1970; Spiering et al., 2000).

The Roman Empire began to lose its power in the early 400s CE. Two Germanic groups, the Sueves and the Vandals, together with the Alans, a people from further east (probably Iranian), crossed the Pyrenees in 409 CE and took control of some Iberian points. The Visigoths, a Germanic group allied to the Romans, regained territory after fierce battles during the 5th and 6th centuries and established the Visigoth Kingdom in the Iberian Peninsula (Collins, 2004). Afterwards, the Middle Ages brought a Christian monarchy to Cantabria for the first time, the Kingdom of Asturias, which encompassed the north-western part of the Iberian Peninsula. The most prominent buildings of the Middle Ages were castles that were deployed around various areas of Cantabrian territory depending on the period. The oldest were constructed on mid-mountain areas, while between the 8th and 11th centuries CE the fortifications returned to high altitudes, similar to the Iron Age distribution. Around the 14th and 15th centuries, however, castles were mostly sited in low valleys, close to villages or in them (Martínez & Mantecón, 2012).

In terms of economic activities, maritime industry gained importance in Cantabria during the Middle Ages, which led to a greater need for iron and wood. The importance of this industry was such that the Crown of Castile gave preferential treatment to operations in the Cantabrian Mountains in 1335 CE (Corbera, 1999). Here major breakthroughs were

made by using charcoal as fuel instead of freshly-cut wood during the 12th-13th centuries CE, resulting in a calorific power increase (García-Alonso, 1999). In Europe, the first hydraulic finery forges date from the 12th century CE. Although it is estimated that they were introduced into the Iberian Peninsula during the 13th century CE it was not until the 14th century CE that they are documented in Cantabria closely linked to the shipbuilding industry, and increased significantly during the 15th century CE (Corbera, 1999; Cuerno, 2001). The time of maximum charcoal demand, however, is documented as from 1622 CE, when a cannon industry was constructed in the towns of Liérganes and La Cavada (García-Alonso, 1999). Charcoal kilns were widely scattered across the territory by that time, resulting in significant levels of deforestation (García-Alonso, 1999).

During the 17th century CE, a socioeconomic crisis hit Spain and also Europe on a larger scale. The iron industry withstood the crisis owing to its importance until 1850 – 1870 CE, when iron production decreased in Cantabria due to the depletion of forest resources and the boom in foreign sources of supply (Corbera, 1999). In accordance, the use of charcoal kilns progressively decreased during the middle of the 19th century CE (García-Alonso, 1999).

THE STUDY OF THE CANTABRIAN LANDSCAPE'S EVOLUTION BASED ON PALEOLIMNOLOGY

Due to the great variety of data, multiproxy paleolimnological studies have become more numerous in recent times, emerging as useful tools to better characterise past environmental dynamics (Birks & Birks, 2006; Michelutti & Smol, 2013). The number of studies in the north-western Iberian Peninsula has steadily increased over the last century, both in the Atlantic and Mediterranean biogeographical regions (Fig. 10; Table 3). This has been possible owing to the large number of glacial lakes (Jiménez & Farias, 2005) and peat deposits (Martínez-Cortizas et al., 2000, 2009; Ramil-Rego et al., 2018) in the area. The sequences with the longest chronology in the Iberian north-west, however, are the ones obtained from two marine records (MD03-2697 and MD99-2331) which were sampled in the Atlantic Ocean and have a bottom age of 340 ka BP (Gouzy et al., 2004; Sánchez-Goñi et al., 2005, 2008; Naughton et al., 2007; Desprat et al., 2009).

In the Cantabrian range, the reconstruction of plant dynamics has been enabled by the large number of palynological records studied (Fig. 10; Table 3). From west to east, the sequences of Laguna de Lucenza (Aira-Rodríguez, 1986; Santos-Fidalgo et al., 1997; Muñoz-Sobrino et al., 2001), Villaseca de Laciana (Jalut et al., 2010), La Mata (Jalut et al., 2010), Lago de Ajo (Allen et al., 1996), Puerto de Tarna (Ruíz-Zapata et al., 2000), Puertos de Ríofrío (Menéndez-Amor & Florschütz, 1963) revealed an open area with a large presence of xerophytes during some intervals of the Last Glacial Period above 1000 m a. s. l. The same landscape was inferred on the northern slope of the Cantabrian range from the record of La Molina peat bog (Cantabria, 484 m a. s. l., Sánchez-Morales et al., 2022). A few more records from Burgos (north-eastern Castile and León), such as La Piedra (Ramil-Rego et al., 1998) and San Mamés de Abar (Iriarte-Chiapusso et al., 2001), documented a higher presence of pines and birches, while the dominance of pines becomes more evident in the northern Iberian System as indicated by the papers on Hoyos de Iregua (Gil-García et al., 2002), Laguna del Hornillo (Gómez-Lobo et al., 1996), Laguna Negra (Von Engerlbrecthen, 1998), Lago Las Pardillas (Sánchez-Goñi & Hannon, 1999), Quintanar de la Sierra (Peñalba, 1994; Peñalba et al., 1997) and Laguna Grande (Ruiz-Zapata et al., 2002a).

On the northern slope of the Cantabrian range, plant dynamics studies have revealed a generalised dominance of mixed deciduous formations over the Holocene epoch composed of deciduous *Quercus*, *Corylus* and *Betula* at some stages. In Asturias, the papers on El Alto de la Espina (López-Merino,

2009), Las Dueñas (López-Merino et al., 2006), El Monte Aro peat bogs (López-Merino, 2009; López-Merino et al., 2010) and Lake Enol (López-Merino, 2009) are the most relevant. In Cantabria, located in the eastern sector of the mountain system, the main sequences are those obtained from the peat bogs of Culazón (González-Pellejero et al., 2014), Pico Sertal (Mariscal, 1986; Carracedo et al., 2018), El Cueto de la Avellanosa (Mariscal, 1983; Núñez, 2018), Pico Ano (Salas, 1993), Alsa (Mariscal, 1993), Puerto del Escudo (Muñoz-Sobrino, 2001), Estacas de Trueba (Mariscal, 1987, 1989), Sotombo (Pérez-Díaz et al., 2016a), Los Tornos (Peñalba, 1994; Muñoz-Sobrino et al., 2005), La Nava (Menéndez-Amor, 1968) and La Molina (Pérez-Obiol et al., 2016; Sánchez-Morales et al., 2022). Some syntheses containing most of these paleobotanical records and also archaeological sites from the northern Iberian Peninsula were provided by Iriarte (2009) and Pérez-Obiol et al. (2011). Other paleobotanical syntheses have also been performed for the Western Pyrenees region (Pérez-Díaz et al., 2015) and for the Iberian Peninsula and Balearic Islands (Carrion, 2012).

Among all the mentioned sites, however, only a few studies considered the role of fire in the reconstruction of the Cantabrian landscape. This may lead to partial interpretations since fire is an important factor in the complex scenario between vegetation, climate and anthropic pressure (Harrison et al., 2010; Whitlock et al., 2010; Krawchuk & Moritz, 2011). The fire regime can be characterised by analysis of sedimentary charcoals. Charcoals are plant remains resulting from incomplete combustion (Whitlock & Larsen, 2001) that can be transported by wind over long distances (Radtke et al., 1991; Andreae, 1991). Some studies estimate that the smallest particles (<100 µm) can travel more than 100 km through the atmosphere (Conedera et al., 2009), while charcoal particles larger than 125 µm are mainly deposited within a 7-km radius (Whitlock & Millspaugh, 1996). Therefore, the study of sedimentary micro and macrocharcoals can provide insight into the fire regime on both a regional and local scale respectively. In Europe, analysis of multiple charcoal sequences allowed the determination of fire episodes that occurred simultaneously in different regions during some glacial and postglacial intervals and therefore might have been strongly influenced by climate conditions (Power et al., 2008; Daniau et al., 2010, 2012; Marlon et al., 2016). In the Cantabrian range, the oldest charcoal record is the obtained from La Molina peat bog, that covers the last c. 17,500 cal years (Sánchez-Morales et al., 2022). The lack of woody species during the Palaeolithic section of the record went hand in hand with the absence of significant fire events at a local scale, in accordance with other Iberian paleosites (Portugal: Connor et al., 2012; Central Pyrenees: Gil-Romera et al., 2014; Andalucía: Carrión, 2002). The first significant fire episode occurred during the early Holocene

coinciding with the 9.3 and the 8.2 ka events (Sánchez-Morales et al., 2022). “It has been shown that climate changes of this magnitude can cause major fires in a brief period of time (Daniau et al., 2019) since both temperature and humidity are acknowledged to be important factors in controlling biomass burning on a regional scale (Daniau et al., 2012). Power et al. (2008) also point out that increased seasonality during the early Holocene could have regulated the fire regime in the Northern Hemisphere” (Sánchez-Morales et al., 2022: 107373). Thus, the dry conditions of the 9.3 and the 8.2 ka events in the Cantabrian range (Domínguez-Villar et al., 2009; Smith et al., 2016; Rossi et al., 2018; Baldini et al., 2019) together with the fuel accumulation that took place during the early Holocene (Sánchez-Morales et al., 2022) were most likely responsible of the two fire episodes.

For the last 7000 years, the sequences obtained from El Sertal, El Cueto de la Avellanosa (Carracedo et al., 2018) and La Molina (Pérez-Obiol et al., 2016; Sánchez-Morales et al., 2022), all located in the eastern sector of the Cantabrian range, indicated intense use of fire from the Neolithic onwards coinciding with the onset of agricultural practices and the need to create forest openings, thus revealing an anthropic origin (Figs. 8 and 9). In La Molina, which is the study site located at the lowest altitude (484 m a. s. l.), important fire events were detected from 5800 to 3500 cal yr BP (Late Neolithic, Chalcolithic and Bronze Age) in the form of intense and frequent charcoal peaks and increases in charcoal content. The beginning of these fire events was accompanied by the appearance of *Calluna* and other Ericaceae (Pérez-Obiol et al., 2016) whose germination is stimulated by high temperatures (Reyes & Casal, 2000). Fire intensity was lower at a higher altitude range, especially in El Sertal (940 m a. s. l.) where sedimentary macrocharcoals were not continuously recorded until the Middle Ages, increasing sharply during the last 400 years. By contrast, in El Cueto de la Avellanosa (1320 m a. s. l.) the fire signals were constant from the beginning of the sequence, registering a rise at around 3600 cal yr BP.

Paleolimnology has also been applied in the Cantabrian region to determine the beginning and the main phases of former mining activities. This has been possible since the atmospheric pollution resulting from mining or metallurgy, as well as from other anthropic sources such as the combustion of coal or petrol and waste incineration, can result in trace metal (e.g., Pb, Hg, Fe, Zn) release and subsequent dumping in sedimentary deposits (Boyle, 2001). However, some caution is needed in the interpretation of trace metals since they may also come from other sources such as erosional processes and can be remobilised within the sedimentary layers due to redox conditions (Boyle, 2001). In this respect, it is interesting to look at

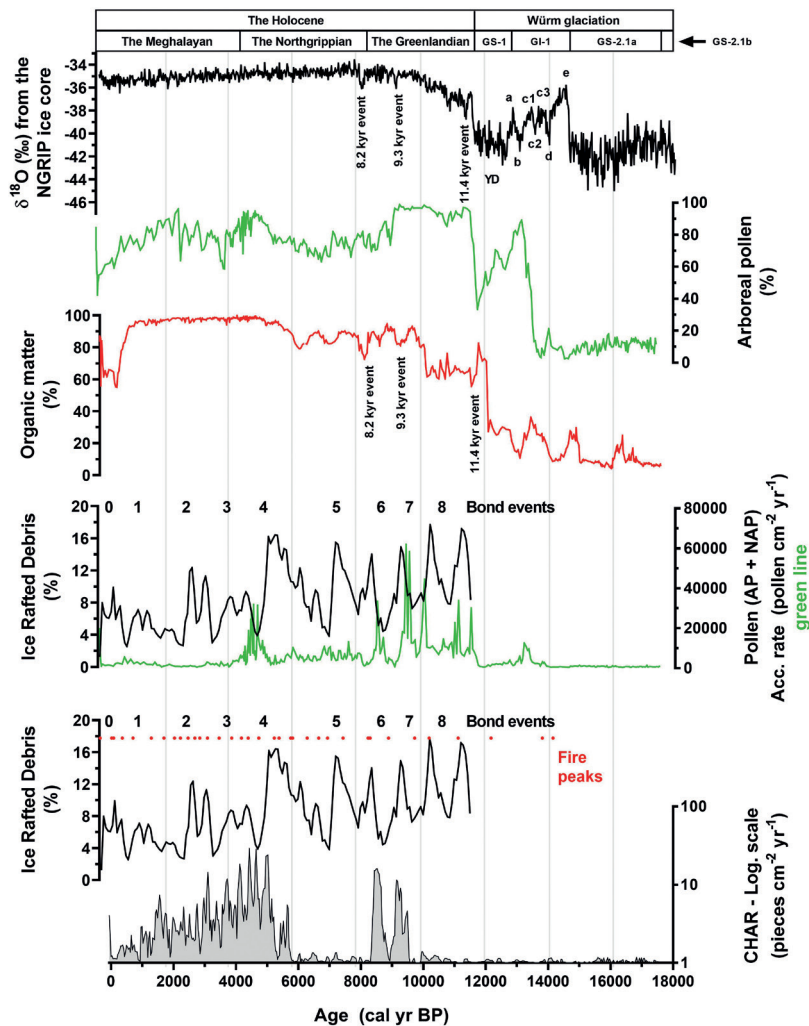


FIGURE 8. Comparison of CHAR, Ice Rafted Debris (IRD) index: Stack of MC52-V29191 + MC21-GGC22 (Bond et al., 2001), pollen accumulation rate (arboreal: AP + non arboreal: NAP) and organic matter of La Molina peat bog (Sánchez-Morales et al., 2022) and $\delta^{18}\text{O}$ from the NGRIP ice core, adapted from Rasmussen et al. (2014). At the top of the figure, the chronology for the Würm glaciation based on Greenland Stadials (GS) and Greenland Interstadials (GI) is shown (Rasmussen et al., 2014), and also the stages for the Holocene based on Walker et al. (2018, 2019). The Younger Dryas Stadial (YD), Heinrich event 1 (H1; Heinrich, 1988; Bond et al., 1992; Hemming, 2004) and the substages of the Greenland Interstadial 1 (a-e) are indicated. Retrieved from Sánchez-Morales et al. (2022).

the isotopic composition of Pb. This is a toxic element found in multiple anthropic emissions whose composition of stable isotopes varies depending on the primordial Pb, U and Th concentrations of the source and the lengths of the decay processes (Komárek et al., 2008). ^{204}Pb is a primordial lead isotope whose concentration on Earth does not vary over time, whereas ^{206}Pb , ^{207}Pb and ^{208}Pb isotopes are products of the radioactive decay of ^{238}U , ^{235}U and ^{232}Th respectively (Long, 1999). Therefore, each material containing Pb has a different isotopic signature and thus its exploration in sediments can provide a fine-tuned view of the sources of metal inputs.

In Asturias (north-western Cantabrian range), the study of a sedimentary sequence from La Molina mire detected evidence of mining activities from the beginning of the Chalcolithic (c. 4980 cal yr BP) in the form of important concentrations of trace metals and changes in lead isotopic composition (Martínez-Cortizas et al., 2013, 2016). In Cantabria former exploitations of iron and zinc ore deposits have also been documented, but to date there are no paleolimnological studies that have explored the sources and scale of the mining phases.

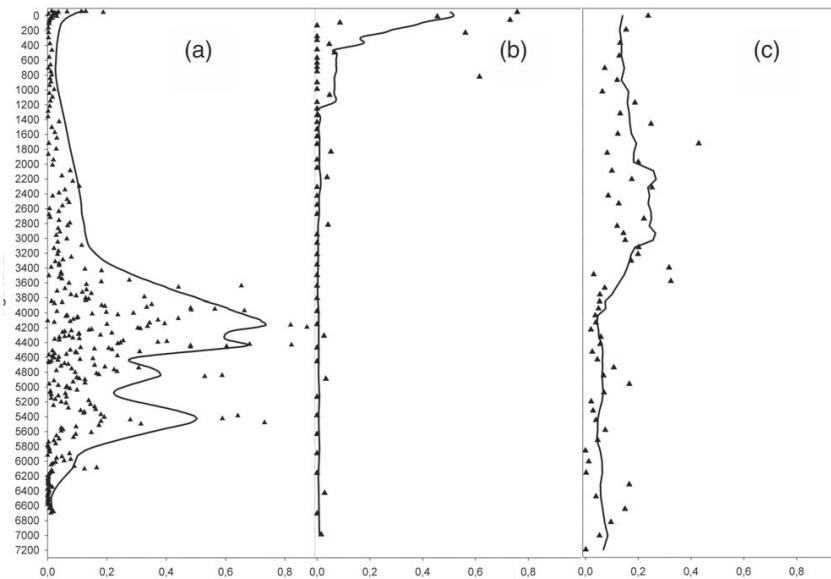


FIGURE 9. Comparison of the charcoal accumulation rate (CHAR) with rescaled and smoothed values from La Molina (a), El Sertal (b) and El Cueto de la Avellanosa (c). Over the past 7000 years, the intensity and chronology of fire events were unequal at the three sites studied, which can be interpreted as the result of asynchronous human activity in the high versus low mountain areas and also of the type of fuel involved in each zone. Retrieved from Carracedo et al. (2018).

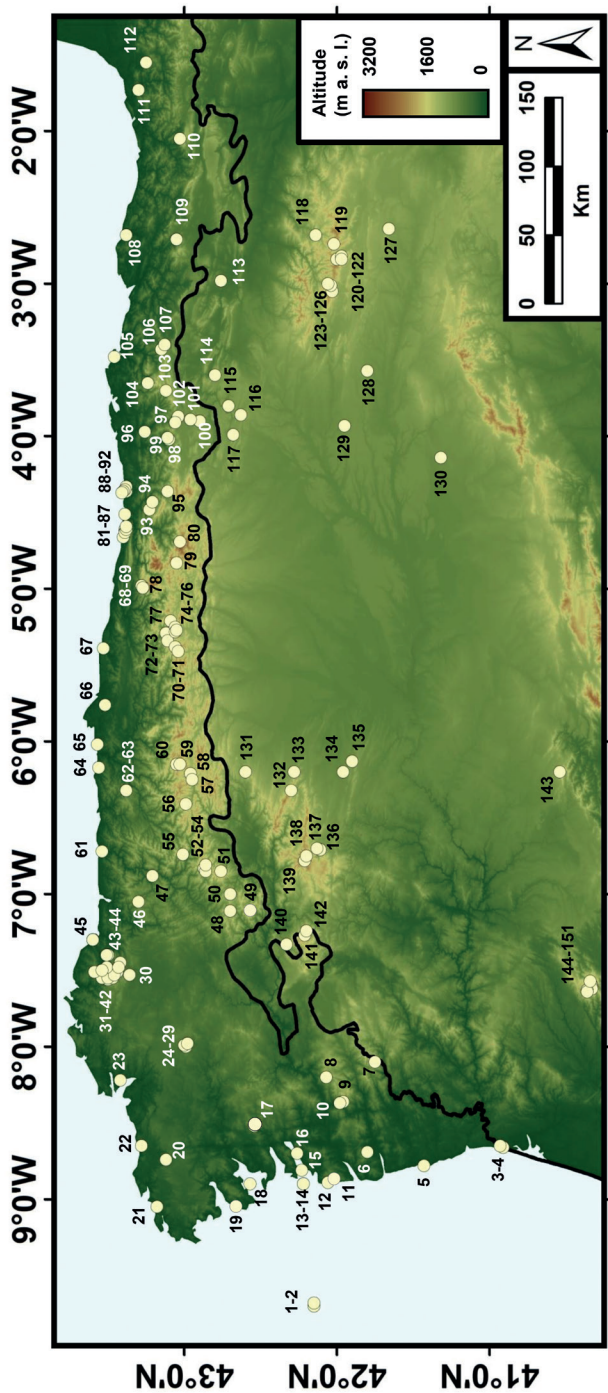


FIGURE 10. Map of the sedimentary sites studied in the north-western Iberian Peninsula. The black line indicates the border between the Eurosiberian and Mediterranean biogeographical regions (northern and southern sides, respectively).

Table 3. Sedimentary sites from the north-western Iberian Peninsula.

Code	Site	Region	Lat.	Long.	Altitude (m a. s. l.)	Estimated chronology of palyinological data (ka BP)	Palyinology	Plant macroremains	Sedimentary macrofossils	Sedimentary microfossils	Organic matter	Metal content/ Pb isotopes	Other paleodata	References
1	Marine record: MD03-2697	Atlantic ocean	42.15	-9.70	0	c. 340 to 270 // 12.5 to present c. 135 to 13.2	X						X	Naughton et al. (2007), Desprat et al. (2009), redrawn in Carrion et al. (2012)
2	Marine record: MD99-2331	Atlantic ocean	42.15	-9.68	0		X						X	Gouzy et al. (2004), Sánchez-Goni et al. (2005, 2008), Naughton et al. (2007), redrawn in Carrion et al. (2012)
3	Maceda	Portugal	40.91	-8.66	0	c. 25 to 15	X							Gómez-Orellana et al. (2001)
4	Cortegaça	Portugal	40.93	-8.65	0	c. 6.8 to 5.5	X							Gómez-Orellana et al. (2001)
5	Aguçadoura	Portugal	41.43	-8.78	0	c. 4.4 to 0.3	X							Gómez-Orellana et al. (2001)
6	Serra de Água	Portugal	41.80	-8.69	780	c. >11.2 to present	X							Gómez-Orellana et al. (2010)
7	Lagoa do Marinho	Portugal	41.75	-8.1	1150	c. >11.2 to present	X							Ramiñ-Rego et al. (1998)
8	Riço Moadiora: PLUS V	Portugal	42.07	-8.20	970	¹⁴ C data at 3.4	X							Ruiz-Zapata et al. (1995)
9	Lordeiro-Cha do Couço: PUT V	Portugal	41.96	-8.36	500	¹⁴ C data at 3	X							Ruiz-Zapata et al. (1995)
10	Porteira de Alviño: PUT III	Portugal	41.98	-8.37	480	Ages not provided	X							Ruiz-Zapata et al. (1995)
11	Santa Maria de Oia	Pontevedra	42	-8.87	3	¹⁴ C dates at 34.2 and 29.3	X							Gómez-Orellana et al. (2013)
12	Mougas lagoon	Pontevedra	42.06	-8.89	0	c. 18.8 to present	X							Saa-Otero & Viaz-Fleiros (1988), Gómez-Orellana et al. (1998), Ramiñ-Rego et al. (1998)
13	Isías Cíes: CS5	Pontevedra	42.22	-8.90	0	c. >5.2 to <3.7	X							Costas et al. (2009)
14	Isías Cíes: CS9	Pontevedra	42.22	-8.90	0	¹⁴ C data at 3.4	X							Costas et al. (2009)
15	Riá de Vigo: MVR-3	Pontevedra	42.23	-8.81	30	MIS 3 // c. 10.4 to present	X							Muñoz-Sobrinho et al. (2018), García-Moreiras et al. (2019a)
16	Riá de Vigo: B5	Pontevedra	42.26	-8.70	18	MIS 3 // c. 8.5 to present	X							Muñoz-Sobrinho et al. (2018), García-Moreiras et al. (2019a)
17	Campo Lameiro area - Monte Paralela	Pontevedra	42.53	-8.51	310-260	c. 9.8 to present	X	X						Kaal et al. (2011, 2013), López-Merino et al. (2012)
18	Riá de Arousa: A14-VC15	Pontevedra - A Coruña	42.57	-8.9	0	c. 12.5 to 8.7	X							García-Moreiras et al. (2019b)
19	Caamaño A and B	A Coruña	42.6	-9.02	3	c. 36 to <28.7 // ¹⁴ C data at 20.2	X							Gómez-Orellana et al. (2001, 2013)
20	Braña Rubia	A Coruña	43.12	-8.74	390	c. >5.2 to present	X							Törnqvist et al. (1989)
21	Trapa	A Coruña	43.18	-9.05	4	No palyinological data	X							Beo et al. (2007)
22	Baldajo	A Coruña	43.28	-8.95	0	No palyinological data	X	X						García-Moreiras et al. (2008)
23	Seaselle	A Coruña	43.42	-8.82	0	c. 4.3 to present	X							Santos-Fidalgo et al. (1993)
24	Cruz de Bocelo	A Coruña	42.96	-9.02	745	c. 2.1 to present	X							Castro et al. (1993)
25	Insua	A Coruña	43.00	-7.99	750	c. 5.0 to present	X							Castro et al. (1993)
26	Muinho	A Coruña	42.89	-7.89	705	c. 2.6 to present	X							Aira-Rodríguez et al. (1994), Castro et al. (1993)
27	Amerineiros	A Coruña	42.89	-7.89	700	c. 6.5 to present	X							Castro et al. (1993)
28	A Lagoa	A Coruña	42.98	-7.98	710	c. 3.1 to present	X							Castro et al. (1993)
29	A Pena	A Coruña	42.98	-7.98	660	c. 0.16 to present	X							Castro et al. (1993)
30	Sever	Lugo	43.36	-7.53	620	c. 5.1 to present	X							Ramiñ-Rego & Aira-Rodríguez (1993c)

Table 3. Continued.

Code	Site	Region	Lat.	Long.	Altitude (m a. s. l.)	Estimated chronology of palynological data (ka BP)	Palynology	Plant macroremains	Sedimentary microcharcoals	Sedimentary microcharcoals	Organic matter	Metal content/ Pb isotopes	Other palaeodata	References
31	Pena Veira	Lugo	43.42	-7.45	585	c. 5.5 to present	X							Ramill-Rego & Aíra-Rodríguez (1993b)
32	Tremoad de Schwejk	Lugo	43.43	-7.48	600-650	Ages not provided	X					X		Ramill-Rego & Aíra-Rodríguez (1994)
33	Pena Vella	Lugo	43.44	-7.51	700	c. >9.6 to present	X							Old et al. (2010), Pérez-Rodríguez & Martínez-Cortizas (2014)
34	Tremoad do Pedrido	Lugo	43.45	-7.53	695	No palynological data								Ramill-Rego & Aíra-Rodríguez (1993a)
35	Charca do Chan da Cruz	Lugo	43.46	-7.53	800	c. 5.9 to present	X							Ramill-Rego et al. (1998), redrawn in Muñoz-Sobrinho (2001)
36	Tremoad do Río das Furnas II	Lugo	43.47	-7.55	800	¹⁴ C data at 7.4	X							Martínez-Cortizas et al. (2002, 2007), Michelli et al. (2006), Old et al. (2010), Castro et al. (2015), Souto et al. (2016)
37	Turbera Pena da Cadela	Lugo	43.50	-7.55	970	c. >4.6 to present	X	X						Ramill-Rego et al. (1998), Muñoz-Sobrinho et al. (2005), Old et al. (2010)
38	Turbera de Chan do Lamoso	Lugo	43.50	-7.56	1150	c. >8.8 to present	X							Martínez-Cortizas et al. (1997, 1999, 2002), Muñoz-Sobrinho et al. (2005), Kyjander et al. (2005), Old et al. (2010), Rauchen et al. (2010), Schellekens et al. (2011, 2015), Pontevedra-Pombal et al. (2012)
39	Turbera de Penido Vello	Lugo	43.54	-7.55	700	c. >3.4 to present	X							Mighali et al. (2006), Souto et al. (2016), Souto (2016)
40	Borrallieras de Cal Grande	Lugo	43.59	-7.51	600	c. >4.6 to present	X	X						Souto et al. (2016), Pontevedra-Pombal et al. (2019), Castro et al. (2020)
41	Chao de Veiga Mol	Lugo	43.54	-7.50	700	No palynological data		X						Ramill-Rego et al. (1993)
42	Gañidoira	Lugo	43.51	-7.48	720	¹⁴ C data at 6.9	X							García-Amoreira et al. (2008)
43	Firca Galea	Lugo	43.51	-7.4	65			X						Menéndez-Amor & Florschütz (1961), redrawn in López-García (1978)
44	Montes del Buyo	Lugo	43.5	-7.4	500-600	¹⁴ C data at 7.8	X							Mary et al. (1977), Gómez-Orellana et al. (2007)
45	Area Longa (Level I, II and III)	Lugo	43.60	-7.30	0	Oxygen isotope stages 5c, 4 and 3	X							Muñoz-Sobrinho (2001)
46	San Ciprián	Lugo	43.3	-7.05	802	Ages not provided	X							Ruiz-Zapata et al. (2003, 2005), redrawn in López-Merino (2009)
47	Castro Chao de Samartín	Asturias	43.21	-6.88	675	Ages not provided	X							Muñoz-Sobrinho et al. (1997)
48	Pozo do Carballal	Lugo	42.70	-7.11	1330	c. >10.3 to present	X							Aíra-Rodríguez (1986), Santos-Fidalgo et al. (1997), Muñoz-Sobrinho et al. (2001)
49	Laguna de Lucenza	Lugo	42.58	-7.13	1375	c. 17.4 to present	X		X					Muñoz-Sobrinho et al. (1997)
50	A Goliada	Lugo	42.70	-7.00	1225	¹⁴ C data at 3.4	X							Muñoz-Sobrinho et al. (1997)
51	Brañas de Lamela	Leon	42.76	-6.85	1280	¹⁴ C data at 3.1	X							Muñoz-Sobrinho et al. (1997)
52	A Cespedosa I and II	Lugo	42.87	-6.83	1415	¹⁴ C data at 2	X							Muñoz-Sobrinho et al. (1997)
53	Suarbó	Leon	42.86	-6.85	1080	¹⁴ C data at 1.25	X							Muñoz-Sobrinho et al. (1997)
54	Porto Ancares	Leon	42.86	-6.81	1580	Ages not provided	X							Muñoz-Sobrinho et al. (1997)
55	Pena Velosa	Asturias	43.01	-6.74	1350	c. 12 to present	X							Muñoz-Sobrinho et al. (2012)

Table 3. Continued.

Code	Site	Region	Lat.	Long.	Altitude (m a. s. l.)	Estimated chronology of palynological data (ka BP)	Palynology	Plant macroremains	Sedimentary macrocharcoals	Sedimentary microcharcoals	Organic matter	Metal content/ Pb isotopes	Other palaeodata	References
56	Puerto de Letiariegos	León	42.99	-6.41	1700	¹⁴ C dates at 11.8 and 8.9	X							García-Rovés et al. (2001), García-Rovés (2007), described in López-Merino (2009)
57	Villasaca de Laciama (Laguna del Castro)	León	42.95	-6.25	1317	c. 39.5 to 31 // 11.4 to 9 // 1 to present	X							Jalut et al. (2010)
58	La Mala (Laguna del Mirol)	León	42.96	-6.21	1500	¹⁴ C data at > 35 // 12.9 to present	X							Jalut et al. (2010)
59	Laguna de la Mata	Asturias	43.03	-6.15	1500	Ages not provided, probably c. 30 to present	X							Belet (1993), described in López-Merino (2009)
60	Lago de Ajo	Asturias	43.05	-6.15	1570	c. > 14.3 to present	X	X						Allen et al. (1996)
61	Navia	Asturias	43.54	-6.72	10	No palynological data	X					X		García-Amorena et al. (2008)
62	Turbera Alto de la Espina	Asturias	43.38	-6.32	650	c. 10.7 to present	X							López-Merino (2009)
63	La Molina Mire	Asturias	43.38	-6.32	650	c. 2.7 to present	X							López-Merino et al. (2011, 2014), Martínez-Cortizas et al. (2013, 2016)
64	Turbera de Las Dueñas	Asturias	43.56	-6.17	127	c. 9.9 to present	X							López-Merino et al. (2006), López-Dias et al. (2010, 2013a)
65	Turbera Huelega de Bayas	Asturias	43.57	-6.02	115	No palynological data	X							López-Dias et al. (2013a)
66	Turbera Monte Areo	Asturias	43.52	-5.76	200	c. > 9.8 to present	X	X						López-Merino et al. (2010)
67	Estuario de Villaviciosa	Asturias	43.53	-5.39	15	c. > 6.1 to present	X				X			García-Antón et al. (2006), García-Amorena et al. (2008)
68	Lago Enol	Asturias	43.27	-4.99	1070	c. 10.6 to 2.5	X							Menéndez-Amor (1975), López-Merino (2009), Moreno et al. (2010b, 2011)
69	Lago de la Ercina	Asturias	43.27	-4.98	1200	Ages not provided	X							Menéndez-Amor (1975)
70	Curueño	León	43.04	-5.41	1650	No palynological data	X	X						Sánchez-Hernando et al. (1999)
71	Turbera de Puerto de San Isidro	León	43.06	-5.38	1700	c. 8.3 to present	X							Fombella-Bianco et al. (2001), redrawn in Carrión et al. (2012)
72	Corteguero - S3	Asturias	43.11	-5.34	1530	¹⁴ C data at 5.7	X							Jiménez-Sánchez et al. (2003)
73	Brañagallones - S1	Asturias	43.12	-5.29	1230	¹⁴ C data at 29	X							Ruiz-Zapata et al. (2000, 2002b), redrawn in Carrión et al. (2012)
74	Mire in Pinar de Lillo	León	43.06	-5.25	1360	c. 1.7 to present	X							García-Antón et al. (1997), Muñoz-Sobriano (2001)
75	Lillo II	León	43.06	-5.28	1500	c. > 4 to present	X							Muñoz-Sobriano (2001), Muñoz-Sobriano et al. (2003)
76	Porma	León	43.05	-5.27	1300	No palynological data	X	X						Sánchez-Hernando et al. (1999)
77	Puerto de Tarna - S2	Asturias	43.09	-5.21	1415	¹⁴ C data at 20.6	X							Ruiz-Zapata et al. (2000), redrawn in López-Merino (2009), Jiménez-Sánchez et al. (2003)
78	Turbera de Comella / Comeya	Asturias	43.28	-4.98	834	¹⁴ C data at 40.5 // ¹⁴ C data at 8.3 // c. > 3.8 to < 3.1	X							Ruiz-Zapata et al. (2002c), redrawn in López-Merino (2009), Jiménez-Sánchez et al. (2003)
79	Esia	León	43.05	-4.83	1450	No palynological data	X	X						Sánchez-Hernando et al. (1999)
80	Turbera de Puertos de Riofrío	Cantabria	43.03	-4.69	1700	c. > 10.2 to < 2.2	X							Menéndez-Amor & Florschütz (1963), redrawn in López-García (1978)

Table 3. Continued.

Code	Site	Region	Lat.	Long.	Altitude (m a. s. l.)	Estimated chronology of palynological data (ka BP)	Palynology	Plant macroremains	Sedimentary macrocharcoals	Sedimentary microcharcoals	Organic matter	Metal content / Pb isotopes	Other palaeodata	References
81	Turbera de Vidriago	Asturias	43.4	-4.66		Ages not provided	X							Menéndez-Amor (1950a, 1950b), redrawn in López-Merino (2009)
82	Turbera de Llano de la Mesa	Asturias	43.39	-4.63		Ages not provided	X							Menéndez-Amor (1950a, 1950b), redrawn in López-Merino (2009)
83	Turbera de Pendueles	Asturias	43.39	-4.63		Ages not provided	X					X		Menéndez-Amor (1950a, 1950b), redrawn in López-Merino (2009); López-Días et al. (2013a)
84	Turbera de Buelna	Asturias	43.39	-4.61	230	¹⁴ C dates at 2.2 and 1.7	X					X		Menéndez-Amor (1950a, 1950b), Menéndez-Amor & Florschütz (1961), redrawn in López-Merino (2009); López-Días et al. (2013a)
85	Turbera de la Borbolla	Asturias	43.38	-4.61	50	No palynological data		X						García-Amorena et al. (2006); López-Días et al. (2013a)
86	Turbera de Llano Roñanzas	Asturias	43.38	-4.59	220	¹⁴ C dates at 3.2 and 1.4	X					X		Menéndez-Amor (1950a, 1950b), Mary & De Beaulieu (1973), redrawn in López-García (1978) and López-Merino (2009); Ortiz et al. (2008, 2010), Moreno et al. (2009), Gallego et al. (2013); López-Días et al. (2013a, 2013b)
87	Las Arenas - Tina Mayor	Cantabria	43.39	-4.51	0	¹⁴ C data at 10	X							Mary et al. (1975)
88	Río Bederna	Cantabria	43.41	-4.37	0	¹⁴ C data at 4.7	X							Mary et al. (1975)
89	Jerra I	Cantabria	43.39	-4.35	0	¹⁴ C data at 5.8	X							Mary et al. (1975)
90	Jerra II	Cantabria	43.40	-4.36	0	¹⁴ C data at 5.3	X							Mary et al. (1975)
91	Turbera Merón	Cantabria	43.38	-4.36	0	No palynological data		X						Mary (1990); García-Amorena et al. (2008)
92	Turbera de Oyambre	Cantabria	43.38	-4.33	0	No palynological data		X						Mary (1990); García-Amorena et al. (2008)
93	Turbera de Culazon	Cantabria	43.23	-4.48	592	c. 3.6 to present	X							González-Pellejero et al. (2014)
94	Turbera del Pico Sertal	Cantabria	43.21	-4.43	940	c. >4.5 to present	X		X		X			Mariscal (1986); Carracedo et al. (2018)
95	Turbera de El Cuesto de la Avellanosa	Cantabria	43.11	-4.36	1320	c. >6.1 to present	X		X		X			Mariscal (1983); Núñez (2018), Carracedo et al. (2018)
96	Turbera de La Molina	Cantabria	43.26	-3.97	484	c. 14.4 to present	X		X		X		X	Pérez-Obiol et al. (2016), Carracedo et al. (2018), Sánchez-Morales et al. (2022)
97	Turbera de El Cuesto de la Espina	Cantabria	43.06	-3.91	1120	c. 5 to present	X		X		X			Rodríguez-Coterón (unpublished PhD), Salas (1993)
98	Turbera de Pico Año	Cantabria	43.1	-4.02	1288	4.1 to present	X							Mariscal (1993)
99	Turbera de Alsa	Burgos	43.11	-4.01	560	c. 4.3 to 0.3	X							Mariscal (1993)
100	Santa Gadea	Burgos	42.9	-3.9	837	Ages not provided,	X							Inarte-Chiapusso et al. (2003)
101	Valle de La Nava I, II and III	Burgos	42.96	-3.89	870	probably c. 9-8.5 to present c. >10 to <8.2	X							Menéndez-Amor (1968), redrawn in López-García (1978) and Muñoz-Sobrinó (2001)
102	Puerto del Escudo	Cantabria	43.04	-3.87	940	¹⁴ C data at 7.8	X							Muñoz-Sobrinó (2001)
103	Turbera de Estacas de Trueba	Cantabria	43.12	-3.70	1160	c. >5 to present	X							Mariscal (1987, 1989)
104	Turbera de Solombo	Cantabria	43.24	-3.65	1290	c. 5.2 to present	X							Pérez-Díaz et al. (2016a)

Table 3. Continued.

Code	Site	Region	Lat.	Long.	Altitude (m a. s. l.)	Estimated chronology of palyнологical data (ka BP)	Palyнологy	Plant macroremains	Sedimentary macrocharcoals	Sedimentary microcharcoals	Organic matter	Metal content/ Pb isotopes	Other paleodata	References
105	Noja	Cantabria	43.46	-3.48	0	No palyнологical data	X							García-Amorena et al. (2008)
106	Tubera de Los Tomos I and II	Cantabria	43.15	-3.43	920	c. 7.8 to present	X					X		Peñalba (1994), Muñoz-Sobrino (2001), Muñoz-Sobrino et al. (2005)
107	Tubera de Zalama	Bizkaia	43.13	-3.40	1330	c. 7.2 to present	X			X				Pérez-Díaz et al. (2016b), Souto et al. (2016), Souto (2018)
108	Urdabai	Bizkaia	43.38	-2.68	5	c. 11.2 to >2.6	X							Iriarte-Chiapusso et al. (2006, 2016)
109	Tubera de Saldropo I and II	Bizkaia	43.05	-2.71	625	c. 5.6 to present	X							García-Añón et al. (1989), Peñalba (1994)
110	Tubera de Belate	Navarra	43.03	-2.05	825	c. > 6.6 to present	X							Peñalba (1994), redrawn in Muñoz-Sobrino (2001)
111	Estuary of Bidasoa	Gipuzkoa	43.3	-1.73	<200	¹⁴ C dates at 6.6 and 6.5	X							Sánchez-Gorfi (1996)
112	Tubera de Añuri	Navarra	43.25	-1.55	500	c. > 2.7 to present	X						X	Peñalba (1994), redrawn in Muñoz-Sobrino (2001)
113	Lago de Arreo (ARRO4-1A-1K and ARRO4-2A-1K)	Araba	42.76	-2.98	655	c. 2.5 to present	X		X					Corella et al. (2013)
114	Ruidobro	Burgos	42.8	-3.6	835	¹⁴ C data at 0.45	X							Iriarte-Chiapusso et al. (2003)
115	Tubilla del Agua	Burgos	42.71	-3.80	765	No palyнологical data		X						Moreno-Arnat & Iglesias-González (2009), García-Amorena et al. (2011)
116	Tubera de La Piedra	Burgos	42.63	-3.86	950	c. >12.3 to present	X							Ramill-Rego et al. (1998)
117	Tubera de San Mamedes de Abar	Burgos	42.68	-3.99	920	c. >10.7 to <3.7	X							Iriarte-Chiapusso et al. (2001, 2016), Muñoz-Sobrino (2001)
118	Laguna Ciega	La Rioja	42.14	-2.68	1470	Ages not provided, probably c. 1.9 to present	X							Gil-García et al. (1995)
119	Hoyos de Iregua	La Rioja	42.02	-2.74	1780	c. 13.7 to present	X			X				Gil-García et al. (2002)
120	Laguna Masgosa	Soria	41.97	-2.82	1600	c. >9.5 to present	X				X			Von Engelbrechten (1998)
121	Laguna del Hornillo	Soria	41.97	-2.84	1820	c. >15.5 to present	X							Gómez-Lobo Rodríguez et al. (1993), Gómez-Lobo Rodríguez et al. (1996), redrawn in Muñoz-Sobrino (2001)
122	Laguna Negra	Soria	42.00	-2.84	1760	c. >9.6 to present	X	X			X			Von Engelbrechten (1998)
123	Lago Las Pardillas	Burgos	42.06	-3.00	1850	c. 9.3 to present	X	X			X			Sánchez-Gorfi & Hannon (1999)
124	Neila hollow	Burgos	42.04	-3.01	1480	c. >5.2 to present	X	X	X					Von Engelbrechten (1998)
125	Quintanar de la Sierra	Burgos	42.03	-3.01	1470	c. >13.5 to present	X							Peñalba (1994), Peñalba et al. (1997)
126	Laguna grande (GS4)	Burgos	42.03	-3.05	1500	c. >17.15 to present	X							Ruiz-Zapata et al. (2002a)
127	Tubera Quintana Redonda	Soria	41.86	-2.84	1000	c. 9.3 to 6.7	X							Moreno-Arnat et al. (1994)
128	Tubilla del Lago	Burgos	41.80	-3.57	900	c. 6.5 to present	X		X					García-Amorena et al. (2011), Morales-Molino et al. (2017)
129	Espinosa de Cerrato	Palencia	41.95	-3.83	885	c. 9.7 to present	X		X		X			Franco-Mugica et al. (2001), Morales-Molino et al. (2017)
130	El Carrizal	Segovia	41.32	-4.14	860	c. >8.7 to present	X		X					Franco-Mugica et al. (2005)

Table 3. Continued.

Code	Site	Region	Lat.	Long.	Altitude (m a. s. l.)	Estimated chronology of palynological data (ka BP)	Palynology	Plant macroremains	Sedimentary macrocharcoals	Sedimentary microcharcoals	Organic matter	Metal content / Pb isotopes	Other palaeodata	References
131	Turbera de Brañueles	León	42.6	-6.2	1000	¹⁴ C data at 8	X							Muñoz-Sobrimo (2001)
132	Xan de Llamas	León	42.30	-6.32	1500	c. >3.2 to present	X	X						Morales-Molino et al. (2011)
133	Arroyo de Yallefondo	León	42.28	-6.20	1000	c. >0.84 to present	X	X						Morales-Molino et al. (2011)
134	Arroyo de Ciervos	Zamora	41.96	-6.2	790	Ages not provided	X							Muñoz-Sobrimo (2001)
135	El Portillo I, II	Zamora	41.90	-6.13	870	Ages not provided	X							Muñoz-Sobrimo (2001)
136	Laguna de las Sanguijuelas ¹ / Sanabria Marsh ² / Lleguna ³	Zamora	42.11	-6.71	1050	c. >14 to present	X	X						Menéndez-Amor & Florschütz (1961) ¹ , Hannon (1985) ² , Turner & Hannon (1988) ³ , Allen (1986) ² , Muñoz-Sobrimo (2001) ³
137	Laguna de las Sanguijuelas	Zamora	42.13	-6.70	1080	c. 14.8 to present	X							Muñoz-Sobrimo (2001), Muñoz-Sobrimo et al. (2004)
138	Laguna Cárdenas	Zamora	42.20	-6.75	1560	Ages not provided	X	X						Menéndez-Amor & Florschütz (1961)
139	Laguna Arroyas ¹ / de la Roya ²	Zamora	42.21	-6.78	1608	c. >12.9 to present	X				X			Menéndez-Amor & Florschütz (1961) ¹ , Allen et al. (1996) ² , Muñoz-Sobrimo et al. (2013, 2018) ²
140	Lagosa de As Lamas	Ourense	42.33	-7.33	1360	c. 12.8 to present	X							Maldonado-Ruiz (1994), Muñoz-Sobrimo (2001)
141	Fraga	Ourense	42.21	-7.27	1360	¹⁴ C data at 8	X		X					Santos-Fidalgo et al. (1997, 2000)
142	Serra de Queixa - H profile	Ourense	42.20	-7.24	1310	Ages not provided	X							Menéndez-Amor (1971), Sangos-Fidalgo (1982), Vidal-Romani & Santos-Fidalgo (1984)
143	El Maillo mire	Salamanca	40.54	-6.20	1100	c. 9.3 to present	X	X		X				Morales-Molino et al. (2013)
144	Lagoa Comprida 1	Portugal	40.36	-7.64	1600	¹⁴ C data at 9	X							Van der Knaap & Van Leeuwen (1987)
145	Lagoa Comprida 2	Portugal	40.36	-7.63	1645	Ages not provided	X							Van der Knaap & Van Leeuwen (1987)
146	Charco da Candieira	Portugal	40.34	-7.57	1409	c. >11.9 to present	X	X						Van der Knaap & Van Leeuwen (1995, 1997), redrawn in Muñoz-Sobrimo (2001)
147	Lagoa Clareza	Portugal	40.33	-7.60	1845	¹⁴ C data at 9.0	X							Van der Knaap & Van Leeuwen (1987)
148	Lagoa das Salgadeiras	Portugal	40.33	-7.60	1835	¹⁴ C data at 8.2	X							Van der Knaap & Van Leeuwen (1987)
149	Charca dos Cêbes	Portugal	40.33	-7.61	1795	¹⁴ C data at 6.4	X							Van der Knaap & Van Leeuwen (1987)
150	Chafariz do Rei	Portugal	40.33	-7.61	1770	Ages not provided	X							Van der Knaap & Van Leeuwen (1987)
151	Covão do Boieiro	Portugal	40.33	-7.62	1730	¹⁴ C dates at 9.9 and 9.6	X							Van der Knaap & Van Leeuwen (1987)

Acknowledgements and funding

The author would like to thank Dr. Ramon Pérez Obiol and Dr. Albert Pèlach Mañosa from the Departament de Geografia (Universitat Autònoma de Barcelona) and Dr. Virginia Carracedo Martín and Dr. Juan Carlos García Codron from the Departamento de Geografía, Urbanismo y Ordenación del Territorio (Universidad de Cantabria) for the assistance and guidance provided during the writing of this work.

This work has been supported by coordinated project grants from Spain's Ministry of Economics and Competitiveness (MEC): "Geohistoria ambiental del fuego en el Holoceno. Patrones culturales y gestión territorial desde el inicio de la ganadería y la agricultura en la montaña Cantábrica y Pirineo" (CSO 2012-39680-C02-02); "Estudio biogeográfico histórico comparado (Montaña Cantabrica, Sistema Central y Pirineos): 18000 años de cambios climáticos y antrópicos sobre especies forestales indicadoras" (CSO 2015-65216-C2-1-P), awarded to the Department of Geography, Universitat Autònoma de Barcelona, which also awarded an FPI PhD grant (BES-2016-076641) within the project. In addition, the project was funded by the Catalan government's applied geography programme, "Grup de Geografia Aplicada" (AGAUR, Generalitat de Catalunya, 2014 SGR 1090 and 2017 SGR-00343).

BIBLIOGRAPHY

- Aira-Rodríguez, M. J. (1986). Contribución al estudio de los suelos fósiles de montaña y antropógenos de Galicia. *Facultade de Biología. Santiago de Compostela, Universidade de Santiago de Compostela*.
- Aira-Rodríguez, N. J., Losada, E. D., & Otero, N. P. S. (1994). Estudio palinológico de la turbera de Ameneiros (Galicia, N.O. de España). *Botánica Complutensis*, 19, 59-73.
- Alcalde del Río, H. (1906). Las pinturas y grabados de las cavernas prehistóricas de la provincia de Santander: Altamira, Covalanas, Hornos de la Peña, Castillo. Imprenta de Blanchard y Arce. Santander.
- Alcalde del Río, H., Breuil, H., & Sierra, L. (1912). Les cavernes de la Région cantabrique. Imprimerie Vve. A. Chêne. Mónaco.
- Alday-Ruiz, A. (2009). El final del Mesolítico y los inicios del Neolítico en la Península Ibérica: cronología y fases. *Munibe Antropología-Arkeología*, 60, 157-173.
- Alday-Ruiz, A., & Cava, A. (2009). El mesolítico geométrico en Vasconia. In *El Mesolítico Geométrico en la Península Ibérica* (pp. 93-130). Departamento de Ciencias de la Antigüedad.
- Allen, J. R., Huntley, B., & Watts, W. A. (1996). The vegetation and climate of northwest Iberia over the last 14,000 years. *Journal of Quaternary Science: Published for the Quaternary Research Association*, 11(2), 125-147. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1417\(199603/04\)11:2<125::AID-JQS232>3.0.CO;2-U](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1417(199603/04)11:2<125::AID-JQS232>3.0.CO;2-U).
- Alley, R. B., Mayewski, P. A., Sowers, T., Stuiver, M., Taylor, K. C., & Clark, P. U. (1997). Holocene climatic instability: A prominent, widespread event 8200 yr ago. *Geology*, 25(6), 483-486. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1997\)025<0483:HCIAPW>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1997)025<0483:HCIAPW>2.3.CO;2).
- Alley, R. B. (2000). The Younger Dryas cold interval as viewed from central Greenland. *Quaternary science reviews*, 19(1-5), 213-226. [https://doi.org/10.1016/S0277-3791\(99\)00062-1](https://doi.org/10.1016/S0277-3791(99)00062-1).
- Alley, R. B., & Ágústssdóttir, A. M. (2005). The 8k event: cause and consequences of a major Holocene abrupt climate change. *Quaternary Science Reviews*, 24(10-11), 1123-1149. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2004.12.004>.
- Altuna, J. (1973). Fauna de mamíferos de la cueva de Morin (Santander) in Cueva Morin II, Excavaciones 1969, Santander. *tabl.*, 27, 3-12.
- Altuna, J., & Mariezkurrena, K. (2009). Tipos de cabañas ganaderas durante el Neolítico en el País Vasco y zonas próximas. *Archaeofauna*, 18, 137-157.
- Altuna, J., & Mariezkurrena, K. (2012). Macromammalian remains from the Holocene levels of El Mirón cave. *El Mirón cave, Cantabrian Spain The site and its Holocene archaeological record*, 288-318.

- Álvarez-Fernández, E. (2007). La explotación de los moluscos marinos en la Cornisa Cantábrica durante el Gravetiense: primeros datos de los niveles E y F de La Garma A (Omoño, Cantabria).
- Álvarez-Fernández, E. (2010). Investigaciones arqueomalacológicas en La Garma A (Omoño, Cantabria): los moluscos marinos de los niveles N y O. In *El Paleolítico Superior Cantábrico: actas de la Primera Mesa Redonda, San Román de Candamo (Asturias), 26-28 de abril de 2007* (pp. 145-156). Universidad de Cantabria.
- Álvarez-Fernández, E., & Fernández-García, R. (2013). Marine resource exploitation in Cantabrian Spain during the Solutrean/L'exploitation des ressources marines pendant le Solutréen dans la corniche cantabrique. *Supplément à la Revue archéologique du centre de la France*, 47(1), 397-407.
- Andreae, M. O. (1991). Biomass burning-Its history, use, and distribution and its impact on environmental quality and global climate, in: *Global biomass burning-Atmospheric, climatic, and biospheric implications*.
- Aranburu-Mendizabal, A., Sarasketa-Gartzia, I., Arrizabalaga, A., Salazar García, D. C., Taldea, J., & José, I. C. M. (2018). El yacimiento calcolítico de Karea (Aia) en el contexto de las cuevas sepulcrales de Guipuzkoa (País Vasco). *Munibe Antropologia-Arkeologia*, 2018, 69, 1-14.
- Arias, P. (1991). De cazadores a campesinos: la transición al neolítico en la región cantábrica (Vol. 6). Ed. Universidad de Cantabria.
- Arias, P. (1995). La cronología absoluta del Neolítico y el Calcolítico de la región cantábrica: estado de la cuestión. In *Primeros agricultores y ganaderos en el Cantábrico y Alto Ebro* (pp. 15-40). Sociedad de Estudios Vascos= Eusko Ikaskuntza.
- Arias, P. (2005). Determinaciones de isótopos estables en restos humanos de la región Cantábrica. Aportación al estudio de la dieta de las poblaciones del Mesolítico y el Neolítico. *Munibe. Antropologia-arkeologia*, 57, 359-374.
- Arias, P. (2007). Neighbours but diverse: social change in north-west Iberia during the transition from the Mesolithic to the Neolithic (5500-4000 cal BC). In *Proceedings-british academy* (Vol. 144, p. 53). Oxford university press inc.
- Arias, P., González Sainz, C., Moure Romanillo, A., & Ontañón Peredo, R. (2000). La Zona Arqueológica de La Garma (Cantabria): investigación, conservación y uso social.
- Arias, P., Gutierrez, A. A., & Mayolini, L. C. T. (2005). El fenómeno megalítico en la región Cantábrica. Estado de la cuestión. In *Actas del III Congreso del Neolítico en la Península Ibérica, Santander 5-8 octubre de 2003* (pp. 751-759). Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cantabria.
- Arias, P., Laval, E., Menu, M., Sainz, C. G., & Ontañón, R. (2011). Les colorants dans l'art pariétal et mobilier paléolithique de La Garma (Cantabrie,

- Espagne). *l'Anthropologie*, 115(3-4), 425-445. <https://doi.org/10.1016/j.anthro.2011.05.005>.
- Arias, P., & Ontañón, R. (2014). La Garna: un proyecto orientado al estudio del arte paleolítico, su contexto y su conservación. In Corchón, M. S., Menéndez, M. (Eds.), *Cien años de arte rupestre paleolítico* (pp. 173-194). Ediciones Universidad Salamanca, Salamanca.
- Aura, J. E., Tiffagom, M., Pardo, J. F. J., Duarte, E., de la Vega, J. F., Santamaria, D., de la Rasilla, M., Vadillo, M., & Ripoll, M. P. (2012). The Solutrean–Magdalenian transition: a view from Iberia. *Quaternary International*, 272, 75-87. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2012.05.020>.
- Baena, J., Carrión, E., Ruiz Zapata, B., Ellwood, B., Sesé, C., Yravedra, J., Jordà, J., Uzquiano, P., Velázquez, R., Manzano, I., Sánchez-Marco, A., & Hernández, F. (2005). Paleoeología y comportamiento humano durante el Pleistoceno Superior en la comarca de Liébana: La secuencia de la Cueva de El Esquilieu (Occidente de Cantabria, España). *Monografías del Museo Nacional y Centro de Investigación de Altamira*, 20, 461-487.
- Baena, J., Carrión, E., Cuartero, F., & Fluck, H. (2012). A chronicle of crisis: the Late Mousterian in north Iberia (Cueva del Esquilieu, Cantabria, Spain). *Quaternary International*, 247, 199-211. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.07.031>.
- Baena, J., Santafé, E. C., Navas, C. T., & Rodríguez, M. V. (2019). Mousterian inside the upper Paleolithic? The last interval of El Esquilieu (Cantabria, Spain) sequence. *Quaternary International*, 508, 153-163. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.11.015>.
- Baldini, L. M., McDermott, F., Baldini, J. U., Arias, P., Cueto, M., Fairchild, I. J., Hoffmann, D. L., Matthey, D. P., Müller, W., Nita, D. C., Ontañón, R., García-Moncó, C., & Richards, D. A. (2015). Regional temperature, atmospheric circulation, and sea-ice variability within the Younger Dryas Event constrained using a speleothem from northern Iberia. *Earth and Planetary Science Letters*, 419, 101-110. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2019.105998>.
- Baldini, L. M., Baldini, J. U., McDermott, F., Arias, P., Cueto, M., Fairchild, I. J., Hoffmann, D. L., Matthey, D. P., Müller, W., Nita, D. C., Ontañón, R., García-Moncó, C., & Richards, D. A. (2019). North Iberian temperature and rainfall seasonality over the Younger Dryas and Holocene. *Quaternary Science Reviews*, 226, 105-998. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2019.105998>.
- Balsera, V., Díaz-del-Río, P., Gilman, A., Uriarte, A., & Vicent, J. M. (2015). Approaching the demography of late prehistoric Iberia through summed calibrated date probability distributions (7000–2000 cal BC). *Quaternary International*, 386, 208-211. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.06.022>.

- Banks, W. E., d'Errico, F., Peterson, A. T., Vanhaeren, M., Kageyama, M., Sepulchre, P., Ramstein, G., Jost, A., & Lunt, D. (2008). Human ecological niches and ranges during the LGM in Europe derived from an application of eco-cultural niche modeling. *Journal of Archaeological Science*, 35(2), 481-491. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2007.05.011>.
- Bao, R., Alonso, A., Delgado, C., & Pagés, J. L. (2007). Identification of the main driving mechanisms in the evolution of a small coastal wetland (Traba, Galicia, NW Spain) since its origin 5700 cal yr BP. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 247(3-4), 296-312. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2006.10.019>.
- Barandiaran, I., Almuzara, A. C., & Ruiz, A. A. (2006). Ocupaciones en altura e interior durante el Tardiglaciar: la Llanada alavesa y sus estribaciones montañosas. *Zona arqueológica*, (7), 535-550.
- Belet, J. M. (1993). Etude palynologique de la tourbière de La Mata (Monts Cantabriques, Nord-Ouest de l'Espagne). *DEA «Géographie et Aménagement» option Milieux Naturels, Université Toulouse le Mirail*.
- Berger, A., & Loutre, M. F. (1991). Insolation values for the climate of the last 10 million years. *Quaternary Science Reviews*, 10(4), 297-317. [https://doi.org/10.1016/0277-3791\(91\)90033-Q](https://doi.org/10.1016/0277-3791(91)90033-Q).
- Berger, G. W., Pérez-González, A., Carbonell, E., Arsuaga, J. L., de Castro, J. M. B., & Ku, T. L. (2008). Luminescence chronology of cave sediments at the Atapuerca paleoanthropological site, Spain. *Journal of Human Evolution*, 55(2), 300-311. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2008.02.012>.
- Berger, J. F., & Guilaine, J. (2009). The 8200 cal BP abrupt environmental change and the Neolithic transition: A Mediterranean perspective. *Quaternary international*, 200(1-2), 31-49. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2008.05.013>.
- Bernaldo de Quirós, F., Valdés, V. C., & Stuart, A. J. (2006). Nuevas dataciones para el musteriense y el magdalenense de la cueva de El Castillo. In *En el centenario de la cueva de El Castillo: El Ocaso de los Neandertales*, 453-458.
- Bernaldo de Quirós, F., Maíllo, J. M., & Neira, A. (2010). La cueva de El Castillo: perspectivas desde el siglo XXI. In *El Paleolítico Superior Peninsular*, 291-310.
- Bernaldo de Quirós, F., Maíllo-Fernández, J. M., Castaños, P., & Neira, A. (2015). The Gravettian of El Castillo revisited (Cantabria, Spain). *Quaternary International*, 359, 462-478. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.07.060>.
- Bicho, N., Carvalho, A. F., González-Sainz, C., Sanchidrián, J. L., Villaverde, V., & Straus, L. G. (2007). The upper paleolithic rock art of Iberia. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 14(1), 81-151. <https://doi.org/10.1007/s10816-007-9025-5>.

- Birks, H. H., & Birks, H. J. B. (2006). Multi-proxy studies in palaeolimnology. *Vegetation history and Archaeobotany*, 15(4), 235-251. <https://doi.org/10.1007/s00334-006-0066-6>.
- Bischoff, J. L., Garcia, J. F., & Straus, L. G. (1992). Uranium-series isochron dating at El Castillo cave (Cantabria, Spain): the “Acheulean”/“Mousterian” question. *Journal of Archaeological Science*, 19(1), 49-62. [https://doi.org/10.1016/0305-4403\(92\)90006-O](https://doi.org/10.1016/0305-4403(92)90006-O).
- Blanco-González, A., Lillios, K. T., López-Sáez, J. A., & Drake, B. L. (2018). Cultural, demographic and environmental dynamics of the Copper and Early Bronze Age in Iberia (3300–1500 BC): towards an interregional multiproxy comparison at the time of the 4.2 ky BP event. *Journal of World Prehistory*, 31(1), 1-79. <https://doi.org/10.1007/s10963-018-9113-3>.
- Blas-Cortina, M. Á. D. (2014). El laboreo del cobre en la Sierra del Aramo (Asturias) como referente cardinal de la minería prehistórica en la región cantábrica. *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Granada*. <https://doi.org/10.30827/cpag.v24i0.4088>.
- Bond, G., Heinrich, H., Broecker, W., Labeyrie, L., McManus, J., Andrews, J., Huon, S., Jantschik, R., Clasen, S., Simet, C., Tedesco, K., Klas, M., Boani, G., & Ivy, S. (1992). Evidence for massive discharges of icebergs into the North Atlantic ocean during the last glacial period. *Nature*, 360(6401), 245-249. <https://doi.org/10.1038/360245a0>.
- Bond, G., Showers, W., Cheseby, M., Lotti, R., Almasi, P., DeMenocal, P., Priore, P., Cullen, H., Hajdas, I., & Bonani, G. (1997). A pervasive millennial-scale cycle in North Atlantic Holocene and glacial climates. *Science*, 278(5341), 1257-1266. <https://doi.org/10.1126/science.278.5341.1257>.
- Bond, G., Kromer, B., Beer, J., Muscheler, R., Evans, M. N., Showers, W., Hoffmann, S., Lotti-Bond, R., Hajdas, I., & Bonani, G. (2001). Persistent solar influence on North Atlantic climate during the Holocene. *Science*, 294(5549), 2130-2136. <https://doi.org/10.1126/science.1065680>.
- Boyle, J. (2001). Inorganic geochemical methods in palaeolimnology, in: Last, W.M., & Smol, J. P. (Eds.), *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments*. Vol. 2, pp. 83–141.
- Bradtmöller, M. (2015). The Gravettian occupation of Level 4 at Cueva Morín (Cantabrian Region) and its regional context. *Munibe*, 66, 23-52. <https://doi.org/10.21630/maa.2015.66.02>.
- Bradtmöller, M., Sarmiento, A., Perales, U., & Zuluaga, M. C. (2016). Investigation of upper palaeolithic adhesive residues from cueva Morín, northern Spain. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 7, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2016.03.051>.
- Cabanes, D., Mallol, C., Expósito, I., & Baena, J. (2010). Phytolith evidence for hearths and beds in the late Mousterian occupations of Esquilieu cave

- (Cantabria, Spain). *Journal of Archaeological Science*, 37(11), 2947-2957. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2010.07.010>.
- Cabrera-Valdés, V. (1984). El yacimiento de la cueva de “El Castillo” (Puente Viesgo, Santander) (Vol. 22). Editorial CSIC-CSIC Press.
- Cabrera-Valdés, V. (1996). Del musteriense al paleolítico superior. *Gallaecia: revista de arqueología e antigüidade*, (14), 123-130.
- Cabrera-Valdés, V., & Bischoff, J. L. (1989). Accelerator 14 C dates for early upper paleolithic (basal Aurignacian) at El Castillo Cave (Spain). *Journal of Archaeological Science*, 16(6), 577-584.
- Cabrera-Valdés, V., Bernaldo de Quirós, F., & Maíllo Fernández, J. M. (2000). Esquemas operativos laminares en el Musteriense final de la Cueva de El Castillo (Puente Viesgo, Cantabria).
- Cabrera-Valdés, V., Bernaldo de Quirós, F., Maíllo Fernández, J. M., Valladas, H., & Lloret Martínez de la Riva, M. (2002). El Auriñaciense arcaico en El Castillo (Cantabria): descripción tecnológica y objetivos de la producción.
- Cáceres, J. M. T. (2009). Industria en materias duras animales de los niveles auriniacienses (5, 6, 7) del yacimiento de Cobrante. *Sautuola: Revista del Instituto de Prehistoria y Arqueología Sautuola*, (15), 199-205.
- Cáceres, J. M. T. (2013). La explotación de las materias óseas en el Auriñaciense.
- Carballo, J. (1960). Excavaciones en la caverna de «El Pendo» (Santander). *Investigaciones Prehistóricas II*, 15-124.
- Carbonell, E., De Castro, J. M. B., Parés, J. M., Pérez-González, A., Cuenca-Bescós, G., Ollé, A., Mosquera, M., Huguet, R., Van der Made, J., Rosas, A., Sala, R., Vallverdú, J., García, N., Granger, D. E., Martínón-Torres, M., Rodríguez, X. P., Stock, G. M., Vergès, J. M., Allué, E., ..., & Arsuaga, J. L. (2008). The first hominin of Europe. *Nature*, 452(7186), 465-469. <https://doi.org/10.1038/nature06815>.
- Carracedo, V., Cunill, R., García-Codron, J. C., Pèlachs, A., Pérez-Obiol, R., & Soriano, J. M. (2018). History of fires and vegetation since the Neolithic in the Cantabrian Mountains (Spain). *Land degradation & development*, 29(7), 2060-2072. <https://doi.org/10.1002/ldr.2891>.
- Carrión, J. S. (2002). Patterns and processes of Late Quaternary environmental change in a montane region of southwestern Europe. *Quaternary Science Reviews*, 21(18-19), 2047-2066. [https://doi.org/10.1016/S0277-3791\(02\)00010-0](https://doi.org/10.1016/S0277-3791(02)00010-0).
- Carrión, J. S. (Eds.). (2012). *Paleoflora y paleovegetación de la Península Ibérica e Islas Baleares: Plioceno-Cuaternario*. Ministerio de Economía y Competitividad y la Universidad de Murcia, Madrid.
- Castaños, P. (1992). Los mamíferos del Cuaternario de Eurasia. Paleontología de Vertebrados. Faunas y Filogenia, Aplicación y Sociedad. Universidad del País Vasco, Bilbao, 257-286.

- Castro, D., Souto, M., Garcia-Rodeja, E., Pontevedra-Pombal, X., & Fraga, M. I. (2015). Climate change records between the mid-and late Holocene in a peat bog from Serra do Xistral (SW Europe) using plant macrofossils and peat humification analyses. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 420, 82-95. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2014.12.005>.
- Castro, D., Souto, M., Fraga, M. I., García-Rodeja, E., Pérez-Díaz, S., Sáez, J. A. L., & Pontevedra-Pombal, X. (2020). High-resolution patterns of palaeoenvironmental changes during the Little Ice Age and the Medieval Climate Anomaly in the northwestern Iberian Peninsula. *Geoscience Frontiers*, 11(5), 1461-1475. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2020.05.015>.
- Castro, M. T. T., Aira-Rodríguez, M. J., & Díaz-Fierros Viqueira, F. (1993). Formación de turberas en la Sierra de O Bocelo. Relación con las condiciones paleoambientales del holoceno. *Cuaderno do Laboratorio de Laxe*, 18, 365-377.
- Chauvin, A. M. C. (2007). La evolución del uso de soportes líticos en la secuencia Tardiglaciario de la Cueva de El Rascaño (Mirones-Cantabria). *Trabajos de prehistoria*, 64(1), 137-149. <https://doi.org/10.3989/tp.2007.v64.i1.98>.
- Chauvin, A. M. C., Martínez, M. A. F., & Mayolini, L. C. T. (2018). Tecnología lítica de los niveles magdalenenses de la cueva de El Horno (Ramales de la Victoria, Cantabria). In *Septem!: Homenaje a Alberto Gómez Castanedo* (pp. 93-104). Federación ACANTO.
- Clark, P. U., Marshall, S. J., Clarke, G. K., Hostetler, S. W., Licciardi, J. M., & Teller, J. T. (2001). Freshwater forcing of abrupt climate change during the last glaciation. *Science*, 293(5528), 283-287. <https://doi.org/10.1126/science.1062517>.
- Clark, P. U., Pisias, N. G., Stocker, T. F., & Weaver, A. J. (2002). The role of the thermohaline circulation in abrupt climate change. *Nature*, 415(6874), 863-869. <https://doi.org/10.1038/415863a>.
- Clark, P. U., Dyke, A. S., Shakun, J. D., Carlson, A. E., Clark, J., Wohlfarth, B., Mitrovica, J. X., Hostetler, S. W., & McCabe, A. M. (2009). The last glacial maximum. *Science*, 325(5941), 710-714. <https://doi.org/10.1126/science.1172873>.
- Collins, R. (2004). *Visigothic Spain 409-711* (Vol. 2). John Wiley & Sons.
- Conedera, M., Tinner, W., Neff, C., Meurer, M., Dickens, A. F., & Krebs, P. (2009). Reconstructing past fire regimes: methods, applications, and relevance to fire management and conservation. *Quaternary Science Reviews*, 28(5-6), 555-576. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2008.11.005>.
- Connor, S. E., Araújo, J., van der Knaap, W. O., & van Leeuwen, J. F. (2012). A long-term perspective on biomass burning in the Serra da Estrela, Portugal. *Quaternary Science Reviews*, 55, 114-124. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2012.08.007>.

- Corbera, M. (1999). Ferrerías en Cantabria. In *Hierro al mar. Minas, bosques, ferrerías, astilleros y arsenales "litoral atlántico"* (pp. 45-51). Instituto de Estudios Cántabros, Asociación Tajamar.
- Corchón-Rodríguez, M. S. (1999). Solutrense y Magdaleniense del Oeste de la Cornisa Cantábrica: dataciones C¹⁴ (calibradas) y marco cronológico.
- Corella, J. P., Stefanova, V., El Anjoumi, A., Rico, E., Giralt, S., Moreno, A., Plata-Montero, A., & Valero-Garcés, B. L. (2013). A 2500-year multi-proxy reconstruction of climate change and human activities in northern Spain: the Lake Arreo record. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 386, 555-568. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2013.06.022>.
- Costa-García, J. (2018). Rediscovering the Roman Conquest of the North-western Iberian Peninsula. *Conflict Archaeology: Materialities of Collective Violence from Prehistory to Late Antiquity*, 141-151. <https://doi.org/10.4324/9781315144771-13>.
- Costas, S., Muñoz-Sobrino, C., Alejo, I., & Pérez-Arlucea, M. (2009). Holocene evolution of a rock-bounded barrier-lagoon system, Cíes Islands, northwest Iberia. *Earth Surface Processes and Landforms*, 34(11), 1575-1586. <https://doi.org/10.1002/esp.1849>.
- Cuartero, F., Alcaraz-Castano, M., López-Recio, M., Carrión-Santafé, E., & Baena-Preysler, J. (2015). Recycling economy in the Mousterian of the Iberian Peninsula: The case study of El Esquilleu. *Quaternary International*, 361, 113-130. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.11.059>.
- Cubas, M., & Fano, M. (2011). Los primeros campesinos del Cantábrico: una revisión de la información disponible y de los modelos propuestos. *Férvedes* 7, 77-86.
- Cubas, M., Altuna, J., Alvarez-Fernández, E., Armendariz, A., Fano, M. A., López-Dóriga, I. L., Mariezkurrena, K., Tapia, J., Teira, L. C., & Arias, P. (2016). Re-evaluating the Neolithic: the impact and the consolidation of farming practices in the Cantabrian region (northern Spain). *Journal of World Prehistory*, 29(1), 79-116. <https://doi.org/10.1007/s10963-016-9091-2>.
- Cuenca-Bescós, G., Straus, L. G., González Morales, M. R., & García Pimienta, J. C. (2008). Paleoclima y paisaje del final del Cuaternario en Cantabria: los pequeños mamíferos de la Cueva del Mirón (Ramales de la victoria). *Revista Española de Paleontología*, 23(1), 91-126.
- Cuenca-Bescós, G., Straus, L. G., Morales, M. R. G., & Pimienta, J. C. G. (2009). The reconstruction of past environments through small mammals: from the Mousterian to the Bronze Age in El Mirón Cave (Cantabria, Spain). *Journal of Archaeological Science*, 36(4), 947-955. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2008.09.025>.
- Cuenca-Solana, D., Gutiérrez-Zugasti, I., Ruiz-Redondo, A., Gonzalez-Morales, M. R., Setién, J., Ruiz-Martínez, E., Palacio-Pérez, E., de las Heras,

- M., Prada-Freixedo, A., & Lasheras-Corruchaga, J. A. (2016). Painting Altamira Cave? Shell tools for ochre-processing in the Upper Palaeolithic in northern Iberia. *Journal of Archaeological Science*, 74, 135-151. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2016.07.018>.
- Cuerno, C. C. (2001). Arozos y ferrones: las ferrerías de Cantabria en el Antiguo Régimen. Ed. Universidad de Cantabria.
- Daniau, A. -L., Harrison, S. P., & Bartlein, P. J. (2010). Fire regimes during the last glacial. *Quaternary Science Reviews* 29, 2918–2930. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2009.11.008>.
- Daniau, A. -L., Bartlein, P. J., Harrison, S. P., Prentice, I. C., Brewer, S., Friedlingstein, P., Harrison-Prentice, T. I., Inoue, J., Izumi, K., Marlon, J. R., Mooney, S., Power, M. J., Stevenson, J., Tinner, W., Andrić, M., Atanassova, J., Behling, H., Black, M., Blarquez, O., Brown, K. J., Carcaillet, C., Colhoun, E.A., Colombaroli, D., Davis, B. A. S., D’Costa, D., Dodson, J., Dupont, L., Eshetu, Z., Gavin, D. G., Genries, A., Haberle, S., Hallett, D. J., Hope, G., Horn, S. P., Kassa, T. G., Katamura, F., Kennedy, L. M., Kershaw, P., Krivonogov, S., Long, C., Magri, D., Marinova, E., McKenzie, G. M., Moreno, P. I., Moss, P., Neumann, F. H., Norström, E., Paitre, C., Rius, D., Roberts, N., Robinson, G. S., Sasaki, N., Scott, L., Takahara, H., Terwilliger, V., Thevenon, F., Turner, R., Valsecchi, V. G., Vannière, B., Walsh, M., Williams, N., & Zhang, Y. (2012). Predictability of biomass burning in response to climate changes. *Global Biogeochemical Cycles* 26. <https://doi.org/10.1029/2011GB004249>.
- Daniau, A. L., Desprat, S., Aleman, J. C., Bremond, L., Davis, B., Fletcher, W., Marlon, J. R., Marquer, L., Montade, V., Morales-Molino, C., Naughton, F., Rius, D., & Urrego, D. H. (2019). Terrestrial plant microfossils in palaeoenvironmental studies, pollen, microcharcoal and phytolith. Towards a comprehensive understanding of vegetation, fire and climate changes over the past one million years. *Revue de micropaléontologie*, 63, 1-35. <https://doi.org/10.1016/j.revmic.2019.02.001>.
- Dansgaard, W., Clausen, H. B., Gundestrup, N., Hammer, C. U., Johnsen, S. F., Kristinsdottir, P. M., & Reeh, N. (1982). A new Greenland deep ice core. *Science*, 218(4579), 1273-1277. <https://doi.org/10.1126/science.218.4579.1273>.
- Davis, B. A., Brewer, S., Stevenson, A. C., & Guiot, J. (2003). The temperature of Europe during the Holocene reconstructed from pollen data. *Quaternary science reviews*, 22(15-17), 1701-1716. [https://doi.org/10.1016/S0277-3791\(03\)00173-2](https://doi.org/10.1016/S0277-3791(03)00173-2).
- de las Heras, C., Barquín, R. M., Lasheras, J. A., Rasines, P., & Monforte, P. F. (2008). Dos rodets paleolíticos procedentes de las cuevas del Linar y Las Aguas, Alfoz de Lloredo (Cantabria). *Veleia*, (24-25).
- del Río, P. R., Fernández, E. M., Santamaría, S. S., Expósito, J. M. M., & Zugasti, F. I. G. (2011). Aproximación paleoambiental al nivel XIII

- (Auriñaciense) del abrigo de El Cuco (Castro Urdiales. Cantabria). *Kobie. Paleoantropología*, (30), 31-42.
- Denton, G. H., & Karlén, W. (1973). Holocene climatic variations—their pattern and possible cause. *Quaternary research*, 3(2), 155-205. [https://doi.org/10.1016/0033-5894\(73\)90040-9](https://doi.org/10.1016/0033-5894(73)90040-9).
- Desprat, S., Sánchez Goñi, M. F., McManus, J. F., Duprat, J., & Cortijo, E. (2009). Millennial-scale climatic variability between 340 000 and 270 000 years ago in SW Europe: evidence from a NW Iberian margin pollen sequence. *Climate of the Past*, 5(1), 53-72. <https://doi.org/10.5194/cp-5-53-2009>.
- Diez-Castillo, A. (1996). Una cabaña neolítica en los Picos de Europa. In *I Congrés del Neolític a la Península Ibèrica* (Vol. I, pp. 349-356). Ed. Museu de Gavà.
- Domínguez-Villar, D., Wang, X., Cheng, H., Martín-Chivelet, J. R., & Edwards, L. (2008). A high-resolution late Holocene speleothem record from Kaite Cave, northern Spain $\delta^{18}O$ variability and possible causes. *Quaternary International*, 187(1), 40-51. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2007.06.010>.
- Domínguez-Villar, D., Fairchild, I. J., Baker, A., Wang, X., Edwards, R. L., & Cheng, H. (2009). Oxygen isotope precipitation anomaly in the North Atlantic region during the 8.2 ka event. *Geology*, 37(12), 1095-1098. <https://doi.org/10.1130/G30393A.1>.
- Domínguez-Villar, D., Wang, X., Krklec, K., Cheng, H., & Edwards, R. L. (2017). The control of the tropical North Atlantic on Holocene millennial climate oscillations. *Geology*, 45(4), 303-306. <https://doi.org/10.1130/G38573.1>.
- d'Errico, F., Bouillot, L. D., García-Diez, M., Martí, A. P., Pimentel, D. G., & Zilhão, J. (2016). The technology of the earliest European cave paintings: El Castillo Cave, Spain. *Journal of Archaeological Science*, 70, 48-65. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2016.03.007>.
- Echegaray, J. G., Freeman, L. G., de la Campa, B. M., Butzer, K. W., & Altuna, J. (1973). *Cueva Morín: excavaciones 1969*. Patronato de las Cuevas Prehistóricas, Museo de Prehistoria, Excma. Diputación de Santander.
- Echegaray, J. G. (1980). El yacimiento de la cueva de “El Pendo”: (excavaciones 1953-57). Editorial CSIC-CSIC Press.
- Fairbanks, R. G. (1989). A 17,000-year glacio-eustatic sea level record: influence of glacial melting rates on the Younger Dryas event and deep-ocean circulation. *Nature*, 342(6250), 637-642. <https://doi.org/10.1038/342637a0>.
- Falguères, C., Bahain, J. J., Yokoyama, Y., Arsuaga, J. L., de Castro, J. M. B., Carbonell, E., Bischoff, J. L., & Dolo, J. M. (1999). Earliest humans in Europe: the age of TD6 gran Dolina, Atapuerca, Spain. *Journal of Human Evolution*, 37(3-4), 343-352. <https://doi.org/10.1006/jhev.1999.0326>.

- Fano, M. Á., Cubas, M., & Wood, R. (2015). The first farmers in Cantabrian Spain Contribution of numerical chronology to understand an historical process. *Quaternary International*, 364, 153-161. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.09.026>.
- Fano, M. Á., Grandela, A. C., Clemente-Conte, I., Tarrío, A., & Teira, L. C. (2020). Magdalenian knappers in the Asón Valley: Level 2 at El Horno Cave (Ramales de la Victoria, Cantabria, Spain). *Journal of Archaeological Science: Reports*, 30, 102230. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2020.102230>.
- Fernández, E. M., & Santamaría, S. S. (2009). Análisis de la industria lítica de la cueva de Cobrante. *Sautuola: Revista del Instituto de Prehistoria y Arqueología Sautuola*, (15), 145-189.
- Fernández-Tresguerres, J. A. (2004). El final del Paleolítico en los espacios cantábricos: el Aziliense. *Kobie*, 8, 309-336.
- Fernández-Tresguerres, J. A. (2006). El Aziliense de la región cantábrica. *Zephyrus LIX*, 163-179.
- Fleitmann, D., Mudelsee, M., Burns, S. J., Bradley, R. S., Kramers, J., & Matter, A. (2008). Evidence for a widespread climatic anomaly at around 9.2 ka before present. *Paleoceanography*, 23(1). <https://doi.org/10.1029/2007PA001519>.
- Fombella-Blanco, M. A., Olalla, A. A., García, E. P., Merino, Á. P., Herrero, E. A., Rodríguez, R. M., & Fernández, E. G. R. (2001). Primeros resultados sobre la dinámica de la vegetación en la turbera del Puerto de San Isidro (León, España). In *Palinología. Diversidad y aplicaciones: trabajos del XII Simposio de Palinología (APLE)*. León, 1998 (pp. 79-86). Servicio de Publicaciones.
- Franco-Múgica, F., Antón, M. G., Ruiz, J. M., Juaristi, C. M., & Ollerol, H. S. (2001). The Holocene history of Pinnus forests in the Spanish Northern Meseta. *The Holocene*, 11(3), 343-358. <https://doi.org/10.1191/095968301669474913>.
- Franco-Múgica, F., García-Antón, M., Maldonado-Ruiz, J., Morla-Juaristi, C., & Sainz-Ollero, H. (2005). Ancient pine forest on inland dunes in the Spanish northern meseta. *Quaternary Research*, 63(1), 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.yqres.2004.08.004>.
- Freeman, L. G. (1978). Mousterian Worked Bone from Cueva Morin (Santander, Spain): A Preliminary Description. *Views of the Past: Essays in Old World Prehistory and Paleanthropology*, 29-51.
- Freeman, L. G. (1983). More on the Mousterian: flaked bone from Cueva Morín. *Current Anthropology*, 24(3), 366-377.
- Frochoso, M., González-Pellejero, R., & Allende, F. (2013). Pleistocene glacial morphology and timing of Last Glacial Cycle in Cantabrian Mountains (Northern Spain): new chronological data from the Asón Area. *Open Geosciences*, 5(1), 12-27. <https://doi.org/10.2478/s13533-012-0117-8>.

- Gallego, J. L. R., Ortiz, J. E., Sierra, C., Torres, T., & Llamas, J. F. (2013). Multivariate study of trace element distribution in the geological record of Roñanzas Peat Bog (Asturias, N. Spain). *Paleoenvironmental evolution and human activities over the last 8000 cal yr BP. Science of the total Environment*, 454, 16-29. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.02.083>.
- García-Alonso, M. (1999). Los carboneros de los bosques de Cantabria. In *Hierro al mar. Minas, bosques, ferrerías, astilleros y arsenales "litoral atlántico"* (pp. 96-105). Instituto de Estudios Cántabros, Asociación Tajamar.
- García-Amorena, I., Morla, C., Rubiales, J. M., & Gómez Manzanque, F. (2008). Taxonomic composition of the Holocene forests of the northern coast of Spain, as determined from their macroremains. *The Holocene*, 18(5), 819-829. <https://doi.org/10.1177/0959683608089218>.
- García-Amorena, I., Rubiales, J. M., Amat, E. M., González, R. I., & Gómez-Manzanque, F. (2011). New macrofossil evidence of *Pinus nigra* Arnold on the Northern Iberian Meseta during the Holocene. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 163(3-4), 281-288. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2010.10.010>.
- García-Antón, M., Ruiz-Zapata, B., & Ugarte, F. M. (1989). Análisis geomorfológico y palinológico de la turbera de Saldropo, Barazar, Zeanuni, Bizkaia. *Lurralde (San Sebastián)*, (12), 25-44.
- García-Antón, M., Múgica, F. F., Ollero, H. S., Juaristi, C. M., & Ruiz, J. M. (1994). Una secuencia polínica en Quintana Redonda (Soria). Evolución holocena del tapiz vegetal en el Sistema Ibérico septentrional. In *Anales del Jardín Botánico de Madrid* (Vol. 52, No. 2, pp. 187-195). Real Jardín Botánico.
- García-Antón, M., Múgica, F. F., Maldonado, J., Juaristi, C. M., & Ollero, H. S. (1997). New data concerning the evolution of the vegetation in Lillo pinewood (León, Spain). *Journal of Biogeography*, 929-934. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.1997.00181.x>.
- García-Antón, M., Gil-Romera, G., Pagés, J. L., & Alonso-Millán, A. (2006). The Holocene pollen record in the Villaviciosa Estuary (Asturias, North Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 237(2-4), 280-292. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2005.12.004>.
- García-Diez, M., Hoffmann, D. L., Zilhão, J., de Las Heras, C., Lasheras, J. A., Montes, R., & Pike, A. W. (2013). Uranium series dating reveals a long sequence of rock art at Altamira Cave (Santillana del Mar, Cantabria). *Journal of Archaeological Science*, 40(11), 4098-4106. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2013.05.011>.
- García-Diez, M., Garrido, D., Hoffmann, D., Pettitt, P., Pike, A., & Zilhão, J. (2015). The chronology of hand stencils in European Palaeolithic rock art: implications of new U-series results from El Castillo Cave (Cantabria, Spain). *Journal of Anthropological sciences*, 93, 135-152. <https://doi.org/10.4436/JASS.93004>.

- García-Moreiras, I., Delgado, C., Martínez-Carreño, N., García-Gil, S., & Muñoz-Sobrino, C. (2019a). Climate and vegetation changes in coastal ecosystems during the Middle Pleniglacial and the early Holocene: Two multi-proxy, high-resolution records from Ría de Vigo (NW Iberia). *Global and Planetary Change*, 176, 100-122. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2019.02.015>.
- García-Moreiras, I., Cartelle, V., García-Gil, S., Muñoz-Sobrino, C. (2019b). First high-resolution multi-proxy palaeoenvironmental record of the Late Glacial to Early Holocene transition in the Ría de Arousa (Atlantic margin of NW Iberia). *Quaternary Science Reviews*, 215, 308-321. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2019.05.016>.
- 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.
- García-Rovés, E., Puente-García, E., Fombella-Blanco, M. A., Ruiz-Zapata, M. B., & Marcos Varela, L. (2001). Primeros resultados palinológicos de la turbera del Puerto de Leitariegos, Provincia de León, in: Moreno-Grau, S., Elvira-Rendueles, B., & Moreno-Angosto, J. M. (Eds.), *XIII Simposio de la Asociación de Palinólogos en Lengua Española (A.P.L.E.)*. Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena, 283-290.
- Garralda, M. D., Maíllo-Fernández, J. M., Higham, T., Neira, A., & Bernaldo de Quirós, F. (2019). The Gravettian child mandible from El Castillo Cave (Puente Viesgo, Cantabria, Spain). *American Journal of Physical Anthropology*, 170(3), 331-350. <https://doi.org/10.1002/ajpa.23906>.
- Gil-García, M. J., Las Heras, R. T., Olivera, E. N., & Abaigar, J. M. (1995). Análisis polínico de un depósito higróturboso de la Sierra de Cameros (La Rioja, España). *Zubía*, (13), 33-41.
- Gil-García, M. J., Valiño, M. D., Rodríguez, A. V., & Zapata, M. B. R. (2002). Late-glacial and Holocene palaeoclimatic record from Sierra de Cebollera (northern Iberian Range, Spain). *Quaternary International*, 93, 13-18. [https://doi.org/10.1016/S1040-6182\(02\)00003-4](https://doi.org/10.1016/S1040-6182(02)00003-4).
- Gil-Romera, G., González-Sampériz, P., Lasheras-Álvarez, L., Sevilla-Callejo, M., Moreno, A., Valero-Garcés, B., López-Merino, L., Carrión, J. S., Pérez-Sanz, A., Aranbarri, J., & Fronce, E. G. P. (2014). Biomass-modulated fire dynamics during the last glacial–interglacial transition at the Central Pyrenees (Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 402, 113-124. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2014.03.015>.
- Gómez-Lobo Rodríguez, A. (1993). *Historia de la vegetación durante los últimos 15.000 años en los Picos de Urbión (Soria) en base al análisis polínico*. Universidad de Alcalá de Henares: Alcalá de Henares.
- Gómez-Lobo Rodríguez, A., García, M. J. G., Ballano, M. A., & Ruiz-Zapata, M. B. R. (1996). Evolución de la paleovegetación en el noroeste del Sistema

- Ibérico (Soria), durante los últimos 7000 BP. *Botánica Macaronésica*, (23), 233-240.
- Gómez-Orellana, L. R., Ramil-Rego, P., & Muñoz-Sobrino, C. (1998). Una nueva secuencia polínica y cronológica para el depósito pleistoceno de Mougás (NW de la Península Ibérica). *Revue de Paléobiologie*, 17, 35-47.
- Gómez-Orellana, L. R., Ramil-Rego, P., & Sánchez, S. M. (2001). Modificaciones del paisaje durante el Pleistoceno Superior-Holoceno en los territorios litorales atlánticos del NW Ibérico. *Estudos do Quaternário/Quaternary Studies*, (4), 79-96. <https://doi.org/10.30893/eq.v0i4.43>.
- Gómez-Orellana, L. R., Ramil-Rego, P., & Muñoz-Sobrino, C. (2007). The Würm in NW Iberia, a pollen record from area Longa (Galicia). *Quaternary Research*, 67(3), 438-452. <https://doi.org/10.1016/j.yqres.2007.01.003>.
- Gómez-Orellana, L. R., Ramil Rego, P., Muñoz Sobrino, C., & Bettencourt, A. (2010). El paisaje Holoceno en la Serra de Arga (NW Portugal). In Bettencourt A. M. S., Alves M. I. C., Monteiro-Rodrigues S. (Eds.), *Variações Paleoambientais e Evolução Antrópica no Quaternário do Ocidente Peninsular/Palaeoenvironmental Changes and Anthropization in the Quaternary of Western Iberia*, Braga, Associação Portuguesa para o Estudo do Quaternário-APEQ/Centro de Investigação Transdisciplinar (pp. 53-59). Cultura, Espaço e Memória-CITCEM.
- Gómez-Orellana, L. R., Ramil-Rego, P., & Muñoz-Sobrino, C. (2013). The response of vegetation at the end of the last glacial period (MIS 3 and MIS 2) in littoral areas of NW Iberia. *Boreas*, 42(3), 729-744. <https://doi.org/10.1111/j.1502-3885.2012.00310.x>.
- González-Pellejero, R., Allende, F., López-Sáez, J. A., Frochoso-Sánchez, M., Alba-Sánchez, F., & Abel-Schaad, D. (2014). Dinámicas naturales y antrópicas en los paisajes vegetales de los valles internos de Cantabria occidental (Norte de España). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 65, 139-165. <https://doi.org/10.21138/bage.1747>.
- González-Rabanal, B., Marín-Arroyo, A. B., Jones, J. R., Pérez, L. A., Vega-Maeso, C., & González-Morales, M. R. (2020). Diet, mobility and death of Late Neolithic and Chalcolithic groups of the Cantabrian Region (northern Spain). A multidisciplinary approach towards studying the Los Avellanos I and II burial caves. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 34, 102644. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2020.102644>.
- González-Sainz, C. (1989). El Magdaleniense Superior-Final de la región cantábrica. Ed. Universidad de Cantabria.
- González-Sainz, C. (1994). Sobre la cronoestratigrafía del Magdaleniense y Aziliense en la región cantábrica. *Munibe. Ciencias naturales*, 46, 53-68.
- González-Sainz, C. (2005). Actividad gráfica Magdaleniense en la región Cantábrica. Datación y modificaciones iconográficas. In *Actas do IV*

- Congreso de Arqueología Peninsular* (pp. 157-181). Universidade do Algarbe Faro.
- González-Sainz, C. (2007). El tema del “ciervo herido” en el arte parietal paleolítico de la región Cantábrica: evaluación iconográfica. *Veleia*, 25-25, 305-327.
- González-Sainz, C. (2012). Una introducción al arte parietal paleolítico de la región Cantábrica. In *Arte sin artistas. Una mirada al Paleolítico*: [exposición celebrada en el] Museo Arqueológico Regional, Alcalá de Henares, Madrid, de diciembre de 2012 a abril de 2013 (pp. 153-184).
- González-Sainz, C., & González-Urquijo, J. E. (2004). El Magdaleniense reciente en la región cantábrica. *Las Sociedades del Paleolítico en la Región Cantábrica. Anejo de Kobie. Diputación Foral de Bizkaia. Bilbao*, 275-308.
- González-Sampériz, P., Utrilla, P., Mazo, C., Valero-Garcés, B., Sopena, M. C., Morellón, M., Sebastián, M., Moreno, A., & Martínez-Bea, M. (2009). Patterns of human occupation during the early Holocene in the Central Ebro Basin (NE Spain) in response to the 8.2 ka climatic event. *Quaternary Research*, 71(2), 121-132. <https://doi.org/10.1016/j.yqres.2008.10.006>.
- Gouzy, A., Malaizé, B., Pujol, C., & Charlier, K. (2004). Climatic “pause” during Termination II identified in shallow and intermediate waters off the Iberian margin. *Quaternary Science Reviews*, 23(14-15), 1523-1528. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2004.03.002>.
- Grachev, A. M., & Severinghaus, J. P. (2005). A revised $+ 10 \pm 4$ °C magnitude of the abrupt change in Greenland temperature at the Younger Dryas termination using published GISP2 gas isotope data and air thermal diffusion constants. *Quaternary Science Reviews*, 24(5-6), 513-519. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2004.10.016>.
- Gutiérrez-Zugasti, I., Cuenca-Solana, D., del Río, P. R., Muñoz, E., Santamaría, S., & Morlote, J. M. (2013). The role of shellfish in hunter-gatherer societies during the Early Upper Palaeolithic: A view from El Cuco rockshelter, northern Spain. *Journal of Anthropological Archaeology*, 32(2), 242-256. <https://doi.org/10.1016/j.jaa.2013.03.001>.
- Gutiérrez-Zugasti, I., Rios-Garaizar, J., Marín-Arroyo, A. B., del Río, P. R., Maroto, J., Jones, J. R., Bailey, G. N., & Richards, M. P. (2018). A chrono-cultural reassessment of the levels VI–XIV from El Cuco rockshelter: A new sequence for the Late Middle Paleolithic in the Cantabrian region (northern Iberia). *Quaternary International*, 474, 44-55. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2017.06.059>.
- Hannon, G. E. (1985). *Late Quaternary Vegetation of Sanabria Marsh North West Spain*. Trinity College Dublin.
- Harrison, S. P., Marlon, J. R., & Bartlein, P. J. (2010). Fire in the Earth system, in: *Changing climates, earth systems and society*. Springer, Dordrecht, pp. 21-48. https://doi.org/10.1007/978-90-481-8716-4_3.

- Heinrich, H. (1988). Origin and consequences of cyclic ice rafting in the northeast Atlantic Ocean during the past 130,000 years. *Quaternary research*, 29(2), 142-152. [https://doi.org/10.1016/0033-5894\(88\)90057-9](https://doi.org/10.1016/0033-5894(88)90057-9).
- Hemming, S. R. (2004). Heinrich events: Massive late Pleistocene detritus layers of the North Atlantic and their global climate imprint. *Reviews of Geophysics*, 42(1). <https://doi.org/10.1029/2003RG000128>.
- Higham, T., Douka, K., Wood, R., Ramsey, C. B., Brock, F., Basell, L., Camps, M., Arrizabalaga, A., Baena, J., Barroso-Ruiz, C., Bergman, C., Boitard, C., Boscatto, P., Caparrós, M., Conard, N. J., Draily, C., Froment, A., Galván, B., Gambassini, P., & Jacobi, R. (2014). The timing and spatiotemporal patterning of Neanderthal disappearance. *Nature*, 512(7514), 306-309. <https://doi.org/10.1038/nature13621>.
- Hoffmann, D. L., Standish, C. D., García-Díez, M., Pettitt, P. B., Milton, J. A., Zilhão, J., Alcolea-González, J. J., Cantalejo-Duarte, P., Collado, H., de Balbín, R., Lorblanchet, M., Ramos-Muñoz, J., Weniger, G. -Ch., & Pike, A. W. (2018a). U-Th dating of carbonate crusts reveals Neandertal origin of Iberian cave art. *Science*, 359(6378), 912-915. <https://doi.org/10.1126/science.aap7778>.
- Hoffmann, D. L., Standish, C. D., García-Díez, M., Pettitt, P. B., Milton, J. A., Zilhão, J., Alcolea-González, J. J., Cantalejo-Duarte, P., Collado, H., de Balbín, R., Lorblanchet, M., Ramos-Muñoz, J., Weniger, G. -Ch., & Pike, A. W. (2018b). Response to Comment on “U-Th dating of carbonate crusts reveals Neandertal origin of Iberian cave art”. *Science*, 362(6411). <https://doi.org/10.1126/science.aau1736>.
- Hoffmann, D. L., Standish, C. D., García-Díez, M., Pettitt, P. B., Milton, J. A., Zilhão, J., Alcolea-González, J. J., Cantalejo-Duarte, P., Collado, H., de Balbín, R., Lorblanchet, M., Ramos-Muñoz, J., Weniger, G. -Ch., & Pike, A. W. (2020). Response to White et al.’s reply: ‘Still no archaeological evidence that Neanderthals created Iberian cave art’ [J. Hum. Evol. (2020) 102640]. *Journal of Human Evolution*, 144, 102810. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2020.102810>.
- Hoyos-Gómez, M., & Laville, H. (1982). Nuevas aportaciones sobre la estratigrafía y sedimentología de los depósitos del Paleolítico Superior de la Cueva de El Pendo (Santander): sus implicaciones.
- Iriarte-Chiapusso, M. J. (2009). Vegetation landscape and the anthropization of the environment in the central sector of the Northern Iberian Peninsula: Current status. *Quaternary International*, 200(1-2), 66-76. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2008.10.008>.
- Iriarte-Chiapusso, M. J., Sobrino, C. M., Rego, P. R., & Guitián, M. R. (2001). Análisis palinológico de la turbera de San Mamés de Abar (Burgos). In *Palinología. Diversidad y aplicaciones: trabajos del XII Simposio de Palinología (APLE)*. León, 1998 (pp. 87-93). Servicio de Publicaciones.

- Iriarte-Chiapusso, M. J., Ramil-Rego, P., & Muñoz-Sobrino, C. (2003). El registro postglaciar de dos turberas situadas en el norte de la provincia de Burgos. *Polen*, 13, 55-68.
- Iriarte-Chiapusso, M. J., Mujika, J., & Tarrío, A. (2005). Herriko Barra (Zarautz Gipuzkoa): caractérisation industrielle et économique des premiers groupes de producteurs sur le littoral basque. Actas del Colloque Unite et diversité des processus de néolithisation sur la fac-ade atlantique de l'Europe. Bulletin de la Société Préhistorique Française XXXVI, 127–136.
- Iriarte-Chiapusso, M. J., Muñoz-Sobrino, C., García-Orellana, L., & Ramil-Rego, P. (2006). Dinámica del paisaje en la Reserva de la Biosfera del Urdaibai durante el Holoceno. In *Comunicaciones/III Congreso Español de Biogeografía Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea*, pp. 113-117.
- Iriarte-Chiapusso, M. J., Muñoz-Sobrino, C., Gómez-Orellana, L., Hernández-Beloqui, B., García-Moreiras, I., Fernández-Rodríguez, C., Heiri, O., Lotter, A. F., Ramil-Rego, P. (2016). Reviewing the Lateglacial–Holocene transition in NW Iberia: a palaeoecological approach based on the comparison between dissimilar regions. *Quaternary International*, 403, 211-236. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.09.029>.
- Isono, D., Yamamoto, M., Irino, T., Oba, T., Murayama, M., Nakamura, T., & Kawahata, H. (2009). The 1500-year climate oscillation in the midlatitude North Pacific during the Holocene. *Geology*, 37(7), 591-594. <https://doi.org/10.1130/G25667A.1>.
- Iversen, J. (1953). Radiocarbon dating of the Alleröd period. *Science*, 118(3053), 9-11. <https://doi.org/10.1126/science.118.3053.9>.
- Jalut, G., Turu-Michels, V., Dedoubat, J. J., Otto, T., Ezquerria, J., Fontugne, M., Belet, J. M., Bonnet, L., García de Celis, A., Redondo-Vega, J. M., Vidal-Romaní, J. R., & Santos, L. (2010). Palaeoenvironmental studies in NW Iberia (Cantabrian range): vegetation history and synthetic approach of the last deglaciation phases in the western Mediterranean. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 297(2), 330-350. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2010.08.012>.
- Jiménez, M., & Fariás, P. (2005). Geomorfología glaciar en la Cordillera Cantábrica (noroeste de España: algunos ejemplos). *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 13(3), 259-269.
- Jiménez-Sánchez, M., Ruiz-Zapata, M., Arquer, P. F., Valiño, M. D., García, M. G., & Rodríguez, A. V. (2003). Palaeoenvironmental research in cantabrian mountains: redes natural, park and comella basin. In *Quaternary climatic changes and environmental crises in the Mediterranean Region. Universidad de Alcalá de Henares, Ministerio de Ciencia y Tecnología, INQUA, Alcalá de Henares* (pp. 229-240).
- Johnsen, S. J., Clausen, H. B., Dansgaard, W., Fuhrer, K., Gundestrup, N., Hammer, C. U., Iversen, P., Jouzel, J., Stauffer, B., & Stauffer, B. (1992).

- Irregular glacial interstadials recorded in a new Greenland ice core. *Nature*, 359(6393), 311-313. <https://doi.org/10.1038/359311a0>.
- Johnsen, S. J., Dahl-Jensen, D., Gundestrup, N., Steffensen, J. P., Clausen, H. B., Miller, H., Masson-Delmotte, V., Sveinbjörnsdóttir, A. E., & White, J. (2001). Oxygen isotope and palaeotemperature records from six Greenland ice-core stations: Camp Century, Dye-3, GRIP, GISP2, Renland and NorthGRIP. *Journal of Quaternary Science: Published for the Quaternary Research Association*, 16(4), 299-307. <https://doi.org/10.1002/jqs.622>.
- Jones, J. R., Richards, M. P., Reade, H., Bernaldo de Quirós, F., & Marín-Arroyo, A. B. (2019). Multi-Isotope investigations of ungulate bones and teeth from El Castillo and Covalejos caves (Cantabria, Spain): Implications for paleoenvironment reconstructions across the Middle-Upper Palaeolithic transition. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 23, 1029-1042. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2018.04.014>.
- Joos, F., & Spahni, R. (2008). Rates of change in natural and anthropogenic radiative forcing over the past 20,000 years. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(5), 1425-1430. <https://doi.org/10.1073/pnas.0707386105>.
- Jordá-Pardo, J. F., Baena, J., Carral-González, P., García-Guinea, J., Correcher-Delgado, V., & Yravedra J. (2008). Procesos sedimentarios y diagenéticos en el registro arqueológico del yacimiento Pleistoceno de la Cueva de El Esquilieu (Picos de Europa, Norte de España). *Cuaternario y geomorfología*.
- Kaal, J., Marco, Y. C., Asouti, E., Seijo, M. M., Martínez-Cortizas, A., Casáis, M. C., & Boado, F. C. (2011). Long-term deforestation in NW Spain: linking the Holocene fire history to vegetation change and human activities. *Quaternary Science Reviews*, 30(1-2), 161-175. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2010.10.006>.
- Kaal, J., Criado-Boado, F., Costa-Casais, M., López-Sáez, J. A., López-Merino, L., Mighall, T., Carrión, Y., Silva-Sánchez, N., & Martínez-Cortizas, A. (2013). Prehistoric land use at an archaeological hot-spot (the rock art park of Campo Lameiro, NW Spain) inferred from charcoal, synanthropic pollen and non-pollen palynomorph proxies. *Journal of Archaeological Science*, 40(3), 1518-1527. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2012.09.024>.
- Komárek, M., Ertler, V., Chrástný, V., & Mihaljevič, M. (2008). Lead isotopes in environmental sciences: a review. *Environment international*, 34(4), 562-577. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2007.10.005>.
- Krawchuk, M. A., & Moritz, M. A. (2011). Constraints on global fire activity vary across a resource gradient. *Ecology*, 92(1), 121-132. <https://doi.org/10.1890/09-1843.1>.
- Kylander, M. E., Weiss, D. J., Martínez-Cortizas, A., Spiro, B., Garcia-Sanchez, R., & Coles, B. J. (2005). Refining the pre-industrial atmospheric Pb isotope evolution curve in Europe using an 8000 year old peat core from

- NW Spain. *Earth and Planetary Science Letters*, 240(2), 467-485. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2005.09.024>.
- Lambeck, K., Rouby, H., Purcell, A., Sun, Y., & Sambridge, M. (2014). Sea level and global ice volumes from the Last Glacial Maximum to the Holocene. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(43), 15296-15303. <https://doi.org/10.1073/pnas.1411762111>.
- Lefebvre, A., Marín-Arroyo, A. B., Álvarez-Fernández, E., De la Rasilla Vives, M., Matías, E. D., Cueto, M., Tapia, J., Berganza, E., & Pétilion, J. M. (2021). Interconnected Magdalenian societies as revealed by the circulation of whale bone artefacts in the Pyreneo-Cantabrian region. *Quaternary Science Reviews*, 251, 106692. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2020.106692>.
- Lewis, P. R., & Jones, G. D. B. (1970). Roman gold-mining in north-west Spain. *The Journal of Roman Studies*, 60, 169-185. <https://doi.org/10.1017/S0075435800043343>.
- Lindgren, A., Hugelius, G., Kuhry, P., Christensen, T. R., & Vandenberghe, J. (2016). Gis-based maps and area estimates of northern hemisphere permafrost extent during the last glacial maximum. *Permafrost and Periglacial Processes*, 27(1), 6-16. <https://doi.org/10.1002/ppp.1851>.
- Lisiecki, L. E., & Raymo, M. E. (2005). A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic $\delta^{18}\text{O}$ records. *Paleoceanography*, 20(1). <https://doi.org/10.1029/2004PA001071>.
- Long, L. (1999). Lead isotopes, in: Marshall, C. P., & Fairbridge, R. W. (Eds.). *Encyclopedia of Geochemistry*, Kluwer Academic Publishers.
- López-Días, V., Borrego, Á. G., & Blanco, C. G. (2010). Vertical evolution of petrographic and organic geochemical parameters in Las Dueñas mire (Cantabrian Coast, North Spain). *International journal of coal geology*, 84(3-4), 179-189. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2010.08.004>.
- López-Días, V., Urbanczyk, J., Blanco, C. G., & Borrego, A. G. (2013a). Biomarkers as paleoclimate proxies in peatlands in coastal high plains in Asturias, N Spain. *International journal of coal geology*, 116, 270-280. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2013.04.006>.
- López-Días, V., Blanco, C. G., Bechtel, A., Püttmann, W., & Borrego, A. G. (2013b). Different source of n-alkanes and n-alkan-2-ones in a 6000 cal. yr BP Sphagnum-rich temperate peat bog (Roñanzas, N Spain). *Organic geochemistry*, 57, 7-10. <https://doi.org/10.1016/j.orggeochem.2013.01.006>.
- López-García, P. (1978). Resultados polínicos del Holoceno en la Península Ibérica. *Trabajos de prehistoria*, 35, 9-44.
- López-Merino, L. (2009). *Paleoambiente y antropización en Asturias durante el Holoceno*. Universidad Autónoma de Madrid, Madrid.
- López-Merino, L., López Sáez, J. A., & López García, P. (2006). Estudio palinológico de la turbera litoral holocena de Las Dueñas (Cudillero,

- Asturias, España). *Revista Española de Micropaleontología*, 38(2-3), 299-308.
- López-Merino, L., Martínez-Cortizas, A., & López-Sáez, J. A. (2010). Early agriculture and palaeoenvironmental history in the North of the Iberian Peninsula: a multiproxy analysis of the Monte Areo mire (Asturias, Spain). *Journal of Archaeological Science*, 37, 1978-1988. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2010.03.003>.
- López-Merino, L., Martínez-Cortizas, A., & López-Sáez, J. A. (2011). Human-induced changes on wetlands: a study case from NW Iberia. *Quaternary Science Reviews*, 30(19-20), 2745-2754. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2011.06.004>.
- López-Merino, L., Sánchez, N. S., Kaal, J., López-Sáez, J. A., & Martínez-Cortizas, A. (2012). Post-disturbance vegetation dynamics during the Late Pleistocene and the Holocene: An example from NW Iberia. *Global and Planetary Change*, 92, 58-70. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2012.04.003>.
- López-Merino, L., Martínez-Cortizas, A., Reher, G. S., López-Sáez, J. A., Mighall, T. M., & Bindler, R. (2014). Reconstructing the impact of human activities in a NW Iberian Roman mining landscape for the last 2500 years. *Journal of Archaeological Science*, 50, 208-218. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2014.07.016>.
- Luret, M., Burke, A., Bernaldo de Quiros, F., & Besse, M. (2020). El Castillo cave (Cantabria, Spain): Archeozoological comparison between the Mousterian occupation level (unit 20) and the “Aurignacien de transition de type El Castillo” (unit 18). *Journal of Archaeological Science: Reports*, 31, 102-339. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2020.102339>.
- Maíllo-Fernández, J. M. (2001). Aproximación al fenómeno laminar en el Paleolítico medio: El ejemplo de la Cueva Morín (Villanueva de Villaescusa, Cantabria). *Espacio Tiempo y Forma. Serie I, Prehistoria y Arqueología*, 14.
- Maíllo-Fernández, J. M., Valladas, H., Cabrera Valdés, V., & Bernardo de Quirós, F. (2001). Nuevas dataciones para el Paleolítico superior de Cueva Morín (Villanueva de Villaescusa, Cantabria).
- Maíllo-Fernández, J. M., Arteaga, C., Iriarte-Chiapusso, M. J., Fernández, A., Wood, R., Bernaldo de Quiros, F., & Sala Ramos, R. (2014). Cueva Morín (Villanueva de Villaescusa, Cantabria). In *Los Cazadores Recolectores Del Pleistoceno Y Del Holoceno En Iberia Y El Estrecho de Gibraltar* (pp. 72-78). Universidad de Burgos.
- Maldonado-Ruiz, J. (1994) *Evolución Tardiglacial y Holocena de los macizos del Noroeste Peninsular*. Escuela técnica superior de ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid.
- Mantecón, L. (2000). La minería romana en Cantabria. *Nivel cero: revista del grupo arqueológico Attica*, (8), 37-58.

- Manzano-Espinosa, I., Baena, J., Lázaro, A. L., Martín-Puig, D., Albiach, L. D., & García, M. R. (2005). Análisis de los recursos líticos en la Cueva del Esquilieu: gestión y comportamiento durante el Musteriense (Comarca de la Liébana, Occidente de Cantabria). In *Neandertales cantábricos, estado de la cuestión: actas de la reunión científica: celebrada en el Museo de Altamira los días 20-22 de octubre de 2004* (pp. 285-300). Subdirección General de Publicaciones, Información y Documentación.
- Marcott, S. A., Shakun, J. D., Clark, P. U., & Mix, A. C. (2013). A reconstruction of regional and global temperature for the past 11,300 years. *Science*, 339(6124), 1198-1201. <https://doi.org/10.1126/science.1228026>.
- Marín-Arroyo, A. B., Rios-Garaizar, J., Straus, L. G., Jones, J. R., De la Rasilla, M., González-Morales, M. R., Richards, M., Altuna, J., & Ocio, D. (2018a). Chronological reassessment of the Middle to Upper Paleolithic transition and Early Upper paleolithic cultures in cantabrian Spain. *PLoS one*, 13(4), e0194708. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194708>.
- Marín-Arroyo, A. B., Geiling, J. M., Jones, J. R., Morales, M. R. G., Straus, L. G., & Richards, M. P. (2018b). The Middle to Upper Palaeolithic transition at El Mirón Cave (Cantabria, Spain). *Quaternary International*, 544, 23-31. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.06.036>.
- Marín-Arroyo, A. B., Geiling, J. M., Jones, J. R., Morales, M. R. G., Straus, L. G., & Richards, M. P. (2020). The middle to upper Palaeolithic transition at El Mirón cave (Cantabria, Spain). *Quaternary International*, 544, 23-31. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.06.036>.
- Marín-Suárez, C., & González-Álvarez, D. (2011). La romanización del Occidente Cantábrico: de la violencia física a la violencia simbólica. *Férvedes*, 7, 197-206.
- Mariscal, B. (1983). Estudio polínico de la turbera del Cueto de la Avellanosa, Polaciones (Cantabria). *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 5, 205-226.
- Mariscal, B. (1986). Análisis polínico de la turbera del Pico Sertal, de la Sierra de Peña Labra. Reconstrucción de la paleoflora y de la paleoclimatología durante el holoceno en la zona oriental de la Cordillera Cantábrica. In López-Vera, F. (Eds.), *Quaternary climate in western mediterranean: Proceeding of the Symposium on Climatic Fluctuations during the Quaternary in the Western Mediterranean Regions*, Madrid, Jun. 16-21, 205-220.
- Mariscal, B. (1987). *Estudio Palinológico de la Flora Holocénica de Cantabria. Aspectos Paleoclimáticos*. Universidad Complutense.
- Mariscal, B. (1989). Comparacion palinologica entre una turbera de la cordillera central y unas turberas de la cordillera cantabrica. In *European Paleobot. Conference*. Universidad Complutense, Madrid.
- Mariscal, B. (1993). Variacion de la vegetacion Holocena (4300-280 BP) de Cantabria a traves del analisis polinico de la turbera del Alsa. *Estudios Geológicos*, 49(1-2), 63-68. <https://doi.org/10.3989/egool.93491-2338>.

- Marlon, J. R., Kelly, R., Daniau, A. L., Vannière, B., Power, M. J., Bartlein, P., Higuera, P., Blarquez, O., Brewer, S., Brücher, T., Feurdean, A., Romera, G. G., Iglesias, V., Maezumi, S. Y., Magi, B., Courtney-Mustaphi, C. J., & Zhihai, T. (2016). Reconstructions of biomass burning from sediment-charcoal records to improve data–model comparisons. *Biogeosciences* *13*, 3225–3244. <https://doi.org/10.5194/bg-13-3225-2016>.
- Maroto, J., Vaquero, M., Arrizabalaga, Á., Baena, J., Baquedano, E., Jordá, J., Julià, R., Montes, R., Van Der Plicht, J., Rasines, P., & Wood, R. (2012). Current issues in late Middle Palaeolithic chronology: New assessments from Northern Iberia. *Quaternary International*, *247*, 15-25. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.07.007>.
- Martín-Chivelet, J., Muñoz-García, M. B., Edwards, R. L., Turrero, M. J., & Ortega, A. I. (2011). Land surface temperature changes in Northern Iberia since 4000 yr BP, based on $\delta^{13}\text{C}$ of speleothems. *Global and Planetary Change*, *77*(1-2), 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2011.02.002>.
- Martín-Perea, D. M., Maíllo-Fernández, J. M., Marín, J., Arroyo, X., & Asiaín, R. (2022). A step back to move forward: a geological re-evaluation of the El Castillo Cave Middle Palaeolithic lithostratigraphic units (Cantabria, northern Iberia). *Journal of Quaternary Science*, 1-14. <https://doi.org/10.1002/jqs.3473>.
- Martínez, M., & Mantecón L. (2012). Aproximación a las fortificaciones de cronología altomedieval en Cantabria. *Los castillos altomedievales en el noroeste de la Península Ibérica, Documentos de Arqueología Medieval*, *4*, 99-122.
- Martínez-Cortizas, A., Pontevedra-Pombal, X., Muñoz, J. N., & García-Rodeja, E. (1997). Four thousand years of atmospheric Pb, Cd and Zn deposition recorded by the ombrotrophic peat bog of Penido Vello (Northwestern Spain). *Water, air, and soil pollution*, *100*(3), 387-403. <https://doi.org/10.1023/A:1018312223189>.
- Martínez-Cortizas, A., Pontevedra-Pombal, X., Garcia-Rodeja, E., Novoa-Munoz, J. C., & Shotyk, W. (1999). Mercury in a Spanish peat bog: archive of climate change and atmospheric metal deposition. *Science*, *284*(5416), 939-942. <https://doi.org/10.1126/science.284.5416.939>.
- Martínez-Cortizas, A., Pombal, X. P., Muñoz, J. N., García-Rodeja, E., & Estudiada, C. G. D. Á. (2000). Turberas de montaña del Noroeste de la Península Ibérica. *Edafología*, *7*, 1-29.
- Martínez-Cortizas, A., Garcia-Rodeja, E., Pombal, X. P., Muñoz, J. N., Weiss, D., & Cheburkin, A. (2002). Atmospheric Pb deposition in Spain during the last 4600 years recorded by two ombrotrophic peat bogs and implications for the use of peat as archive. *Science of the Total Environment*, *292*(1-2), 33-44. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(02\)00031-1](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(02)00031-1).
- Martínez-Cortizas, A., Biester, H., Mighall, T., & Bindler, R. (2007). Climate-driven enrichment of pollutants in peatlands. *Biogeosciences*, *4*(5), 905-911. <https://doi.org/10.5194/bg-4-2095-2007>.

- Martínez-Cortizas, A., Pombal, X. P., Muñoz, J. C. N., Fernández, R. R., & López-Sáez, J. A. (2009). Turberas ácidas de esfagnos, in: *Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España*. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.
- Martínez-Cortizas, A., López-Merino, L., Bindler, R., Mighall, T., & Kylander, M. (2013). Atmospheric Pb pollution in N Iberia during the late Iron Age/Roman times reconstructed using the high-resolution record of La Molina mire (Asturias, Spain). *Journal of Paleolimnology*, 50(1), 71-86. <https://doi.org/10.1007/s10933-013-9705-y>.
- Martínez-Cortizas, A., López-Merino, L., Bindler, R., Mighall, T., & Kylander, M. E. (2016). Early atmospheric metal pollution provides evidence for Chalcolithic/Bronze Age mining and metallurgy in Southwestern Europe. *Science of the Total Environment*, 545, 398-406. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.12.078>.
- Mary, G. (1977). Documents sur l'évolution de la flore du Littoral Nord Espagnol au Würm. *Supplément au Bulletin de l'Association française pour l'Etude du Quaternaire*, 1(50), 23-31.
- Mary, G. (1990). La evolución del litoral cantábrico durante el Holoceno. In *The environment and the human society in the western Pyrenees and the Basque Mountains during the Upper Pleistocene and the Holocene Conference abstracts*. Universidad del País Vasco, pp. 81-87.
- Mary, G., & De Beaulieu, J. L. (1973). Un diagramme sporopollinique et des datations 14c pour la tourbière du llano ronanzas (asturies-espagne).
- Mary, G., Medus, J., & Délibrias, G. (1975). Le Quaternaire de la côte asturienne (Espagne). *Quaternaire*, 12(1), 13-23. <https://doi.org/10.3406/quate.1975.1253>.
- Mayewski, P. A., Rohling, E. E., Stager, J. C., Karlén, W., Maasch, K. A., Meeker, L. D., Gasse, F., van Kreveld, S., Holmgren, K., Lee-Thorp, J., Rosqvist, G., Rack, F., Staubwasser, M., Schneider, R. R., & Steig, E. J. (2004). Holocene climate variability. *Quaternary research*, 62(3), 243-255. <https://doi.org/10.1016/j.yqres.2004.07.001>.
- Menéndez-Amor, J. (1950a). Estudio de las turberas de la zona oriental asturiana. *Las Ciencias*, XV(4), 801-816.
- Menéndez-Amor, J. (1950b). *Perfiles polínicos de las turberas de las rasas de Asturias*. XIII Congresso Luso-Espanhol para o progresso das Ciencias, Associação portuguesa para o progresso das Ciencias. Lisboa, 351-364.
- Menéndez-Amor, J. (1968). Estudio espora-polínico de una turbera en el Valle de la Nava (provincia de Burgos). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Sección Geología*, 66, 35-39. Menéndez-Amor, J., & Florschütz, F. (1963). Sur les éléments steppiques dans la végétation quaternaire de l'Espagne. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Sección Geología*, 61, 121-133.

- Menéndez-Amor, J. (1971). Estudio espora-polinico de dos turberas en la Sierra de Queija (Orense). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Geología)*, 69(1), 85-92.
- Menéndez-Amor, J. (1975). Análisis espora-polinico de los sedimentos turbosos de los lagos Enol y Ercina. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Sección Geología*, 10, 311-313.
- Menéndez-Amor, J., & Florschütz, F. (1961). Contribución al conocimiento de la historia de la vegetación en España durante el Cuaternario. *Estudios geológicos*, 17, 83-99.
- Menéndez-Amor, J., & Florschütz, F. (1963). Sur les éléments steppiques dans la végétation quaternaire de l'Espagne. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Sección Geología*, 61, 121-133.
- Michelutti, N. M., & Smol, J. P. (2013). Multiproxy approaches, in: Elias, S. A. (Ed.) *The encyclopedia of quaternary science*, vol 3. Elsevier, Amsterdam, pp. 339-348. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53643-3.00239-9>.
- Mighall, T. M., Cortizas, A. M., Biester, H., & Turner, S. E. (2006). Proxy climate and vegetation changes during the last five millennia in NW Iberia: Pollen and non-pollen palynomorph data from two ombrotrophic peat bogs in the North Western Iberian Peninsula. *Review of palaeobotany and palynology*, 141(1-2), 203-223. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2006.03.013>.
- Morales-Molino, C., Antón, M. G., & Morla, C. (2011). Late Holocene vegetation dynamics on an Atlantic-Mediterranean mountain in NW Iberia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 302(3-4), 323-337. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2011.01.020>.
- Morales-Molino, C., García-Antón, M., Postigo-Mijarra, J. M., & Morla, C. (2013). Holocene vegetation, fire and climate interactions on the westernmost fringe of the Mediterranean Basin. *Quaternary Science Reviews*, 59, 5-17. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2012.10.027>.
- Morales-Molino, C., Tinner, W., García-Antón, M., & Colombaroli, D. (2017). The historical demise of *Pinus nigra* forests in the Northern Iberian Plateau (south-western Europe). *Journal of Ecology*, 105(3), 634-646. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12702>.
- Morellón, M., Aranbarri, J., Moreno, A., González-Sampériz, P., & Valero-Garcés, B. L. (2018). Early Holocene humidity patterns in the Iberian Peninsula reconstructed from lake, pollen and speleothem records. *Quaternary Science Reviews*, 181, 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2017.11.016>.
- Moreno, L., Gallego, J. L. R., Ortiz, J. E., Torres, T., & Sierra, C. (2009). Distribución de elementos traza en el registro de la Turbera de Roñanzas (Asturias, España). *Geogaceta*, (46), 123-126.
- Moreno, A., Stoll, H., Jiménez-Sánchez, M., Cacho, I., Valero-Garcés, B., Ito, E., & Edwards, R.L. (2010a). A speleothem record of glacial (25–11.6 kyr BP) rapid climatic changes from northern Iberian Peninsula. *Global*

- and Planetary Change*, 71(3-4), 218-231. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2009.10.002>.
- Moreno, A., Valero-Garcés, B. L., Jiménez-Sánchez, M., Domínguez-Cuesta, M. J., Mata, M. P., Navas, A., González-Sampériz, P., Stoll, H., Farias, P., Morellón, M., Pablo-Corella, J., & Rico, M. (2010b). The last deglaciation in the Picos de Europa National Park (Cantabrian Mountains, northern Spain). *Journal of Quaternary Science*, 25(7), 1076-1091. <https://doi.org/10.1002/jqs.1265>.
- Moreno, A., López-Merino, L., Leira, M., Marco-Barba, J., González-Sampériz, P., Valero-Garcés, B. L., López-Sáez, J. A., Santos, L., Mata, P., & Ito, E. (2011). 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*, 46(3), 327-349. <https://doi.org/10.1007/s10933-009-9387-7>.
- Moreno-Amat, E., & Iglesias-González, R. (2009). Huellas de la presencia pasada de pinares montanos en la submeseta norte de la Península Ibérica: Tubilla del Lago y Tubilla del Agua, in: *Congresos Forestales*.
- Muñoz-Fernández, E., & Llamosas, C. S. M. (1987). *Carta arqueológica de Cantabria*. Tantin, Santander.
- Muñoz-Fernández, E. (1991). Excavaciones arqueológicas en la Cueva del Ruso I. Avance preliminar. *Arqueñas*, 1, 61-130.
- Muñoz-Fernández, E., & Serna, A. (1994). Los niveles solutrenses de la Cueva del Ruso I. *Sautuola*, 161-176.
- Muñoz-Fernández, E., & Serna, A. (1999). Los niveles solutrenses de la Cueva del Ruso I (Igollo de Camargo, Cantabria). *Sautuola: Revista del Instituto de Prehistoria y Arqueología Sautuola*, (6), 161-176.
- Muñoz-Fernández, E., Montes, R., Gómez-Laguna, A. J., & Rasines, P. (2007). El arte rupestre de la Cueva del Cuco o de Sobera. *E. Muñoz Fernández y R. Montes Barquín (coord.), Intervenciones arqueológicas en Castro Urdiales*, 3, 229-251.
- Muñoz-Sobrino, C. (2001). Cambio climático y dinámica del paisaje en las montañas del noroeste de la península Ibérica. Escola Politécnica Superior. Universidade de Santiago de Compostela.
- Muñoz-Sobrino, C., Ramil-Rego, P., & Guitián, M. R. (1997). Upland vegetation in the north-west Iberian peninsula after the last glaciation: forest history and deforestation dynamics. *Vegetation History and Archaeobotany*, 6(4), 215-233. <https://doi.org/10.1007/BF01370443>.
- Muñoz-Sobrino, C., Ramil-Rego, P., Guitián, M. A. R. (2001). Vegetation in the mountains of northwest Iberia during the last glacial-interglacial transition. *Vegetation History and Archaeobotany*, 10, 7-21. <https://doi.org/10.1007/PL00013366>.

- Muñoz-Sobrino, C., Rego, P. R., & Orellana, L. G. (2003). La vegetación postglaciar en la vertiente meridional del Macizo del Mampodre (Sector Central de la Cordillera Cantábrica). *Polen*, (13), 31-44.
- Muñoz-Sobrino, C., Ramil-Rego, P., & Gómez-Orellana, L. (2004). Vegetation of the Lago de Sanabria area (NW Iberia) since the end of the Pleistocene: a palaeoecological reconstruction on the basis of two new pollen sequences. *Vegetation History and Archaeobotany*, 13(1), 1-22. <https://doi.org/10.1007/s00334-003-0028-1>.
- Muñoz-Sobrino, C., Ramil-Rego, P., Gómez-Orellana, L., & Díaz-Varela, R. A. (2005). Palynological data on major Holocene climatic events in NW Iberia. *Boreas* 34(3), 381-400. <https://doi.org/10.1111/j.1502-3885.2005.tb01108.x>.
- Muñoz-Sobrino, C., Pérez, F. S., Fernández, H. N., Casado, M. F., Gómez-Orellana, L., Rodríguez-Gutián, M. A., Fernández-Prieto, J. A., & Ramil-Rego, P. (2012). Environmental changes in the westernmost Cantabrian Range during the postglacial period: the Pena Velosa (Muniellos, Asturias) pollen record, in: Campar-Almeida, A., Bettencourt, A.M.S., Moura, D., Monteiro-Rodrigues, S., Caetano-Alves, M.I. (Eds.), Environmental changes and human interaction along the western atlantic edge. Associação Portuguesa para o Estudo do Quaternário Coimbra, pp. 79-94.
- Muñoz-Sobrino, C., Heiri, O., Hazekamp, M., Van der Velden, D., Kirilova, E. P., García-Moreiras, I., & Lotter, A. F. (2013). New data on the Lateglacial period of SW Europe: a high resolution multiproxy record from Laguna de la Roya (NW Iberia). *Quaternary Science Reviews*, 80, 58-77. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2013.08.016>.
- Muñoz-Sobrino, C., García-Moreiras, I., Gómez-Orellana, L., Iriarte-Chiapusso, M. J., Heiri, O., Lotter, A. F., Ramil-Rego, P. (2018). The last hornbeam forests in SW Europe: new evidence on the demise of *Carpinus betulus* in NW Iberia. *Vegetation History and Archaeobotany*, 27(4), 551-576. <https://doi.org/10.1007/s00334-017-0654-7>.
- Naughton, F., Goñi, M. S., Desprat, S., Turon, J. L., Duprat, J., Malaizé, B., Joli, C., Cortijo, E., Drago, T., & Freitas, M. C. (2007). Present-day and past (last 25 000 years) marine pollen signal off western Iberia. *Marine Micropaleontology*, 62(2), 91-114. <https://doi.org/10.1016/j.marmicro.2006.07.006>.
- Núñez, S. (2018). *Dinámicas socio-ecológicas, resiliencia y vulnerabilidad en un paisaje atlántico montañoso: la Región Cantábrica durante el Holoceno*. Universidad de Cantabria.
- Obregón-Goyarrola (2010). Poblamiento y comunicaciones de Cantabria durante la Edad de Hierro: castros y caminos de altura. In Castros y castra en Cantabria: fortificaciones desde los orígenes de la Edad del Hierro a las guerras con Roma: catálogo, revisión y puesta al día (pp. 60-73). Federación ACANTO.

- Olid, C., Garcia-Orellana, J., Martínez-Cortizas, A., Masqué, P., Peiteado-Varela, E., & Sanchez-Cabeza, J. A. (2010). Multiple site study of recent atmospheric metal (Pb, Zn and Cu) deposition in the NW Iberian Peninsula using peat cores. *Science of the total environment*, 408(22), 5540-5549. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.07.058>.
- Ontañón, R. (2000). *El calcolítico en la cornisa cantábrica*. Universidad de Cantabria.
- Ontañón, R. (2002). Las puntas líticas con retoque plano del Calcolítico cantábrico: Análisis tecnotipológico y contextual. *Zephyrus*, 55, 199-229.
- Ontañón, R. (2003). Sols et structures d'habitat du Paléolithique supérieur, nouvelles données depuis les Cantabres: la Galerie Inférieure de La Garma (Cantabrie, Espagne). *l'Anthropologie*, 107(3), 333-363. [https://doi.org/10.1016/S0003-5521\(03\)00037-2](https://doi.org/10.1016/S0003-5521(03)00037-2).
- Ontañón, R. (2015). Desarrollo histórico y dinámicas sociales en la Prehistoria reciente de Cantabria. *Sautuola: Revista del Instituto de Prehistoria y Arqueología Sautuola*, (20), 75-90.
- Ontañón, R., & Armendáriz, A. (2005). Cuevas y megalitos: los contextos sepulcrales colectivos en la Prehistoria reciente cantábrica. *Munibe Antropología-Arkeologia*, (57), 275-286.
- Ontañón, R., Altuna, J., Alvarez-Fernández, E., Chauvin, A., Cubas, M., & Fernández, R. (2013). Contribution à l'étude de la néolithisation dans la région Cantabrique: La grotte de Los Gitanos (Cantabrie, Espagne). *Anciens peuplements littoraux et relations homme/milieu sur les côtes de l'Europe atlantique*, BAR International Series, 2570.
- Orton, C., Tyers, P., Vince, A., Barceló, R., & Barceló, J. A. (1997). *La cerámica en Arqueología*.
- Ortega-Mateos, L. (1982). Arpones inéditos del Magdalenense de la cueva de "El Pendo" (Santander). *Boletín del Seminario de Estudios de Arte y Arqueología: BSAA*, (48), 73-84.
- Ortiz, J. E., Gallego, J. R., Torres, T. D., Moreno, L., & Villa, R. (2008). Evolución paleoambiental del Norte de España durante los últimos 2500 años a partir del estudio de biomarcadores de la Turbera de Roñanzas (Asturias). *Geogaceta*, 44, 79-82.
- Ortiz, J. E., Gallego, J. L. R., Torres, T., Díaz-Bautista, A., & Sierra, C. (2010). Palaeoenvironmental reconstruction of Northern Spain during the last 8000 cal yr BP based on the biomarker content of the Roñanzas peat bog (Asturias). *Organic Geochemistry*, 41(5), 454-466. <https://doi.org/10.1016/j.orggeochem.2010.02.003>.
- Peñalba, M. C. (1994). The history of the Holocene vegetation in northern Spain from pollen analysis. *J. Ecol.* 82, 815-832. <https://doi.org/10.2307/2261446>.
- Peñalba, M. C., Arnold, M., Guiot, J., Duplessy, J. C., & de Beaulieu, J. L. (1997). Termination of the last glaciation in the Iberian Peninsula inferred

- from the pollen sequence of Quintanar de la Sierra. *Quaternary Research*, 48(2), 205-214. <https://doi.org/10.1006/qres.1997.1922>.
- Peña-Chocarro, L., Zapata, L., Iriarte, M. J., Morales, M. G., & Straus, L. G. (2005). The oldest agriculture in northern Atlantic Spain: new evidence from El Mirón Cave (Ramales de la Victoria, Cantabria). *Journal of archaeological science*, 32(4), 579-587. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2004.12.001>.
- Pérez-Bartolomé, M. P. (2019). *El Mesolítico en Cantabria centro-oriental*. Archaeopress Publishing Ltd.
- Peralta-Labrador, E. J., Mayor, J. C., & Torres-Martínez, J. F. (2019). Recent research on the Cantabrian Wars: The archaeological reconstruction of a mountain war. *Journal of Roman Archaeology*, 32, 421-438.
- Pérez-Díaz, S., López-Sáez, J. A., & Galop, D. (2015). Vegetation dynamics and human activity in the Western Pyrenean Region during the Holocene. *Quaternary International*, 364, 65-77. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.10.019>.
- Pérez-Díaz, S., Núñez de la Fuente, S., Frochoso, M., González-Pellejero, R., López-Sáez, J. A. (2016a). Seis mil años de gestión y dinámica antrópica en el entorno del Parque Natural de los Collados del Asón (Cordillera Cantábrica Oriental). *Cuaternario y Geomorfología*, 30(3-4), 49-73. <https://doi.org/10.17735/cyg.v30i3-4.49677>.
- Pérez-Obiol, R., Jalut, G., Julià, R., Pélachs, A., Iriarte, M. J., Otto, T., & Hernández-Beloqui, B. (2011). Mid-Holocene vegetation and climatic history of the Iberian Peninsula. *The Holocene*, 21(1), 75-93. <https://doi.org/10.1177/0959683610384161>.
- Pérez-Obiol, R., García-Codron, J. C., Pelachs, A., Pérez-Haase, A., & Soriano, J. M. (2016). Landscape dynamics and fire activity since 6740 cal yr BP in the Cantabrian region (La Molina peat bog, Puente Viesgo, Spain). *Quaternary Science Reviews*, 135, 65-78. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2016.01.021>.
- Pérez-Rodríguez, M., & Martínez-Cortizas, A. (2014). Caracterización preliminar de la diversidad microbiana funcional usando perfiles de utilización de fuente-única de carbono en el Tremeal do Pedrido (Galicia, NW España). *Spanish Journal of Soil Science*, 4(2).
- Pettitt, P., Maximiano Castillejo, A., Arias, P., Ontanon Peredo, R., & Harrison, R. (2014). New views on old hands: the context of stencils in El Castillo and La Garma Caves (Cantabria, Spain). *Antiquity*, 88(339), 47-63. <https://doi.org/10.1017/S0003598X00050213>.
- Pike, A. W., Hoffmann, D. L., García-Diez, M., Pettitt, P. B., Alcolea, J., De Balbín, R., González-Sainz, C., de las Heras, C., Lasheras, J. A., Montes, R., & Zilhão, J. (2012). U-series dating of Paleolithic art in 11 caves

- in Spain. *Science*, 336(6087), 1409-1413. <https://doi.org/10.1126/science.1219957>.
- Pike-Tay, A., Valdés, V. C., & de Quirós, F. B. (1999). Seasonal variations of the Middle–Upper Paleolithic transition at El Castillo, Cueva Morín and El Pendo (Cantabria, Spain). *Journal of Human Evolution*, 36(3), 283-317.
- Pontevedra-Pombal, X., Rey-Salgueiro, L., García-Falcón, M. S., Martínez-Carballo, E., Simal-Gándara, J., & Martínez-Cortizas, A. (2012). Pre-industrial accumulation of anthropogenic polycyclic aromatic hydrocarbons found in a blanket bog of the Iberian Peninsula. *Environmental Research*, 116, 36-43. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2012.04.015>.
- Pontevedra-Pombal, X., Castro, D., Souto, M., Fraga, I., Blake, W. H., Blaauw, M., López-Sáez, J. A., Pérez-Díaz, S., Valcárcel, M., & García-Rodeja, E. (2019). 10,000 years of climate control over carbon accumulation in an Iberian bog (southwestern Europe). *Geoscience Frontiers*, 10(4), 1521-1533. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2018.09.014>.
- Portero, R., Cueto, M., Pardo, J. F. J., Pérez, J. B., & Álvarez-Fernández, E. (2019). The persistence of red deer (*Cervus elaphus*) in the human diet during the Lower Magdalenian in northern Spain: Insights from El Cierro cave (Asturias, Spain). *Quaternary International*, 506, 35-45. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2019.01.016>.
- Power, M. J., Marlon, J., Ortiz, N., Bartlein, P. J., Harrison, S. P., Mayle, F. E., Ballouche, A., Bradshaw, R. H. W., Carcaillet, C., Cordova, C., Mooney, S., Moreno, P. I., Prentice, I. C., Thonicke, K., Tinner, W., Whitlock, C., Zhang, Y., Zhao, Y., Ali, A. A., Anderson, R. S., Beer, R., Behling, H., Briles, C., Brown, K. J., Brunelle, A., Bush, M., Camill, P., Chu, G. Q., Clark, J., Colombaroli, D., Connor, S., Daniiau, A. -L., Daniels, M., Dodson, J., Doughty, E., Edwards, M. E., Finsinger, W., Foster, D., Frechette, J., Gaillard, M. -J., Gavin, D. G., Gobet, E., Haberle, S., Hallett, D. J., Higuera, P. E., Hope, G., Horn, S., Inoue, J., Kaltenreider, P., Kennedy, L., Kong, Z. C., Larsen, C., Long, C. J., Lynch, J. A., Lynch, E. A., McGlone, M., Meeks, S., Mensing, S., Meyer, G., Minckley, T., Mohr, J., Nelson, D. M., New, J., Newnham, R., Noti, R., Oswald, W., Pierce, J., Richard, P. J. H., Rowe, C., Sanchez-Goñi, M. F., Shuman, B. J., Takahara, H., Toney, J., Turney, C., Urrego-Sanchez, D. H., Umbanhowar, C., Vandergoes, M., Vanniere, B., Vescovi, E., Walsh, M., Wang, X., Williams, N., Wilmschurst, J., & Zhang, J.H. (2008). Changes in fire regimes since the Last Glacial Maximum: an assessment based on a global synthesis and analysis of charcoal data. *Climate Dynamics* 30, 887–907. <https://doi.org/10.1007/s00382-007-0334-x>.
- Radke, L. F., Hegg, D. A., Hobbs, P. V., Nance, J. D., Lyons, J. H., Laursen, K. K., Weiss, R. E., Riggan, P. J., & Ward, D. E. (1991). Particulate and trace gas emissions from large biomass fire in North America, in: Levine,

- J. S. (Ed.) *Global Biomass Burning: Atmospheric, Climatic, and Biospheric Implications*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, pp. 209-216.
- Railsback, L. B., Gibbard, P. L., Head, M. J., Voarintsoa, N. R. G., & Toucanne, S. (2015). An optimized scheme of lettered marine isotope substages for the last 1.0 million years, and the climatostratigraphic nature of isotope stages and substages. *Quaternary Science Reviews*, 111, 94-106. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2015.01.012>.
- Ramil-Rego, P., Taboada Castro, M. T., & Aira-Rodríguez, M. J. (1993). Estudio palinológico y factores de formación de la turbera de Gañidoira (Lugo, España). *Estudios sobre Cuaternario, medios sedimentarios, cambios ambientales, hábitat humano*. Universitat de València, València, 191-197.
- Ramil-Rego, P., & Aira-Rodríguez, M. J. (1993a). Análisis polínico de la turbera de la Charca do Chan da Cruz (Ferreira do Valadouro, Lugo. NO de España). *Ecología mediterránea*, 19(3), 71-78. <https://doi.org/10.3406/ecmed.1993.1723>.
- Ramil-Rego, P. R., & Aira-Rodríguez, M. J. (1993b). Estudio palinológico de la turbera de Pana Veira (Lugo). In *Anales del Jardín Botánico de Madrid* (Vol. 51, No. 1, pp. 111-122). Real Jardín Botánico.
- Ramil-Rego, P., & Aira-Rodríguez, M. J. (1993c). Estudio palinológico de la turbera de Sever (Lugo). *Acta Botanica Malacitana*, 18, 125-133. <https://doi.org/10.24310/abm.v18i.8984>.
- Ramil-Rego, P., & Aira-Rodríguez, M. J. (1994). Estudio palinológico de la turbera de Schwejk (Lugo). *Studia Botanica*, 12, 259-269.
- Ramil-Rego, P., Orellana, L. G., Sobrino, C. M., & Guitián, M. R. (1996). Valoración de las secuencias polínicas del Norte de la Península Ibérica para el último ciclo glacial-interglacial. *Férvedes: Revista de investigación*, (3), 33-116.
- Ramil-Rego, P., Muñoz-Sobrino, C., Rodríguez-Guitián, M., & Gómez-Orellana, L. (1998). Differences in the vegetation of the North Iberian Peninsula during the last 16,000 years. *Plant Ecology*, 138(1), 41-62. <https://doi.org/10.1023/A:1009736432739>.
- Ramil-Rego, P., Gómez-Orellana, L., Ferreiro da Costa, J., Muñoz Sobrino, C., Rodríguez Guitián, M.A. (2018). Génesis y dinámica de las turberas de la región biogeográfica Atlántica de la Península Ibérica, in: J. M. Fernández-García, F. J. Pérez, Identificación, valoración y restauración de turberas: contribuciones recientes, pp. 207-224.
- Rasilla-Vives, M., & Straus, L. G. (2004). El poblamiento en la región cantábrica en torno al último máximo glacial: Gravetiense y Solutrense. *Las Sociedades del Paleolítico en la Región Cantábrica*, 8, 209-242.
- Rasmussen, S. O., Vinther, B. M., Clausen, H. B., & Andersen, K. K. (2007). Early Holocene climate oscillations recorded in three Greenland ice

- cores. *Quaternary Science Reviews*, 26(15-16), 1907-1914. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2007.06.015>.
- Rasmussen, S. O., Bigler, M., Blockley, S. P., Blunier, T., Buchardt, S. L., Clausen, H. B., Cvijanovic, I., Dahl-Jensen, D., Johnsen, S. J., Fischer, H., Gkinis, V., Guillevic, M., Hoek, W. Z., Lowe, J., Pedro, J. B., Popp, T., Seierstad, I. K., Steffensen, J. P., Svensson, A. M., ... & Winstrup, M. (2014). A stratigraphic framework for abrupt climatic changes during the Last Glacial period based on three synchronized Greenland ice-core records: refining and extending the INTIMATE event stratigraphy. *Quaternary Science Reviews*, 106, 14-28. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2014.09.007>.
- Rauch, S., Peucker-Ehrenbrink, B., Kylander, M. E., Weiss, D. J., Martinez-Cortizas, A., Heslop, D., Olid, C., Mighall, T. M., & Hemond, H. F. (2010). Anthropogenic forcings on the surficial osmium cycle. *Environmental science & technology*, 44(3), 881-887. <https://doi.org/10.1021/es901887f>.
- Reyes, O., & Casal, M. (2000). Fuego de Especies Forestales de Galicia. *Cuadernos de La S.E. C.E. I Reunión Grupo de Incendios Forestales*, (9), 109-114.
- Rink, W. J., Schwarcz, H. P., Lee, H. K., Valdés, V. C., De Quirós, F. B., & Hoyos, M. (1996). ESR dating of tooth enamel: comparison with AMS14C at El Castillo Cave, Spain. *Journal of Archaeological Science*, 23(6), 945-951.
- Rink, W. J., Schwarcz, H. P., Lee, H. K., Valdés, V. C., De Quiros, F. B., & Hoyos, M. (1997). ESR dating of Mousterian levels at El Castillo cave, Cantabria, Spain. *Journal of Archaeological Science*, 24(7), 593-600.
- Ríos-Garaizar, J., Maíllo-Fernández, J. M., Marín-Arroyo, A. B., Carro, M. Á. S., Salazar, S., Medina-Alcaide, M. Á., San Emerito, A., Martínez de Pinillos, L., Garate, D., & Rivero, O. (2020). Revisiting Hornos de la Peña 100 years after. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 31, 102259. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2020.102259>.
- Rodríguez, J., Burjachs, F., Cuenca-Bescós, G., García, N., Van der Made, J., González, A. P., Blain, H. -A., Expósito, I., López-García, J. M., García-Antón, M., Allué, E., Cáceres, I., Huguet, R., Mosquera, M., Ollé, A., Rosell, J., Parés, J. M., Rodríguez, X. P., Díez, C., ..., & Carbonell, E. (2011). One million years of cultural evolution in a stable environment at Atapuerca (Burgos, Spain). *Quaternary Science Reviews*, 30(11-12), 1396-1412. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2010.02.021>.
- Rodríguez-Coterón, S. *El papel del fuego en la configuración del paisaje vegetal en la montaña cantábrica central desde el Holoceno medio* [PhD thesis in progress]. Universidad de Cantabria.
- Rossi, C., Bajo, P., Lozano, R. P., & Hellstrom, J. (2018). Younger Dryas to Early Holocene paleoclimate in Cantabria (N Spain): Constraints from speleothem Mg, annual fluorescence banding and stable isotope records. *Quaternary Science Reviews*, 192, 71-85. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2018.05.025>.

- Ruiz-Fernández, J., Oliva, M., Cruces, A., Lopes, V., da Conceição Freitas, M., Andrade, C., García-Hernández, C., López-Sáez, J. A., & Geraldès, M. (2016). Environmental evolution in the Picos de Europa (Cantabrian Mountains, SW Europe) since the last glaciation. *Quaternary Science Reviews*, 138, 87-104. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2016.03.002>.
- Ruiz-Zapata, M., Correia, A. I., & Gil García, M. J. (1995). Evolución del paisaje en la Sierra de Peneda (NO de Portugal) durante los últimos 3500 BP. *Geogaceta*, 18, 105-108.
- Ruiz-Zapata, M., Jiménez, M., Gil-García, M. J., Dorado-Valiño, M., Valdeolillos-Rodríguez, A., & Farias-Arquer, P. (2000). Registro palinológico de un depósito postglaciar en el Parque Natural de Redes (Cordillera Cantábrica, Noroeste de España): implicaciones climáticas. *Geotemas* 1(4), 279-283.
- Ruiz-Zapata, M., García, M. G., Valiño, M. D., Rodríguez, A. V., Vegas, J., & Pérez-González, A. (2002a). Clima y vegetación durante el Tardiglaciar y el Holoceno en la Sierra de Neila (Sistema Ibérico Noroccidental). *Cuaternario y Geomorfología*, 16(1-4), 9-20.
- Ruiz-Zapata, M., Jiménez, M., Farias-Arquer, P., Gil-García, M. J., Dorado-Valiño, M., & Valdeolillos-Rodríguez, A. (2002b). Registro palinológico de un depósito holoceno del Parque Natural de Redes (Cordillera Cantábrica), in: Moreno-Grau, S., Elvira-Rendueles, B., Moreno-Angosto, J. M. (Eds), Libro de Textos Completos. Universidad Politécnica de Cartagena, pp 391-400.
- Ruiz-Zapata, M., Jiménez, M., Gil-García, M., Dorado, M., Valdeolillos, A., & Farias, P. (2002c). Secuencia polínica del depósito de Comella (Picos de Europa, Asturias): implicaciones paleoclimáticas, in: *Proceedings of the XIIIth Symposium APLE. Book of Complete Texts. Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena*, pp. 381-392.
- Ruiz-Zapata, M., Valiño, M. D., García, M. J. G., & Rodríguez, A. V. (2003). El paisaje vegetal en el entorno del castro de Samartín (Asturias): estudio polínico. *Polen*, (13), 45-53.
- Ruiz-Zapata, M., Gil-García, M. J., Gómez-González, C., Moya-Palomares, M. E., Dorado-Valiño, M., Valdeolillos-Rodríguez, A., Martín-Arroyo, T., Jiménez-Sánchez, M., & Villa-Valdés, A. (2005). The geological heritage of the archaeological sites. An example of the climate-human interaction during roman times in the 'Chao de Samartín' archaeological site (Asturias, Spain), in: Abstracts IV International Symposium ProGEO on the Conservation of the Geological Heritage, 13-16 September, Braga, Portugal: 60.
- Saa-Otero, M. P., & Vázquez-Fierros, F. (1988). Contribución al estudio paleobotánico mediante análisis de pólen. *Estudios geológicos*, 44(3-4), 339-349. <https://doi.org/10.3989/geol.88443-4551>.

- Salas, L. (1993). Análisis palinológico de la turbera de Pico Ano, implicaciones de las variaciones climáticas del Holoceno final. *Estudios sobre Cuaternario, medios sedimentarios, cambios ambientales, hábitat humano*, 179-183.
- Sánchez-Fernández, G., & Bernaldo de Quirós, F. (2008). El final del Musteriense Cantábrico: el nivel 20e de la Cueva de El Castillo (Cantabria). *Férvedes: Revista de investigación*, (5), 117-126.
- Sanchez-Goñi, M. F. (1996). Vegetation and sea level changes during the Holocene in the estuary of the Bidasoa (Southern part of the bay of Biscay)[Changements de la végétation et des niveaux marins pendant l'Holocène dans l'estuaire de la Bidassoa (Sud-Est du Golfe de Gascogne)]. *Quaternaire*, 7(4), 207-219. <https://doi.org/10.3406/quate.1996.2073>.
- Sánchez-Goñi, M. F., & Hannon, G. E. (1999). High-altitude vegetational pattern on the Iberian Mountain Chain (north-central Spain) during the Holocene. *The Holocene*, 9(1), 39-57. <https://doi.org/10.1191/095968399671230625>.
- Sánchez-Goñi, M. F., Loutre, M. F., Crucifix, M., Peyron, O., Santos, L., Duprat, J., Malaizé, B., Turon, J. -L., & Peyrouquet, J. P. (2005). Increasing vegetation and climate gradient in Western Europe over the Last Glacial Inception (122–110 ka): data-model comparison. *Earth and Planetary Science Letters*, 231(1-2), 111-130. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2004.12.010>.
- Sánchez-Goñi, M. F., Landais, A., Fletcher, W. J., Naughton, F., Desprat, S., & Duprat, J. (2008). Contrasting impacts of Dansgaard–Oeschger events over a western European latitudinal transect modulated by orbital parameters. *Quaternary Science Reviews*, 27(11-12), 1136-1151. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2008.03.003>.
- Sánchez-Hernández, C., Gourichon, L., Pubert, E., Rendu, W., Montes, R., & Rivals, F. (2019). Combined dental wear and cementum analyses in ungulates reveal the seasonality of Neanderthal occupations in Covalejos Cave (Northern Iberia). *Scientific reports*, 9(1), 1-18. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-50719-7>.
- Sánchez-Hernando, L. J., Gómez-Manzaneque, F., Masedo, F., Morla, C., & Del Nido, J. (1999). Identificación de macrorrestos vegetales holocenos en las cuencas altas de los ríos Porma, Curueño y Esla (León, España). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Sección Biología*, 95, 31-42.
- Sánchez-Morales, M., Pélachs, A., García-Codron, J. C., Carracedo, V., & Pérez-Obiol, R. (2022). Landscape dynamics and fire regime since 17,550 cal yr BP in the Cantabrian region (La Molina peat bog, Puente Viesgo, Spain). *Quaternary Science Reviews*, 278, 107373. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2022.107373>.
- Santos-Fidalgo, L. (1992). Estudio polínico de una turbera reciente en la Serra de Queixa (Ourense, Galicia, España). *Cuaderno do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 17, 137-143.

- Santos-Fidalgo, L., Bao, R., & Jalut, G. (1993). Estudio micropaleontológico de una turbera litoral holocena en la Ría de Ares (A Coruña, España). *Cuaderno do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 18, 175-188.
- Santos-Fidalgo, L., Vidal-Romaní, J. R., & Jalut, G. (1997). Contribución al conocimiento de la vegetación holocena en el NO de la Península Ibérica (Galicia, España). *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 22, 99-119.
- Santos-Fidalgo, L., Vidal-Romani, J. R., & Jalut, G. (2000). History of vegetation during the Holocene in the Courel and Queixa Sierras, Galicia, northwest Iberian Peninsula. *Journal of Quaternary Science: Published for the Quaternary Research Association*, 15(6), 621-632.
- Sarasketa-Gartzia, I., Villalba-Mouco, V., Le Roux, P., Arrizabalaga, Á., & Salazar-García, D. C. (2018). Late Neolithic-Chalcolithic socio-economical dynamics in northern Iberia. A multi-isotope study on diet and provenance from Santimamiñe and Pico Ramos archaeological sites (Basque Country, Spain). *Quaternary International*, 481, 14-27. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2017.05.049>.
- Sauvet, G., Fortea Pérez, F. J., Fritz, C., & Tosello, G. (2008). Crónica de los intercambios entre los grupos humanos paleolíticos. La contribución del arte para el periodo 20000-12000 años BP. *Zephyrus*, 33-59.
- Schellekens, J., Buurman, P., Fraga, I., & Martínez-Cortizas, A. (2011). Holocene vegetation and hydrologic changes inferred from molecular vegetation markers in peat, Penido Vello (Galicia, Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 299(1-2), 56-69. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2010.10.034>.
- Schellekens, J., Buurman, P., Kuypers, T. W., Abbott, G. D., Pontevedra-Pombal, X., & Martínez-Cortizas, A. (2015). Influence of source vegetation and redox conditions on lignin-based decomposition proxies in graminoid-dominated ombrotrophic peat (Penido Vello, NW Spain). *Geoderma*, 237, 270-282. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.09.012>.
- Seierstad, I. K., Abbott, P. M., Bigler, M., Blunier, T., Bourne, A. J., Brook, E., Buchardt, S. L., Buizert, C., Clausen, H. B., Cook, E., Dahl-Jensen, D., Davies, S. M., Guillemin, M., Johnsen, S. J., Pedersen, D. S., Popp, T. J., Rasmussen, S. O., Severinghaus, J. P., Svensson, A., & Vinther, B. M. (2014). Consistently dated records from the Greenland GRIP, GISP2 and NGRIP ice cores for the past 104 ka reveal regional millennial-scale $\delta^{18}O$ gradients with possible Heinrich event imprint. *Quaternary Science Reviews*, 106, 29-46. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2014.10.032>.
- Severinghaus, J. P., Sowers, T., Brook, E. J., Alley, R. B., & Bender, M. L. (1998). Timing of abrupt climate change at the end of the Younger Dryas interval from thermally fractionated gases in polar ice. *Nature*, 391(6663), 141-146. <https://doi.org/10.1038/34346>.

- Sherratt, A. (1995). Instruments of conversion? The role of megaliths in the Mesolithic/Neolithic transition in northwest Europe. *Oxford Journal of Archaeology*, 14(3), 245-260.
- Slimak, L., Fietzke, J., Geneste, J. M., & Ontañón, R. (2018). Comment on “U-Th dating of carbonate crusts reveals Neandertal origin of Iberian cave art”. *Science*, 361(6408). <https://doi.org/10.1126/science.aau1371>.
- Smith, A. C., Wynn, P. M., Barker, P. A., Leng, M. J., Noble, S. R., & Tych, W. (2016). North Atlantic forcing of moisture delivery to Europe throughout the Holocene. *Scientific Reports*, 6, 24745. <https://doi.org/10.1038/srep24745>.
- Solomina, O. N., Bradley, R. S., Hodgson, D. A., Ivy-Ochs, S., Jomelli, V., Mackintosh, A. N., Nesje, A., Owen, L. A., Wanner, H., Wiles, G. C., & Young, N. E. (2015). Holocene glacier fluctuations. *Quaternary Science Reviews*, 111, 9-34. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2014.11.018>.
- Solórzano, J. A., Vázquez-Álvarez, R., & Blanco-Campos, B. (1999). *Atlas histórico de Cantabria*. Gobierno de Cantabria, Santander.
- Soto, A., Alday, A., Montes, L., Utrilla, P., Perales, U., & Domingo, R. (2015). Epipalaeolithic assemblages in the Western Ebro Basin (Spain): The difficult identification of cultural entities. *Quaternary International*, 364, 144-152. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.05.041>.
- Souto, M. S. (2018). *Reconstrucción paleoambiental de turberas del Norte de la Península Ibérica mediante análisis de macrofósiles vegetales y grado de humificación de la turba*. Universidade de Santiago de Compostela.
- Souto, M., Castro, D., Pontevedra-Pombal, X., García-Rodeja, E., & Fraga, M. I. (2016). Characterisation of Holocene plant macrofossils from North Spanish ombrotrophic mires: vascular plants. *Mires Peat*, 18, 1-21. <https://doi.org/10.19189/Map.2016.OMB.236>.
- Spiering, E. D., Pevida, L. R., Maldonado, C., González, S., García, J., Varela, A., Arias, D., & Martín-Izard, A. (2000). The gold belts of western Asturias and Galicia (NW Spain). *Journal of Geochemical Exploration*, 71(2), 89-101. [https://doi.org/10.1016/S0375-6742\(00\)00147-3](https://doi.org/10.1016/S0375-6742(00)00147-3).
- Spratt, R. M., & Lisiecki, L. E. (2016). A Late Pleistocene sea level stack. *Climate of the Past*, 12(4), 1079-1092. <https://doi.org/10.5194/cpd-11-3699-2015>.
- Steffensen, J. P., Andersen, K. K., Bigler, M., Clausen, H. B., Dahl-Jensen, D., Fischer, H., Goto-Azuma, K., Hansson, M., Johnsen, S. J., Jouzel, J., Masson-Delmotte, V., Popp, T., Rasmussen, S. O., Röthlisberger, R., Ruth, U., Stauffer, B., Siggaard-Andersen, M., L., Sveinbjörnsdóttir, Á. E., Svensson, A., & White, J. W. (2008). High-resolution Greenland ice core data show abrupt climate change happens in few years. *Science*, 321(5889), 680-684. <https://doi.org/10.1126/science.1157707>.

- Straus, L. G. (1975). El Solutrense de las cuevas del Castillo y Hornos de la Peña (Santander) en el Museo Arqueológico Nacional de Madrid. *Trabajos de Prehistoria*, 32, 9.
- Straus, L. G. (2011). Were there human responses to Younger Dryas in Cantabrian Spain? *Quaternary International*, 242(2), 328-335. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.02.041>.
- Straus, L. G. (2015). The human occupation of southwestern Europe during the Last Glacial Maximum: Solutrean cultural adaptations in France and Iberia. *Journal of Anthropological Research*, 71(4), 465-492. <https://doi.org/10.3998/jar.0521004.0071.401>.
- Straus, L. G. (2018a). Environmental and cultural changes across the Pleistocene-Holocene transition in Cantabrian Spain. *Quaternary International*, 465, 222-233. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2016.10.005>.
- Straus, L. G. (2018b). The Pleistocene–Holocene transition in Cantabrian Spain: current reflections on culture change. *Journal of Quaternary Science*, 33(3), 346-352. <https://doi.org/10.1002/jqs.2943>.
- Straus, L. G., & González-Morales, M. R. (2007). Further radiocarbon dates for the upper paleolithic of El Mirón Cave (Ramales de la Victoria, Cantabria, Spain). *Radiocarbon*, 49(3), 1205-1214. <https://doi.org/10.1017/S0033822200043113>.
- Straus, L. G., & González-Morales, M. R. G. (2012a). El Mirón Cave, Cantabrian Spain: the site and its Holocene archaeological record. University of New Mexico Press.
- Straus, L. G., & González-Morales, M. R. (2012b). The Magdalenian settlement of the Cantabrian region (northern Spain): the view from El Mirón Cave. *Quaternary International*, 272, 111-124. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2012.03.053>.
- Straus, L. G., & Langlais, M. (2020). Magdalenian chrono-stratigraphic correlations and cultural connections between Cantabrian Spain and Southwest France... and beyond. In *Actes de la Séance de La Société préhistorique Française*, 2018. Société préhistorique française, Paris.
- Straus, L. G., & Morales, M. R. G. (2016). El Mirón Cave (Ramales, Cantabria, Spain) date list V: Middle Paleolithic and Lower Magdalenian. *Radiocarbon*, 58(4), 943. <https://doi.org/10.1017/RDC.2016.84>.
- Taylor, K. C., Mayewski, P. A., Alley, R. B., Brook, E. J., Gow, A. J., Grootes, P. M., Meese, D. A., Saltzman, E. S., Severinghaus, J. P., Twickler, M. S., White, J. W. C., Whitlow, S., & Zielinski, G. A. (1997). The Holocene-Younger Dryas transition recorded at Summit, Greenland. *Science*, 278(5339), 825-827. <https://doi.org/10.1126/science.278.5339.825>.
- Teller, J. T., & Leverington, D. W. (2004). Glacial Lake Agassiz: A 5000 yr history of change and its relationship to the $\delta^{18}\text{O}$ record of Greenland. *Geological*

- Society of America Bulletin*, 116(5-6), 729-742. <https://doi.org/10.1130/B25316.1>.
- Thompson, L. G., Brecher, H. H., Mosley-Thompson, E., Hardy, D. R., & Mark, B. G. (2009). Glacier loss on Kilimanjaro continues unabated. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(47), 19770-19775. <https://doi.org/10.1073/pnas.0906029106>.
- Torres-Martínez, J. F. K. (2010). El Medio ambiente antiguo, la construcción del territorio y la obtención de recursos en la Edad del Hierro de Cantabria. In A. Serna, A. Martínez, A. y Fernández, V. (coords.), *Castros y Castra en Cantabria. (Fortificaciones desde los orígenes de la Edad del Hierro a las guerras con Roma)*. *Catálogo, revisión y puesta al día*, 74-109.
- Törnqvist, T. E., Janssen, C. R., & Alberti, A. P. (1989). Degradación antropogénica de la vegetación en el noroeste de Galicia durante los últimos 2500 años. *Cuadernos de Estudios gallegos*, 38(103), 175-198.
- Turner, C., & Hannon, G. E. (1988). Vegetational evidence for late Quaternary climatic changes in southwest Europe in relation to the influence of the North Atlantic Ocean. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences*, 318(1191), 451-485. <https://doi.org/10.1098/rstb.1988.0019>.
- Uzquiano, P., Yravedra, J., Zapata, B. R., Garcia, M. J. G., Sesé, C., & Baena, J., (2012). Human behaviour and adaptations to MIS 3 environmental trends (> 53–30 ka BP) at Esquilieu cave (Cantabria, northern Spain). *Quaternary International*, 252, 82-89. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.07.023>.
- Valladas, H., Cachier, H., Maurice, P., Bernaldo de Quiros, F. B., Clottes, J., Valdes, V. C., Uzquiano, P., & Arnold, M. (1992). Direct radiocarbon dates for prehistoric paintings at the Altamira, El Castillo and Niaux caves. *Nature*, 357(6373), 68-70.
- Vandenberghe, J., French, H. M., Gorbunov, A., Marchenko, S., Velichko, A. A., Jin, H., Cui, Z., Zhang, T., & Wan, X. (2014). The Last Permafrost Maximum (LPM) map of the Northern Hemisphere: permafrost extent and mean annual air temperatures, 25–17 ka BP. *Boreas*, 43(3), 652-666. <https://doi.org/10.1111/bor.12070>.
- Van der Knaap, W. O., & Van Leeuwen, J. F. N. (1995). Holocene vegetation succession and degradation as responses to climatic change and human activity in the Serra de Estrela, Portugal. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 89(3-4), 153-211. [https://doi.org/10.1016/0034-6667\(95\)00048-0](https://doi.org/10.1016/0034-6667(95)00048-0).
- Van der Knaap, W. O., & Van Leeuwen, J. F. N. (1997). Late Glacial and early Holocene vegetation succession, altitudinal vegetation zonation, and climatic change in the Serra da Estrela, Portugal. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 97(3-4), 239-285. [https://doi.org/10.1016/S0034-6667\(97\)00008-0](https://doi.org/10.1016/S0034-6667(97)00008-0).

- Vega-Maeso, C., Carmona-Ballesteros, E., Sainz-Aja, A. S., & Marín-Arroyo, A. B. (2016). El Abrigo de la Castañera (Cantabria, Spain): A Chalcolithic cattle stable? *Quaternary International*, 414, 226-235. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.09.047>.
- Vidal-Romaní, J., & Santos-Fidalgo, L. (1994). La deglaciación finicuaternaria en el noroeste peninsular (Serra de Queixa-Invernadoiro, Ourense, Galicia): datos geomorfológicos y paleobotánicos. *Cuaternario y Geomorfología*, 8, 33-44.
- Von Engerlbrecten, S. (1998). *Late-glacial and Holocene vegetation and environmental history of the Sierra de Urbión, North-Central Spain*. University of Dublin.
- Walker, M., Johnsen, S., Rasmussen, S. O., Popp, T., Steffensen, J. P., Gibbard, P., Hoek, W., Lowe, J., Andrews, J., Björck, S., Cwynar, L. C., Hughen, K., Kershaw, P., Kromer, B., Litt, T., Lowe, D. J., Nakagawa, T., Newnham, R., & Schwander, J. (2009). Formal definition and dating of the GSSP (Global Stratotype Section and Point) for the base of the Holocene using the Greenland NGRIP ice core, and selected auxiliary records. *Journal of Quaternary Science: Published for the Quaternary Research Association*, 24(1), 3-17. <https://doi.org/10.1002/jqs.1227>.
- Walker, M., Head, M. J., Berkelhammer, M., Björck, S., Cheng, H., Cwynar, L., Fisher, D., Gkinis, V., Long, A., Lowe, J., Newnham, R., Rasmussen, S. O., & Weiss, H. (2018). Formal ratification of the subdivision of the Holocene Series/Epoch (Quaternary System/Period): two new Global Boundary Stratotype Sections and Points (GSSPs) and three new stages/subseries. *Episodes*, 41(4), 213-223. <https://doi.org/10.18814/epiugs/2018/018016>.
- Walker, M., Head, M. J., Lowe, J., Berkelhammer, M., Björck, S., Cheng, H., Cwynar, L. C., Fisher, D., Gkinis, V., Long, A., Newnham, R., Rasmussen, S. O., & Weiss, H. (2019). Subdividing the Holocene Series/Epoch: formalization of stages/ages and subseries/subepochs, and designation of GSSPs and auxiliary stratotypes. *Journal of Quaternary Science*, 34(3), 173-186. <https://doi.org/10.1002/jqs.3097>.
- Wanner, H., & Buetikofer, J. (2008). Holocene Bond Cycles: real or imaginary. *Geografie*, 113(4), 338-349. <https://doi.org/10.37040/geografie2008113040338>.
- Wanner, H., Solomina, O., Grosjean, M., Ritz, S. P., & Jetel, M. (2011). Structure and origin of Holocene cold events. *Quaternary Science Reviews*, 30(21-22), 3109-3123. <https://doi.org/10.1016/J.QUASCIREV.2011.07.010>.
- White, R., Bosinski, G., Bourrillon, R., Clottes, J., Conkey, M. W., Rodriguez, S. C., Cortés-Sánchez, M., de la Rasilla Vives, M., Delluc, B., Feruglio, V., Floss, H., Foucher, P., Fritz, C., Fuentes, O., Garate, D., González-Gómez, J., González-Morales, M. R., Gonzalez-Pumariega, M., Groenen, M., ..., & Willis, M. D. (2019). Still no archaeological evidence that

- Neanderthals created Iberian cave art. *Journal of Human Evolution*, 144, 102640. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2019.102640>.
- Whitlock, C., & Millspaugh, S. H. (1996). Testing the assumptions of fire-history studies: an examination of modern charcoal accumulation in Yellowstone National Park, USA. *The Holocene*, 6(1), 7-15. <https://doi.org/10.1177/095968369600600102>.
- Whitlock, C., & Larsen, C. (2001). Charcoal as a fire proxy, in: Smol, J.P., Birks, H.J.B., Last, W.M. (Eds.), *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments, Terrestrial, Algal, and Siliceous Indicators*, vol. 3 (pp. 75-97). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Whitlock, C., Higuera, P. E., McWethy, D. B., & Briles, C. E. (2010). Paleoecological perspectives on fire ecology: revisiting the fire-regime concept. *The Open Ecology Journal*, 3(1). <https://doi.org/10.2174/1874213001003020006>.
- Wood, R., Bernaldo de Quirós, F., Maíllo-Fernández, J. M., Tejero, J. M., Neira, A., & Higham, T. (2018). El Castillo (Cantabria, northern Iberia) and the Transitional Aurignacian: Using radiocarbon dating to assess site taphonomy. *Quaternary International*, 474, 56-70. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2016.03.005>.
- Yravedra, J. (2006). Acumulaciones biológicas en yacimientos arqueológicos: Amalda VII y Esquilleu III-IV. *Trabajos de prehistoria*, 63(2), 55-78.
- Yravedra, J. (2013). New contributions on subsistence practices during the Middle-Upper Paleolithic in northern Spain. *Zooarchaeology and Modern Human Origins*, 77-95. https://doi.org/10.1007/978-94-007-6766-9_6.
- Yravedra, J., & Gómez-Castanedo, A. (2010). Tafonomía en Cueva Morín. *Resultados preliminares de un estudio necesario*. *Zephyrus*, 67, 69-90.
- Yravedra, J., Castanedo, A. G., & Fernández, E. M. (2010). Estrategias de subsistencia en el yacimiento paleolítico del ruso (Igollo de Camargo, Cantabria, España). *Espacio, Tiempo y Forma*, (3), 39.
- Yravedra, J., & Gómez-Castanedo, A. (2014). Taphonomic implications for the Late Mousterian of South-West Europe at esquilleu Cave (Spain). *Quaternary International*, 337, 225-236. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2013.09.030>.
- Yravedra, J., Gómez-Castanedo, A., Picado, J. A., & Preysler, J. B. (2014). Specialised hunting of Iberian ibex during Neanderthal occupation at El Esquilleu Cave, northern Spain. *Antiquity*, 88(342), 1035-1049.
- Yravedra, J., Gómez-Castanedo, A., Aramendi-Picado, J., Montes-Barquín, R., & Sanguino-González, J. (2016). Neanderthal and *Homo sapiens* subsistence strategies in the Cantabrian region of northern Spain. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 8(4), 779-803. <https://doi.org/10.1007/s12520-015-0253-4>.

- Zapata, L. (2000). La recolección de plantas silvestres en la subsistencia mesolítica y neolítica: datos arqueobotánicos del País Vasco. *Complutum*, (11), 157-170.
- Zapata, L. (2002). Origen de la agricultura en el País Vasco y transformaciones en el paisaje: análisis de restos vegetales arqueológicos. Bizkaiko Foru Aldundia.
- Zapata, L., Peña-Chocarro, L., Pérez-Jordá, G., & Stika, H. P. (2004). Early neolithic agriculture in the Iberian Peninsula. *Journal of world Prehistory*, 18(4), 283-325. <https://doi.org/10.1007/s10963-004-5621-4>.
- Zapata, L., & Pena-Chocarro, L. (2005). L'agriculture néolithique de la façade atlantique européenne. Unité et diversité des processus de néolithisation sur la façade atlantique de l'Europe (6e-4e millénaires avant J.-C), *Mémoire*, 36.

Los registros paleoambientales en Asturias: nuevas perspectivas para el conocimiento de la evolución del paisaje en las montañas atlánticas

Paleoenvironmental records in Asturias: new perspectives for the knowledge of landscape evolution in the Atlantic mountains

Salvador Beato Bergua

Dpto. de Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Oviedo, C/ Amparo Pedregal 5, 33011 Oviedo (Asturias). beatosalvador@uniovi.es

Resumen: La evolución paleoambiental interesa a diferentes disciplinas científicas tanto por la necesidad de explicar la actual configuración natural y antrópica del territorio, como por su utilidad para realizar propuestas de gestión ambiental e incluso establecer hipótesis sobre escenarios futuros de cambio. Las metodologías son variadas y dispares abarcando, por ejemplo, desde los acercamientos mediante técnicas arqueológicas hasta los estudios palinológicos. El conocimiento de la evolución del paisaje en las montañas asturianas se ha nutrido en buena medida de estos últimos, permitiendo una reconstrucción general bastante amplia de la dinámica y distribución de formaciones vegetales pasadas en relación con las fluctuaciones climáticas y las transformaciones humanas. La combinación de métodos y perspectivas se muestra como una estrategia eficaz en la que los estudios locales tienen mucho que decir. La pedoantracología es, en este sentido, una técnica de análisis de gran interés por la información que aporta de lugares concretos y de amplio rango temporal, así como sobre la dinámica de especies y formaciones determinadas. Así lo confirma su

aplicación preliminar en la Sierra del Aramo (Macizo Central Asturiano), contribuyendo al descubrimiento del origen antrópico de los pastos de montaña y formulando nuevas preguntas sobre el papel de ciertos taxones en el paisaje vegetal pasado.

Palabras clave: paleoecología, geohistoria ambiental, pedoantracología, Sierra del Aramo, Macizo Asturiano.

***Abstract:** Paleoenvironmental evolution interests different scientific disciplines both for the need to explain the current natural and anthropic configuration of the territory, and for its usefulness to make proposals for environmental management and even establish hypotheses about future scenarios of change. The methodologies are varied and disparate, covering, for example, approaches through archaeological techniques and palynological studies. The knowledge of the evolution of the landscape in the Asturian Massif has been nourished to a large extent by the palynology, allowing a broad general reconstruction of the dynamics and distribution of past plant formations in relation to climatic fluctuations and human transformations. The combination of methods and perspectives is shown as an effective strategy in which local studies have a lot to say. Pedoanthracology is, in this sense, an analysis technique of great interest because it provides information on specific places and with a wide temporal range, as well as data on the dynamics of species and ecosystems. This is confirmed by its preliminary application in the Sierra del Aramo (Asturian Central Massif), contributing to the discovery of the anthropic origin of mountain pastures and asking new questions about the role of certain taxa in the past vegetal landscape.*

Key words: paleoecology, environmental geohistory, pedoanthracology, Sierra del Aramo, Asturian Massif.

INTRODUCCIÓN

El Holoceno constituyó un nuevo ciclo de aumento de las temperaturas que, tras la última glaciación cuaternaria, permitió entre otras muchas cosas la expansión de formaciones vegetales termófilas y la sedentarización de grupos humanos, con el paso de economías de caza y recolección al desarrollo de la agricultura y la ganadería. El óptimo climático holoceno, además, favoreció la aparición de la civilización en distintos puntos del planeta y, con esto, la evolución de técnicas y tecnologías que conllevaron el crecimiento demográfico, un mayor impacto en el entorno y la capacidad de interferir en los mecanismos de autorregulación de la naturaleza. Los territorios fueron cada vez más complejos en su composición estructural y configuración morfológica, es decir, sus paisajes se trastocaban en periodos cada vez más cortos (Steffen *et al.*, 2011).

Por tanto, el estudio de la evolución del paisaje permite explorar la relación pasada entre los grupos humanos y un medio físico de por sí cambiante, así como realizar propuestas de gestión ambiental y establecer hipótesis sobre escenarios futuros de cambio. En este sentido, son especialmente relevantes las zonas de montaña, áreas de relieves abruptos y características climáticas singulares y severas que forman parte de paisajes de alto valor socio-ecológico por su idiosincrasia medioambiental, la dureza de las condiciones de vida y su posición marginal (Galop y Jalut, 1994; Kohler y Maselli, 2009; Fernández-Mier *et al.*, 2014). Esta importancia de las montañas se debe a su especial sensibilidad y vulnerabilidad a los efectos directos e indirectos de los cambios climáticos, esto es, sobre los procesos geomorfológicos, las formaciones vegetales, la red hidrográfica, la evolución de los suelos y las actividades humanas en estos espacios. Para su estudio han resultado de gran interés la combinación de diferentes técnicas de análisis arqueológicas y paleoambientales, con otras procedentes de la investigación geohistórica que permiten el análisis diacrónico y la reconstrucción de la historia ambiental y paisajística de la montaña, como un sistema complejo en función de las variaciones climáticas y el impacto antrópico (Pèlachs, 2005; Pèlachs *et al.*, 2007, 2009, 2011, 2012, 2017; Nadal *et al.*, 2009).

La dinámica de estos dos factores, clima y sociedad, tiene una repercusión directa en las plantas, que constituyen, por tanto, el elemento clave del proceso analítico. Así lo demuestran los resultados obtenidos principalmente a través de la palinología en las últimas décadas. Los pólenes ofrecen información de inestimable valor que posibilitan el conocimiento de la evolución de las formaciones vegetales a largo plazo y su relación con

los cambios en el clima y las perturbaciones antrópicas (Galop, 1998). No obstante, los registros polínicos del pasado no se pueden obtener en todos los lugares y con la misma precisión y amplitud temporal, por lo que esta técnica ha sido combinada con otras que permiten una mayor resolución espacial y una datación de forma más precisa (Nadal, 2009).

Por su parte, la arqueología de los espacios de montaña ha desvelado el proceso de ocupación humana de estos ámbitos, duros y abruptos, a partir de la investigación de los monumentos megalíticos fundamentalmente funerarios y de variada tipología. En efecto, estas estructuras ofrecen información no sólo del periodo de su construcción sino mucho más tardía, dado que, en bastantes casos, su utilización se prolongó desde el Neolítico medio hasta la Edad del Bronce (Arias *et al.*, 2005; Mujika, 2009; Fernández-Eraso *et al.*, 2009; Fernández-Eraso *et al.*, 2010; Blas, 2012 y 2013; González-Morales, 2012; Pérez-Díaz *et al.*, 2018). En el proceso de reconstrucción prehistórica, la arqueología ha tenido que ayudarse de otros métodos y técnicas a los cuales también ha beneficiado, tales como la propia palinología y la antracología (Vernet, 1990).

La antracología, disciplina basada en el estudio de los carbones vegetales, trata de identificar los taxones o, en su defecto, los géneros o clases a los que pertenecen las muestras carbonizadas (Vernet, 1973). A partir de las medidas de algunos elementos anatómicos de la madera también se puede conocer el tamaño o la edad de los individuos de los que provienen los restos. Por tanto, la información obtenida es muy útil para el conocimiento de los usos del suelo y las actividades que practicaba una sociedad, así como las perturbaciones que ocasionaban en los ecosistemas y las transformaciones paisajísticas producidas (Vernet, 1991, 1992; Uzquiano, 1992, 1995). Además, los carbones pueden datarse de manera relativamente fácil y barata, y especialmente precisa.

En definitiva, los pólenes y los carbones de origen vegetal hallados en los yacimientos arqueológicos sirven para la comprensión del entorno paleoecológico en el que se enmarcan los restos megalíticos y su datación rigurosa. Así mismo, las conclusiones de la investigación arqueológica posibilitan una interpretación adecuada de los resultados polínicos y antracológicos.

Pues bien, según los estudios paleoecológicos y arqueológicos de las últimas décadas, la ocupación humana de las zonas montañosas de la península Ibérica se produjo desde el comienzo del Holoceno en las regiones central y oriental de los Pirineos (Galop, 1998; Pèlachs *et al.* 2007; Ejarque *et al.*, 2010; Gassiot *et al.*, 2012 y 2014; Catalán *et al.*, 2013; Lozny, 2013). Sin embargo, hasta el Holoceno medio no se extendería hasta el

occidente pirenaico y las Montañas Cantábricas (López-Sáez *et al.*, 2006; López-Sáez *et al.*, 2008b; Pérez-Díaz *et al.*, 2015, 2016, 2018). En este proceso general de colonización neolítica facilitada por un óptimo climático y el uso del fuego hay muchos matices y grandes lagunas aún por aclarar, especialmente en territorios más reducidos, tanto en lo que concierne a nuestros antepasados como a su relación con el medio físico montano (Galop, 1998, 2005; Galop *et al.*, 2004, 2013; Pèlachs *et al.*, 2011; Carracedo, 2015; Pérez-Díaz *et al.*, 2016; Carracedo *et al.*, 2018). En efecto, a pesar de que el conocimiento sobre el Holoceno se ha incrementado tras los avances científicos recientes, es necesario continuar con la combinación de diferentes métodos para avanzar en el estudio de la evolución del paisaje en áreas de montaña, como en el caso del Macizo Asturiano donde su aplicación ha sido escasa. El intento de la reconstrucción paleoambiental en uno de sus sectores, la Sierra del Aramo, ha obligado a la puesta en práctica de la pedoantracología, toda vez que se trata de un enclave calizo que dificulta obtener registros polínicos adecuados debido a la inexistencia de turberas (por el drenaje subterráneo de las aguas). El desarrollo de esta metodología ha permitido no solo una mejor comprensión de la evolución general del paisaje holoceno en Asturias, también ha servido para generar conocimiento y nuevos interrogantes sobre la ocupación humana de los espacios de montaña, y los cambios en el límite superior del bosque y la distribución de algunas especies vegetales como *Taxus baccata*.

ÁREA DE ESTUDIO

El territorio de Asturias se extiende por la vertiente norte del Macizo Asturiano. Este constituye el sector occidental de la Cordillera Cantábrica y recorre más de 220 km en paralelo a la costa del Norte de España en el extremo noroeste de la península Ibérica. Está armado en materiales paleozoicos carbonatados y siliciclásticos plegados y fracturados durante las orogénias Varisca y Alpina (Aramburu y Bastida, 1995). Presenta una superficie de casi 18.000 km² (Muñoz y Sanz, 1995) y consta de tres unidades: Occidental, Central y Oriental. Concretamente, la Sierra del Aramo es una montaña media calcárea del Macizo Central Asturiano, a 20 km al SW de Oviedo (Fig. 1). Se extiende con una dirección dominante NNO–SSE a lo largo de unos 15 km de longitud entre el pueblo de Peñerudes (Morcín), al Norte, y el Alto de la Cobertoria, al Sur, con 7 kilómetros de anchura aproximada y una altitud máxima de 1.791 m en el Pico Gamoniteiru. Se trata de un espigón calcáreo (calizas namurienses) que separa las cuencas de los ríos Trubia al W y Caudal al E labradas en los materiales más deleznable del Devónico y, fundamentalmente, del carbonífero westfaliense.

La Sierra del Aramo culmina en una plataforma elevada e irregular en la que aflora el roquedo calcáreo desnudo y los procesos de disolución han modelado una superficie muy karstificada plagada de dolinas, con la presencia de varios valles muertos y cumbres en resalte. A los pies de la mole caliza, canchales y depósitos de grandes movimientos en masa enlazan con los valles a través de vertientes regularizadas o interfluvios alomados sobre pizarras y areniscas, donde priman los procesos fluviales y torrenciales. Por otra parte, esta unidad montana goza de un clima atlántico típico con precipitaciones repartidas a lo largo de todo el año (entre 1.100 y 1.500 mm) y temperaturas suaves con una media de 13°C en los fondos de los valles y de 6 o 7°C en las zonas más altas. Así, se pueden distinguir varios pisos bioclimáticos, con cubiertas vegetales específicas, en función de los cambios en altitud de los valores termoclimáticos y ombroclimáticos: colino, montano y subalpino. Además, la Sierra del Aramo configura una bisagra biogeográfica entre las subprovincias Cantabro-atlántica y Orocantábrica dentro de la provincia Atlántica-Europea de la región Eurosiberiana (Beato *et al.*, 2016a). Así, entre sus formaciones de vegetación potencial figuran las carbayedas eutrofas con arces y fresnos, carbayedas oligotrofas con abedules, hayedos eutrofos con mercurial, carrascales cantábricos, enebrales rastreros subalpinos calcáreos; así como tiledas o tilares orocantábricos con robles albares y fresnos, rebollares orocantábricos, hayedos orocantábricos oligótrofos con abedul, abedulares orocantábricos, robledales albares de umbrías con abedules, acebedas orocantábricas e ibéricas, alisedas ribereñas orientales y fresnedas ribereñas

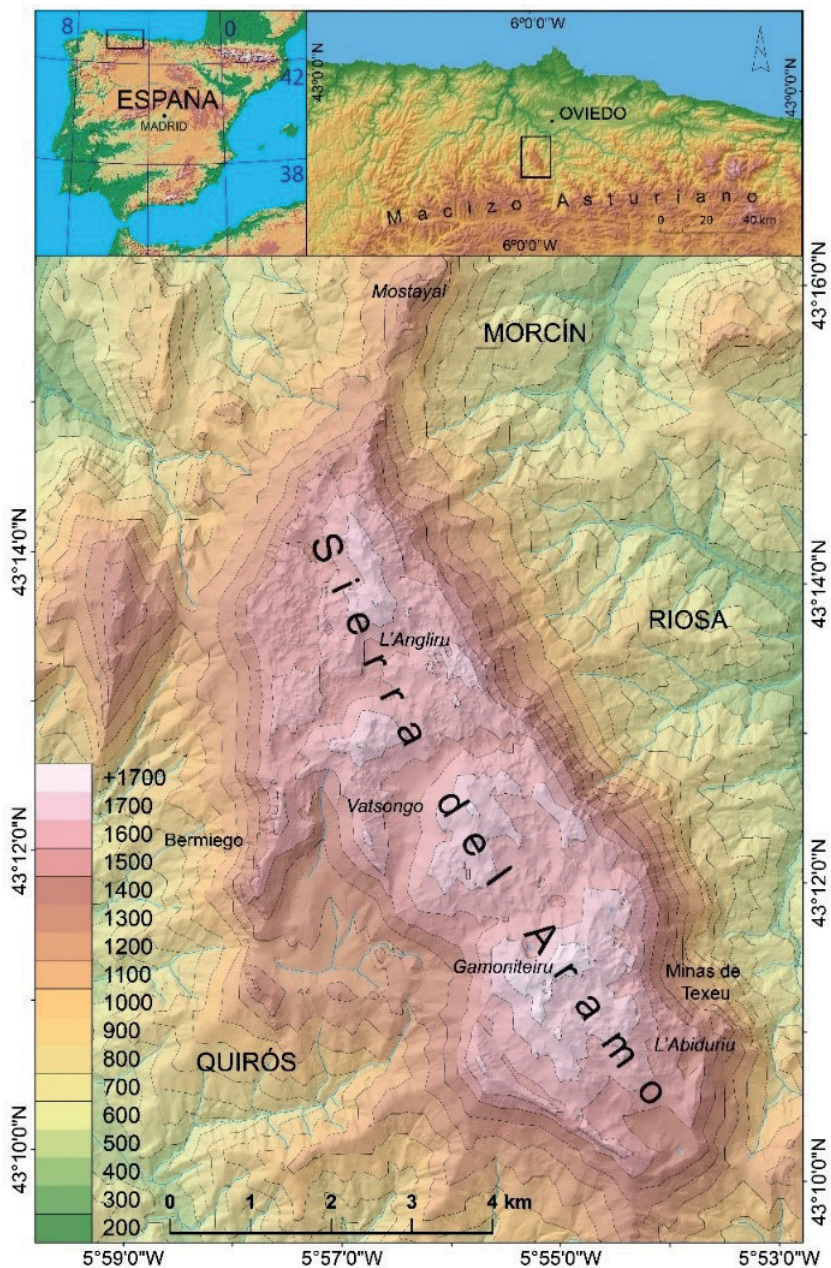


FIGURA 1. Localización del área de estudio. Fuente: Elaboración propia a partir de las bases cartográficas digitales del Instituto Geográfico Nacional.

orocantábricas. Sin embargo, la intensa antropización secular del territorio extendió de manera significativa las superficies de pasto y castaño (Beato, 2012a, 2012b, 2012c), pero desde el fin del sistema rural tradicional a mediados del siglo XX se ha producido el abandono progresivo de los prados y el crecimiento de los bosques y las áreas de matorral (Beato *et al.*, 2016b).

METODOLOGÍA

El proceso metodológico ha partido de una revisión bibliográfica en profundidad de los estudios realizados hasta la fecha en el ámbito cantábrico, especialmente en el Macizo Asturiano, para concretar la información paleoecológica sobre Asturias con relación a las distintas metodologías empleadas para la obtención de los resultados. Asimismo, se ha analizado la bibliografía referente a la pedoantracología para contextualizar el método y presentarlo por su novedad y utilidad en las montañas asturianas.

Por otra parte, se presentan los datos preliminares de Beato (2018) y Beato *et al.* (2019, 2020, 2021a, 2021b y 2022) en el marco del proyecto *Dinámica paleoecológica del Macizo Central Asturiano a través de un transecto pedoantracológico*, por la relevancia de los datos obtenidos en la Sierra del Aramo a partir de dos primeras fosas pedoantracológicas realizadas a 1.701 –ARAMO 1– y 1.611 m –ARAMO 2– respectivamente, en dos depresiones kársticas colmatadas y actualmente deforestadas. El método empleado ha sido el propuesto por Cunill (2010) y Cunill *et al.* (2013) que consiste en la excavación hasta la roca madre, la descripción del perfil edáfico y la extracción de muestras completas de suelo en todos los niveles, que son secadas y pesadas, para ser posteriormente tamizadas al agua con cedazos homologados de 50 cm de diámetro y luces de 5 mm, 2 mm y 0,8 mm. En el laboratorio se procede a la extracción de los fragmentos de carbón a través de la observación de la lupa binocular y a la identificación de las especies e interpretación de la anatomía de la madera a través del microscopio electrónico, la consulta de los atlas de anatomía de la madera (Schweingrüber, 1990a, 1990b; Vernet *et al.*, 2001) y las colecciones de referencia del laboratorio GEODE de la Universidad de Toulouse II y del grupo i-Ge&ser del Departamento de Geografía de la Universidad de Oviedo.

LA EVOLUCIÓN CANTÁBRICA: LO QUE SABEMOS HASTA AHORA

Hasta la fecha, la mayor fuente de información paleoecológica en Asturias han sido los pólenes acopiados en depósitos lacustres o higróturbosos desde mediados del siglo pasado. En concreto, contamos con los tempranos registros polínicos de Menéndez Amor (1950a, 1950b), Menéndez Amor y Florschütz (1961), Aguilar (1963) y Mary *et al.* (1973) sobre las turberas de Buelna, Pendueles, Llano de la Mesa, Vidiago y Llano Roñanzas respectivamente, todas ellas en el oriente asturiano, así como los de Menéndez Amor (1975) de los lagos Enol y Ercina. Los autores hacen aportaciones muy interesantes para la época por su carácter innovador, pero la carencia de dataciones radiocarbónicas impide un uso adecuado para la organización cronológica de los datos. En general, se muestran espectros polínicos de *Alnus*, *Betula*, *Pinus* y *Quercus* y se señala igualmente la existencia de *Corylus*, *Fraxinus*, *Tilia*, *Fagus* y *Ulmus* durante el Holoceno.

Los estudios palinológicos posteriores ofrecen una mayor información y fiabilidad al aportar ya dataciones y estar correlacionados en muchos casos con hallazgos arqueológicos y macrorrestos vegetales. Se trata de los análisis del yacimiento de Los Azules, en Cangas de Onís (López García, 1981), del examen palinológico de los sedimentos de La Riera, cerca de Posada de Llanes (Straus *et al.*, 1981, 1983; Leroi-Gourhan, 1986), de los pólenes de los túmulos de Piedrafitas IV y V al Sur del Aramo (Dupré, 1985, 1986, 1988) y los registros polínicos del lago de Ajo en Somiedo (McKeever, 1984; Allen *et al.*, 1996) y de las termas romanas de Campo Valdés en Gijón (Mariscal, 1996). A estos les siguen, ya en el nuevo milenio, los trabajos en los megalitos de Monte Areo de Gómez-Orellana *et al.* (2000), la Campa Torres (Burjarchs, 2001), el castillo de Curiel-Peñaferuz (Burjarchs, 2003), el yacimiento romano de Paredes (Jiménez-Sánchez *et al.*, 2004), el castro de Chao de Samartín en Grandas de Salime (Gil García *et al.*, 2003; Ruiz *et al.*, 2005), el castro de Llagú cerca de Oviedo (Fombella y García-Rovés, 2006) y la cueva del Pindal (Ruiz *et al.*, 2006; Jiménez-Sánchez *et al.*, 2007). Por su parte, las turberas y otros tipos de depósitos (glaciares, de colmatación, de estuario) han continuado siendo una gran fuente de información como lo demuestran los trabajos en el polje de Comeya (Ruiz *et al.*, 2001a; Jiménez *et al.*, 2003), Puerto de Tarna (Ruiz *et al.*, 2000; Jiménez *et al.*, 2003), Corteguero (Ruiz *et al.*, 2001b; Jiménez *et al.*, 2003), Puerto de San Isidro (Fombella *et al.*, 2001, 2003, 2004), la ría de Villaviciosa a través de un sondeo (García Antón *et al.*, 2006) y la turbera de Dueñas (López-Merino *et al.*, 2006). Por último, cabe destacar la tesis doctoral de López-Merino (2009) que, además de sintetizar y com-

pletar los conocimientos paleobotánicos hasta la fecha, realiza el análisis palinológico del yacimiento arqueológico de Veranes y de las turberas de Las Dueñas y Monte Areo en la zona litoral-prelitoral asturiana, del Alto de la Espina de la zona interior y de los sedimentos lacustres del lago Enol para completar la perspectiva regional con un estudio de un área elevada de la Cordillera Cantábrica.

En cuanto al análisis de macrorrestos y microrrestos vegetales, Buxó y Echave (2001a y 2001b) estudiaron restos paleocarpológicos en La Campa Torres (Gijón). Por su parte, García-Amorena (2007) y García-Amorena *et al.* (2008) han analizado los macrorrestos vegetales encontrados en los sedimentos holocenos de la ría de Navia, en el yacimiento prelitoral de la Sierra de la Borbolla y en el sondeo de la ría de Villaviciosa mencionado anteriormente.

En relación con la arqueología, el uso de la antracología ha aportado también datos útiles para la reconstrucción paleoambiental. González Morales *et al.* (1980) realizaron identificaciones antracológicas en la cueva prehistórica de Mazaculos II, en La Franca. Posteriormente, Uzquiano (1995) realizó un estudio antracológico sobre varias muestras del mismo yacimiento. Con anterioridad, dicha autora también había trabajado sobre distintos niveles de Los Azules (Uzquiano, 1990 y 1992). Finalmente, Díaz González *et al.* (2002), se ocuparon de la madera quemada hallada en los megalitos de Monte Areo y, por otro lado, Allué (2003) hizo lo propio a partir de las excavaciones arqueológicas en el castillo de Curiel-Peñaferuz (Gijón).

La aplicación de los métodos señalados ha servido para tener una idea general bastante clara de la dinámica del paisaje en Asturias durante el Holoceno en relación con los cambios climáticos y la acción antrópica. En efecto, sabemos que con el fin del Dryas Reciente los paisajes eran más o menos abiertos, dominados por gramíneas, con manchas arbóreas compuestas en gran medida por *Pinus* y *Betula* (Fombella *et al.*, 2001, 2003 y 2004; López-Merino, 2009). Posteriormente, la mejoría climática progresiva originó una drástica reducción de los pinares y el incremento de las formaciones arbóreas de planocaducifolios en detrimento de las herbáceas (Menéndez Amor, 1950a, 1950b; Ramil-Rego *et al.*, 1998; Costa *et al.*, 2001; Franco *et al.*, 2001; García Antón *et al.*, 2002; Rubiales *et al.*, 2008). Así, los inicios del Holoceno se caracterizarían por bosques con dominio del abedul, que se irían imponiendo a los paisajes estépicos propios de ambientes más fríos y secos. Según López-Merino (2009), *Quercus* (planocaducifolio) y *Corylus* también tendrían una presencia destacada hacia el interior, en las zonas más alejadas de la costa, y fueron ganando mayor

extensión posteriormente, de forma significativa el avellano, quizás por el aprovechamiento de su fruto.

Hacia el Óptimo Climático, los porcentajes arbóreos en las zonas de montaña son muy altos (de un 90% en Somiedo) y el dominio es casi absoluto de los taxones de hoja caduca como *Quercus*, *Betula* y *Corylus* (McKeever, 1984; Allen *et al.*, 1996). No obstante, *Pinus* sería todavía una pieza importante de la cubierta forestal de algunos puntos de la vertiente norte de la Cordillera Cantábrica (López García, 1981; Uzquiano, 1990, 1992 y 1995; Rubiales *et al.*, 2008). A partir de ese momento, *Ulmus*, *Alnus* y *Fraxinus* comienzan a ser recurrentes en las curvas polínicas corroborando la instalación de unas condiciones climáticas más benignas (López-Merino, 2009).

Durante el comienzo del Holoceno superior se inician los testigos de la actividad antrópica que crecerá hacia el Calcolítico y se acentuará desde finales de la Edad del Bronce. Las primeras evidencias de colonización humana estable se documentan en el Monte Areo y el Alto de la Espina durante el VIII milenio AP (Gómez-Orellana *et al.*, 2000; Díaz González *et al.*, 2002; López-Merino *et al.*, 2010). El asentamiento de algunas comunidades se hace patente a partir de signos de deforestación, de antropización y de cambios en la composición del bosque, donde aumentan especies como el castaño, el nogal y el haya (López-Merino, 2009). La identificación de polen de *Castanea* y *Fagus* de manera puntual en la parte inicial de los diagramas polínicos pone de manifiesto la existencia de refugios para estas especies, a partir de los cuales proliferaron por la mejoría climática y beneficiadas por actividades antrópicas como la apertura del bosque y el favorecimiento voluntario de árboles de fruto (Galop, 1998; Ramil-Rego *et al.*, 2000; Ruiz Zapata *et al.*, 2000; Jiménez Sánchez *et al.*, 2003; López-Merino *et al.*, 2008; Uzquiano, 2017). Las formaciones esclerófilas de carácter mediterráneo con *Quercus* (perennifolia) y *Arbutus* también están presentes en aquel periodo en las áreas litorales y, probablemente, tuvieron una importancia mayor que en la actualidad (González Morales *et al.*, 1980; Uzquiano, 1995 y 2017; López-Merino, 2009).

En el V y IV milenio BP (Calcolítico-Edad del Bronce) existe ya una dinámica antrópica que se manifiesta de forma continua en todos los registros paleoambientales. Se trata de actividades agrícolas puntuales (denotadas por las curvas de cereal de los gráficos polínicos) y ganaderas con una intensidad cada vez más relevante. Los hongos coprófilos y algunas plantas indicadoras de pastoralismo complementan los resultados palinológicos, revelando un aumento de ericáceas y otros matorrales que también figuran en los análisis antracológicos (Uzquiano, 2017). Para López-Meri-

no (2009) la transición del Bronce al Hierro implicó una intensificación de esta presión de los grupos humanos sobre el medio. Según dicha autora, la curva de polen de cereal se hace constante en los diagramas polínicos y los datos que expresan la extensión de los matorrales desde la Edad del Bronce continúan. Además, la presencia de *Fagus* y *Castanea* se hace recurrente, aparecen perturbaciones geoquímicas en las turberas y siguen manifestándose los anteriores indicadores de la influencia ganadera (hongos y plantas típicas) a los que se añaden otros nuevos.

Respecto a la Sierra del Aramo, hay datos paleobotánicos que nos sirven para una primera caracterización y, sobre todo, para la reflexión sobre las técnicas empleadas y los resultados obtenidos. Dupré (1985, 1986 y 1988) ofrece información muy relevante extraída de su estudio polínico del túmulo de Mata'l Casare, a 1.300 m de altitud en el entorno del área megalítica de La Cobertoria, en la estribación meridional del Aramo. Presenta una cronología calcolítica (V milenio BP) donde el taxón mayoritario es *Quercus* (planocaducifolio) seguido de *Pinus sylvestris* tipo. Es significativo también la presencia de *Betula* y *Corylus*, así como la aparición de *Tilia*, *Alnus*, *Ulmus*, *Fagus* e *Ilex*. El estrato arbustivo está dominado por *Ericaceae* y el herbáceo por *Poaceae* y *Asteraceae*.

Por otra parte, los carbones vegetales procedentes de una de las cubetas de La Campa les Mines (cubeta 6), en el Sur de la vertiente oriental del Aramo, fueron analizados por Blas *et al.* (2013) y Blas y Rodríguez (2015). Presentan una cronología datada en el IV milenio BP y las maderas empleadas para la combustión fueron en su mayoría de *Taxus*, seguida por *Quercus* (planocaducifolio), *Corylus*, *Betula* e *Ilex*. Esto coincide también con los restos antracológicos procedentes de la propia mina de Texeu (de dónde se extraían los materiales trabajados posteriormente en dicha camp) con actividad reconocida en la misma época. Todos los restos vegetales analizados procedentes de las galerías corresponden a *Taxus* como leña empleada para el arranque del mineral por el sistema de *fire-setting* y para utilizar como teas de iluminación (Blas, 2014). Asimismo, los resultados comentados son coherentes con el material leñoso proveniente de la quema en una hoguera de la necrópolis neolítica de La Cobertoria. Entre los carbones, fechados también en el IV milenio BP, lo más abundante es el roble (*Quercus robur*), con un 62% del total, seguido por un 16% de encina (*Quercus Ilex*) y con la presencia de avellano y otras angiospermas no identificadas (Blas, 2012).

En definitiva, sabemos que *Pinus* estuvo presente en la Sierra del Aramo o, por lo menos, que pudo desarrollarse cerca de su estribación meridional (debido a la capacidad de dispersión del polen) en el V milenio



FIGURA 2. A la izquierda, imagen de una de las entradas a la mina de Texeu. A la derecha, paisaje actual en el exterior de la mina (La Campa les Mines): infraestructuras mineras del siglo XX abandonadas, prados en proceso de colonización por el matorral y bosque mixto de *planocaducifolias* y tejos.

BP. Por otra parte, mil años después la presencia de los grupos humanos en la zona era muy habitual para ritos funerarios (La Cobertoria) e incluso estable como indica el laboreo minero-metalúrgico (minas de Texeu y La Campa les Mines). Todo indica, durante esta época, una fuerte presencia y utilización del tejo, así como del roble en el cuadrante S-SE del Aramo en torno a los 1.200 – 1.300 m de altitud. Es interesante también, la presencia de *Corylus*, *Betula* e *Ilex* y, por supuesto, el empleo de *Quercus ilex* todavía presente en algunos afloramientos calizos de Quirós (el emplazamiento actual más cercano se encuentra a 8 km en línea recta) y especialmente en el vecino valle de Trubia. No obstante, nos surgen muchas dudas y cuestiones por resolver. Por ejemplo, ¿ha tenido la encina una mayor distribución en periodos climáticos más cálidos del Holoceno en la zona de estudio? ¿Cuál ha sido la representación local de *Pinus*?

Por otro lado, el importante papel de *Taxus baccata* en el paisaje neolítico del Aramo parece evidente. No obstante, repasando los análisis palinológicos de Asturias no hemos encontrado ni una sola mención a este taxón. Esto nos lleva a pensar que el polen de *Taxus* no queda representado en los diagramas polínicos por alguna razón relacionada con sus propias características. En efecto, no es un taxón muy común en los registros polínicos debido a la fina y ornamentada capa exterior de su polen (exina)

y a su vulnerabilidad a la corrosión (Havinga, 1964 y 1967; Moore *et al.*, 1991; Beug, 2004; Pérez-Díaz *et al.*, 2013). *Taxus baccata* es considerada una especie relictiva en la Cordillera Cantábrica, propia de climas más fríos que el actual, entonces ¿dónde ha estado todo este tiempo?

En cuanto a *Fagus*, hoy en día compone los bosques de mayor extensión del Aramo y, sin embargo, no hay ninguna identificación de esta especie procedente del IV milenio BP (sí aparece escasamente en los pólenes del V, aunque su procedencia puede ser exógena). ¿Podría justificarse la extensión del haya en la Sierra del Aramo y otras montañas asturianas beneficiada por las actividades antrópicas como en otras zonas cantábricas y de los Pirineos hace unos 3.000 años?

Por su parte, la presencia de *Ilex* ha sido tradicionalmente ligada a la extensión de la ganadería ¿qué hay de cierto en nuestro marco de estudio? Finalmente, la plataforma culminante es un espacio deforestado casi en su totalidad utilizado como pastizal montano y subalpino, por debajo del límite superior del bosque teórico. ¿Cuál es el origen de esta composición paisajística y su evolución?

La solución a todos estos interrogantes implica la utilización de métodos de análisis paleoecológicos que permitan la obtención de datos locales precisos. La información ha de servir para aclarar la evolución del paisaje en la Sierra del Aramo y contribuir al conocimiento general de la relación entre los grupos humanos y el medio natural, así como al desarrollo de metodologías transdisciplinares y combinadas.

LA PEDOANTRACOLOGÍA: HACIA UN CONOCIMIENTO MÁS PRECISO GEOGRÁFICAMENTE

El fuego ha sido una de las principales causas de perturbación de la vegetación a lo largo del tiempo en las Montañas Cantábricas (Carracedo, 2015; Pérez-Obiol *et al.*, 2016). Desde el Neolítico se ha convertido, además, en una poderosa y habitual herramienta para la apertura de espacios forestales, el mantenimiento de pastos y las antiguas labores minero-metalúrgicas (Blas, 1990 y 2014; Galop, 1998; Bal *et al.*, 2010; Py *et al.*, 2013, 2014 y 2017; Blas y Rodríguez, 2015; Carracedo *et al.*, 2017 y 2018).

Los fragmentos de carbón procedentes de incendios naturales y antrópicos se encuentran por todas partes en el suelo y depósitos sedimentarios (Cunill, 2010). Por lo tanto, su estudio no está limitado a la presencia de turberas, lagos u otros tipos de ambientes anaerobios en los que se realizan estudios paleoecológicos habitualmente, lo que permite aumentar sustancialmente los sitios de búsqueda relacionados con la historia del medio natural-cultural y el fuego (Bal y Métaillé, 2005). Así, el carbón vegetal es un elemento de conocimiento y reconstrucción paleoambiental de gran utilidad en la investigación, mucho más si cabe si tenemos en cuenta que los suelos están presentes en prácticamente todo el mundo y que el material vegetal carbonizado es muy resistente a la descomposición microbiana (Nelle *et al.*, 2013).

El análisis de carbón de los suelos o pedoantracología (el origen del concepto acuñado por Thinon en 1978 proviene de los términos griegos *pedon*, suelo, y *anthrax*, carbón) permite el conocimiento directo de la evolución de los ecosistemas de especies leñosas en su relación con los acontecimientos de incendios pasados (Thinon, 1988 y 1992; Talon *et al.*, 1998). De este modo, es una fuente de información esencial para el establecimiento de un historial de incendios o régimen del fuego (Fesenmyer y Christensen, 2010) y su correlación con la vegetación leñosa quemada a partir de su identificación y datación por radiocarbono (Carcaillet y Thinon, 1996; Carcaillet, 2001; Talon, 2010). El método se basa en la extracción de trozos de carbón de madera de formaciones edáficas o sedimentarias y su posterior cuantificación e identificación taxonómica (Thinon, 1992; Carcaillet y Thinon, 1996; Talon *et al.*, 1998). Además, algunos investigadores analizan la concentración de carbón por peso de la unidad de tierra muestreada para estimar, si la hubiera, la relación entre la fitocenosis (vegetación quemada) y la antracocenosis (residuos de los incendios), es decir, si los carbones de los suelos son representativos de la vegetación quemada (Bal y Métaillé, 2005).

Las piezas de carbón de los suelos, procedentes de al menos un evento de fuego, se fragmentan con el tiempo y son enterradas y preservadas durante milenios (Nelle *et al.*, 2013). Son, por tanto, componentes edáficos que una vez extraídos proporcionan información paleoambiental con una resolución espacial muy precisa (de pocos a varios cientos de metros) dependiendo de las características del área, de su zona de influencia y del tipo de fuego (Bal, 2006; Talon, 2010). En definitiva, la pedoantracología permite estudiar la composición de las comunidades de plantas leñosas del pasado y las prácticas relativas a los incendios a una escala más precisa que otras técnicas paleoecológicas como la palinología (Cunill, 2010).

Una planificación territorial adecuada y efectiva requiere una comprensión sólida de los bosques y de la evolución de las comunidades leñosas en el pasado, así como de la dinámica del paisaje (Conedera *et al.*, 2009). Igualmente, la gestión forestal sostenible, los proyectos de restauración o conservación biológica y las evaluaciones de indicadores ecológicos, deben tener una amplia resolución temporal y una gran precisión espacial que la pedoantracología puede aportar (Robin *et al.*, 2013a). No obstante, esta disciplina no puede resolver por sí misma la cuestión de los cambios temporales y espaciales de la vegetación, aunque puede apoyar hipótesis hechas a partir de otros enfoques y, de igual manera, ser ayudada por otras metodologías y técnicas (Feiss *et al.*, 2017). El estado actual de los sistemas ecológicos es el resultado de procesos naturales y antrópicos interrelacionados a escalas espaciales y temporales diferentes y jerárquicamente conectadas en sistemas complejos que requieren metodologías transversales e interdisciplinarias (Nadal, 2009). Por ejemplo, la arqueología, la antracología, la pedoantracología y la palinología han sido aplicadas permitiendo una validación mutua en las montañas del Sur de Europa. En este sentido, es recomendable la combinación de varias técnicas geohistóricas y paleoecológicas siempre que sea posible (Poschlod y Baumann, 2010; Robin *et al.*, 2013b; Carracedo *et al.*, 2017). El conocimiento multidisciplinar puede ayudar a separar los signos del cambio climático de los de la acción humana y a considerar y entender factores como la propia dinámica del fuego y su relación con la altitud, la disponibilidad de biomasa y los usos del suelo (Carcaillet *et al.*, 2007; Vannière *et al.*, 2016).

Las aportaciones de la pedoantracología a dicha comprensión son muchas, especialmente sobre la historia de la vegetación de los paisajes montanos construidos (Bal, 2006; Bal *et al.*, 2011; García Álvarez *et al.*, 2017) y las variaciones en el límite superior del bosque en los Alpes (Talon, 1997; Talon *et al.*, 1998) y en los Pirineos (Pèlachs, 2005; Cunill, 2010; Cunill *et al.*, 2012 y 2013). Además, han sido estudiados los carbones re-

sultado de incendios forestales naturales (Quednau y Ludemann, 2017), la evolución de especies forestales concretas a media altitud y las diferencias en la dinámica de la vegetación de desiguales puntos geoecológicos dentro de una misma zona analizada (Cunill *et al.*, 2015; Saulnier *et al.*, 2015). Por otro lado, la pedoantracología también ha ayudado a la identificación de claves locales en el origen de pastizales europeos (Robin *et al.*, 2018), la definición de paisajes culturales de elevado valor patrimonial en aras de su protección (Bal *et al.*, 2015) y, por el contrario, a la justificación de la naturalidad de un espacio como elemento clave para su valoración (Robin *et al.* 2013a). En conclusión, el recurso a esta metodología permite conocer la relación directa entre los cambios en los usos del suelo y el clima, retrocediendo incluso hasta el comienzo del Holoceno, y proporciona también la capacidad de reflexionar sobre escenarios futuros (Talon *et al.*, 1998).

Sin embargo, la región asturiana hasta hace escasos años no ha sido objeto de investigaciones pedoantracológicas que tanto pueden aportar a completar las perspectivas arqueológica, palinológica y antracológica para solventar algunas de las dudas que todavía hoy persisten sobre la evolución del paisaje holoceno. Por tanto, el objetivo preliminar del proyecto *Dinámica paleoecológica del Macizo Central Asturiano a través de un transecto pedoantracológico* fue aplicar el método pedoantracológico en la Sierra del Aramo para clarificar la relación dinámica entre los grupos humanos y el medio natural montañoso cantábrico, así como descubrir los vacíos que hayan podido dejar otras técnicas paleoambientales.

PRIMER ACERCAMIENTO PEDOANTRACOLÓGICO A LA MEDIA MONTAÑA CANTÁBRICA

Aunque hay diferentes técnicas de aplicación del método pedoantracológico, para su utilización en Asturias se ha importado el procedimiento empleado y difundido en el laboratorio GEODE (*Géographie de l'environnement*) del CNRS (*Centre National de la Recherche Scientifique*) y la Universidad de Toulouse II, así como por el grupo de investigación GRAMP (Grup de Recerca en Àrees de Muntanya i Paisatge) de la Universidad Autónoma de Barcelona.

Además de una formación extensa en varias materias, la pedoantracología requiere mano de obra, infraestructuras y diversos aparatos (unos rudimentarios, otros de tecnología avanzada), no obstante, ofrece la ventaja de poder aplicarse en cualquier lugar a fin de conocer la evolución del paisaje. En el caso del Macizo Central Asturiano se ha optado por una estrategia fundamentada en un transecto altitudinal (N-S) que permita conocer la dinámica de la vegetación y los regímenes del fuego en las diferentes orientaciones y altitudes de la vertiente septentrional. Hasta la fecha, únicamente se han podido realizar cuatro muestreos pedoantracológicos que se encuentran en la plataforma culminante de la Sierra del Aramo, de ellos dos completos únicamente, priorizándose la comprensión del origen y mantenimiento de los pastos subalpinos y montanos.

Así, se han completado y finalizado todas las labores de trabajo en las dos fosas situadas por encima de los 1.600 m, las cuales se hallan en sendas zonas actualmente deforestadas. El objetivo era obtener información sobre las variaciones del límite superior del bosque y el uso del fuego para la creación y mantenimiento de pastos. La primera fosa (ARAMO 1) se excavó en la cara Sur del Gamoniteiro, a 1.701 m de altitud. El contexto es el de una dolina colmatada por arcillas de descalcificación y pequeños depósitos de bloques movilizados desde los afloramientos rocosos circundantes. La vegetación actual es el pastizal subalpino moderadamente acidificado con algunas matas dispersas de matorral petrano, *Daphne laureola* básicamente. Se profundizó hasta los 160 cm para obtener un corte limpio de 140 cm. A pesar del desarrollo vertical alcanzado no se consiguió llegar hasta el fondo del depósito. El perfil edáfico consta de un horizonte A de 30 cm y una pequeña transición de 10 cm hacia la roca madre, esto es, las arcillas de descalcificación. Las características del suelo se corresponden con una formación de tipo Eutrudept.

La segunda fosa (ARAMO 2) se efectuó en la zona cimera al NE de El Angliru, a 1.611 m de altitud. En concreto, es una depresión abierta con cierta inclinación hacia el N, cubierta por arcillas y bloques, con pasto mon-

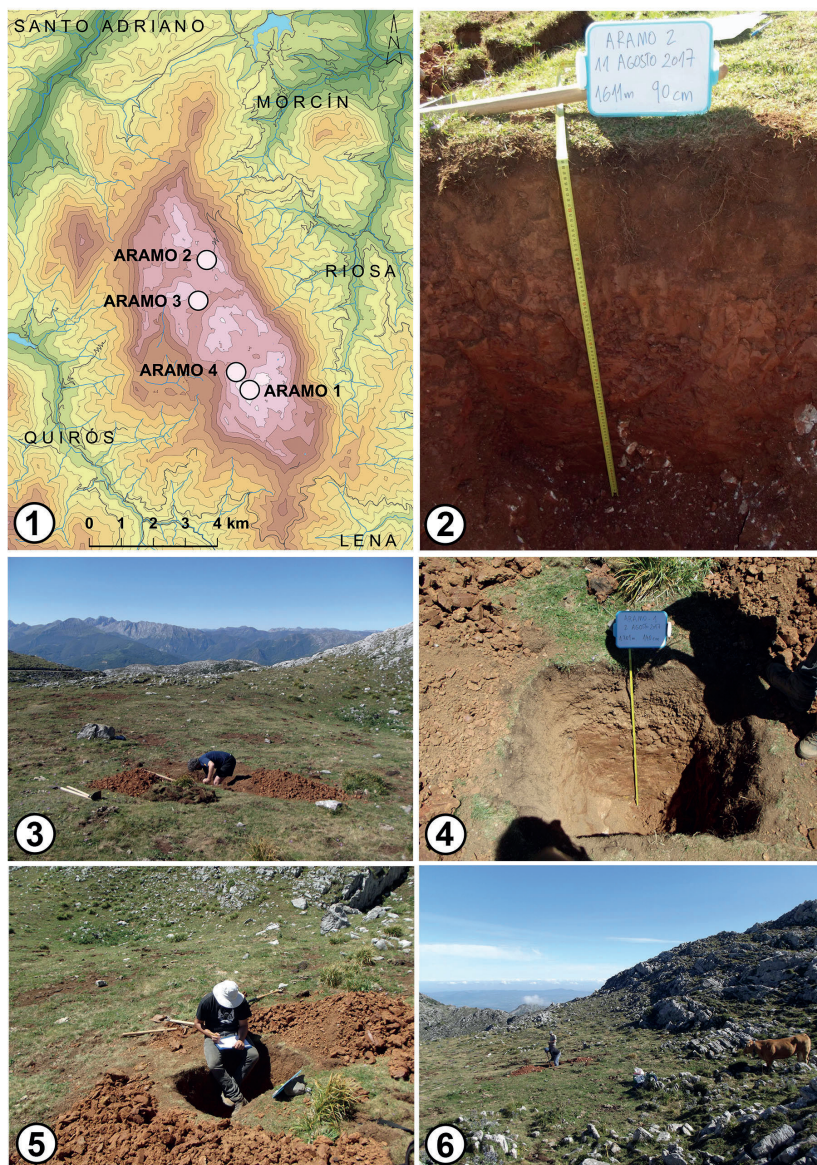


FIGURA 3. Localización de los sondeos pedoantracológicos de la Sierra del Aramo (1) e imágenes de los trabajos en ARAMO 1 (fotografías 3, 4 y 5) y ARAMO 2 (fotografías 2 y 6).

tano acidificado y un tanto nitrificado. Los afloramientos rocosos circundantes presentan matas de *Genista hispanica* subsp. *occidentalis* y vegetación casmófito con *Ribes alpinum*, *Berberis vulgaris* subsp. *cantabrica* y *Rhamnus alpina*. Se alcanzó la roca madre profundizando hasta los 100 cm, obteniéndose un perfil limpio de 90 cm. Su descripción es sencilla: un suelo Cryorthent típico con un horizonte A de 10-15 cm y una transición mínima a las arcillas de descalcificación con un mayor contenido rocoso hacia el fondo.

El perfil de la fosa ARAMO 1 se dividió en seis niveles de los que se extrajeron muestras con un peso total de 34,1 kg en seco. El muestreo tuvo mayor precisión en la parte superior, con tres niveles para los 40 primeros centímetros, puesto que por debajo se extendía un depósito de arcillas de profundidad desconocida que, *a priori*, contendría menos información. ARAMO 2, por su parte, fue analizada a partir de cinco niveles que, una vez secados para obtener el peso sin agua de la muestra (y que tengan mayor significancia los carbones), pesaron en conjunto 36,4 kg.

Cada uno de los niveles fue tamizado al agua con tamices homologados (ISO 3310/1, ASTM E11-17) de 50 cm de diámetro y luces de 5 mm, 2 mm y 0,8 mm. Una vez secadas, las muestras fueron clasificadas y guardadas para el posterior aislamiento de los fragmentos de carbón. La separación de los carbones se realizó manualmente en el Departamento de Geografía de la Universidad de Oviedo con una lupa binocular (juegos oculares de 20x y objetivos de hasta 4,5x).

La identificación de los carbones se ha llevado a cabo bajo microscopio en diversos departamentos y organismos, a saber, en el de Prehistoria, en el Área de Microscopía confocal de los Servicios Científico Técnico, en el de Petrología y Geoquímica de la Universidad de Oviedo y, finalmente, en el laboratorio de Antracología del GEODE (Toulouse), donde han sido verificados por especialistas. Se han utilizado aparatos de las casas Leica, Olympus y Nikon con luz reflectante (episcópicos) con lentes de magnificación de 100x, 200x y 500x.

Las claves de identificación se han obtenido de los atlas de anatomía de la madera (Jacquot, 1973; Schweingruber, 1990a y 1990b; Vernet *et al.*, 2001; Wheeler, 2011) y las colecciones de referencia. En este sentido, se han consultado las maderas carbonizadas depositadas en el GEODE procedentes de los Pirineos (vertientes norte y sur) y se ha realizado una colección de referencia propia de maderas actuales del Macizo Asturiano, concretamente, de la Sierra del Aramo, en el horno de carbonización del GEODE. Se han separado tres repertorios para ser custodiadas y utilizadas en el GEODE de Toulouse, en el GRAMP de Barcelona y en el Departamento de Geografía de la Universidad de Oviedo.

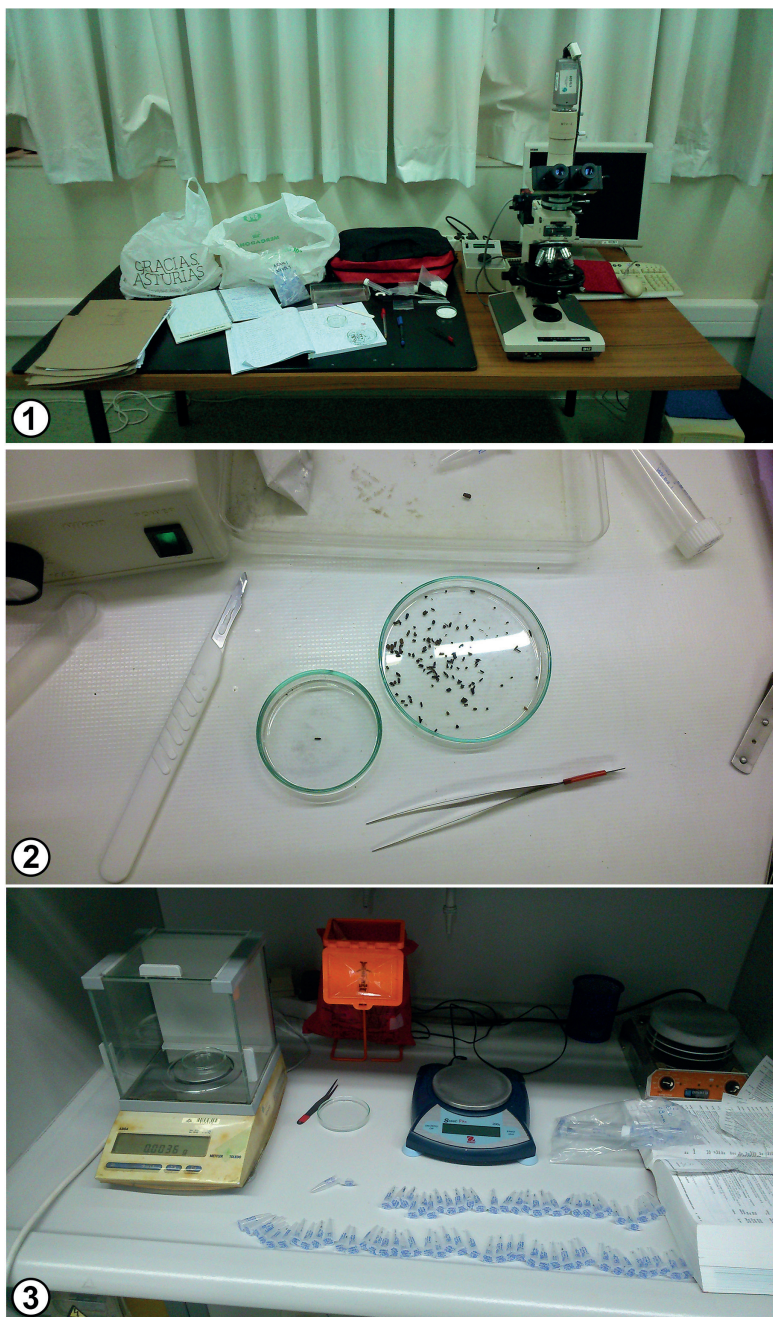


FIGURA 4. Fotografías de algunas de las labores realizadas para el análisis pedoantracológico en Servicios Científico Técnico y el Departamento de Prehistoria de la Universidad de Oviedo (Beato, 2018).

Concluidas las identificaciones se pesaron todos los fragmentos de carbón en una báscula de precisión de los Servicios Científico Técnico de la Universidad de Oviedo, con la finalidad de calcular posteriormente la antracomasa, esto es, la relación entre los carbones (en mg) y el material tamizado sin la fracción superior a 5 mm (en kg). En concreto, se calculó la antracomasa específica taxonómica por muestreo, la antracomasa específica por nivel y la antracomasa específica general.

Además, siete fragmentos de carbón de las dos fosas fueron datados por carbono 14 (AMS radiocarbono) en el Poznań Radiocarbon Laboratory (Polonia). La selección de las piezas se realizó en función de los taxones identificados y su posición (profundidad) en el perfil del suelo, así como por el peso (el mínimo para poder ser datado es de 4 mg). Las fechas de radiocarbono se han calibrado utilizando el programa OXCAL 4.3 (Bronk, 2017) y la curva de calibración IntCal13 (Reimer *et al.*, 2013).

Las labores de identificación y pesado ofrecen unos resultados preliminares interesantes a la espera de completar los otros dos análisis pendientes y finalizar los transectos con más fosas pedoantracológicas que nos permitan una reconstrucción más precisa de la evolución de la cubierta vegetal y los eventos de incendio. De ARAMO 1 cabe señalar la escasa antracomasa general (28,77 mg/kg), especialmente en los niveles inferiores donde apenas se han encontrado carbones, tal y como cabía esperar por su condición de depósito antiguo de arcillas de descalcificación. Aun así, se han hallado algunos fragmentos que no han podido ser identificados con precisión por su mal estado, vitrificación y nimio tamaño. Es el mismo caso de los niveles superiores, aunque sí se consiguieron algunas identificaciones.

En efecto, la mayor parte de las piezas de carbón se corresponden con pequeñas ramitas muy vitrificadas en las que apenas había estructuras celulares que analizar entre la corteza y la médula. Por esto, en la mayoría de los casos el plano transversal se encontraba fundido, no se podían apreciar radios y únicamente se constataba la existencia de vasos (poros en el transversal) y estructuras propias de las angiospermas.

Así mismo, es necesario destacar el hallazgo de carbones de leñosas que hoy en día no se encuentran a esta altitud en el Aramo ni en las cercanías del punto de sondeo. En concreto, se recopilaron 3 fragmentos de *Fagus*, 4 de *Ilex*, 2 de *Corylus* y 12 correspondientes a *Ericaceae*. En los roquedos, a unos 100-150 m por debajo del área analizada (1.550-1.600 de altitud), sí aparecen ejemplares arbustivos de *Juniperus alpina* y *Taxus baccata* de los que se han recuperado 3 piezas de cada taxón además de otro de una conífera sin determinar. Pero sin duda, lo más llamativo ha sido la

aparición de 158 fragmentos (0,454 gr) de angiospermas sin determinar, que en su mayoría se corresponden con ramas de tamaño nimio y otras demasiado vitrificadas para concretar más la identificación.

En cuanto a ARAMO 2, los resultados han sido más fructíferos por la cantidad de carbones, su estado y el peso de algunos fragmentos. Si bien es cierto que la antracomasa es de nuevo muy pobre (23,75 mg/kg), no obstante, los dos niveles más superficiales concentran la mayor parte de las

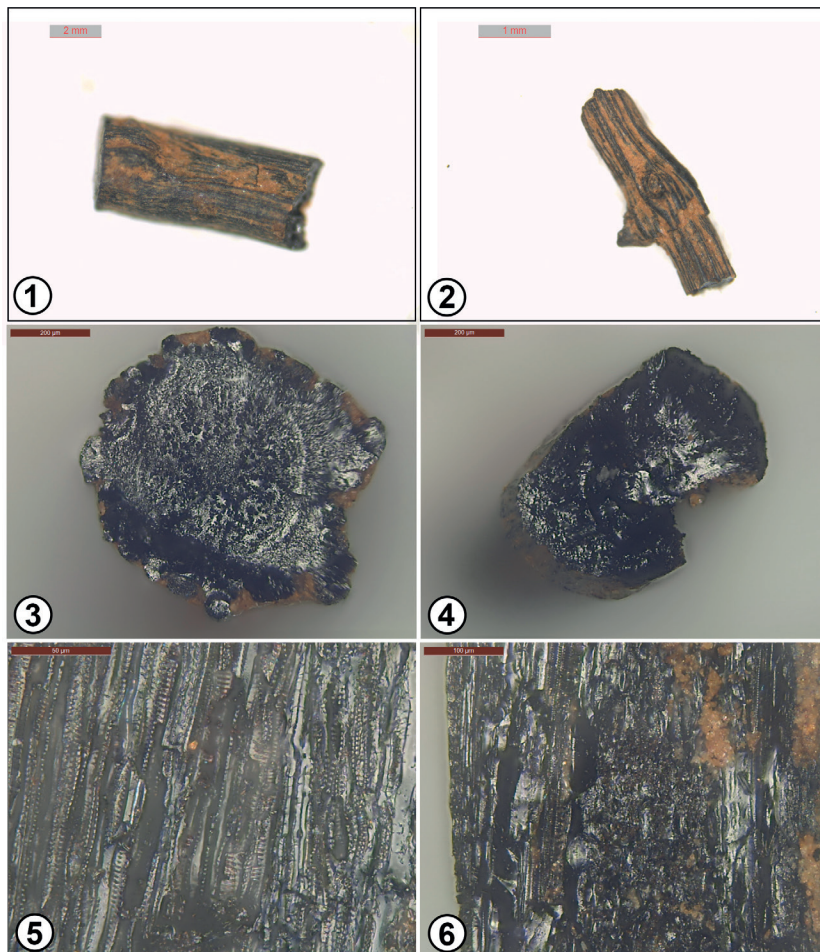


FIGURA 5. 1 y 2) Fotografías de sendas ramitas mediante lupa binocular electrónica Leica del GEODE (escalas de 2 y 1 mm respectivamente). 3 y 4) Fotografías tomadas con microscopio Leica del GEODE de dos planos transversales representativos de los correspondientes a un gran número de ramitas de angiospermas vitrificadas (escala 200 μm). 5 y 6) Fotografías de los planos radiales de las muestras anteriores (escalas de 50 μm y 100 μm respectivamente) (Beato, 2018).

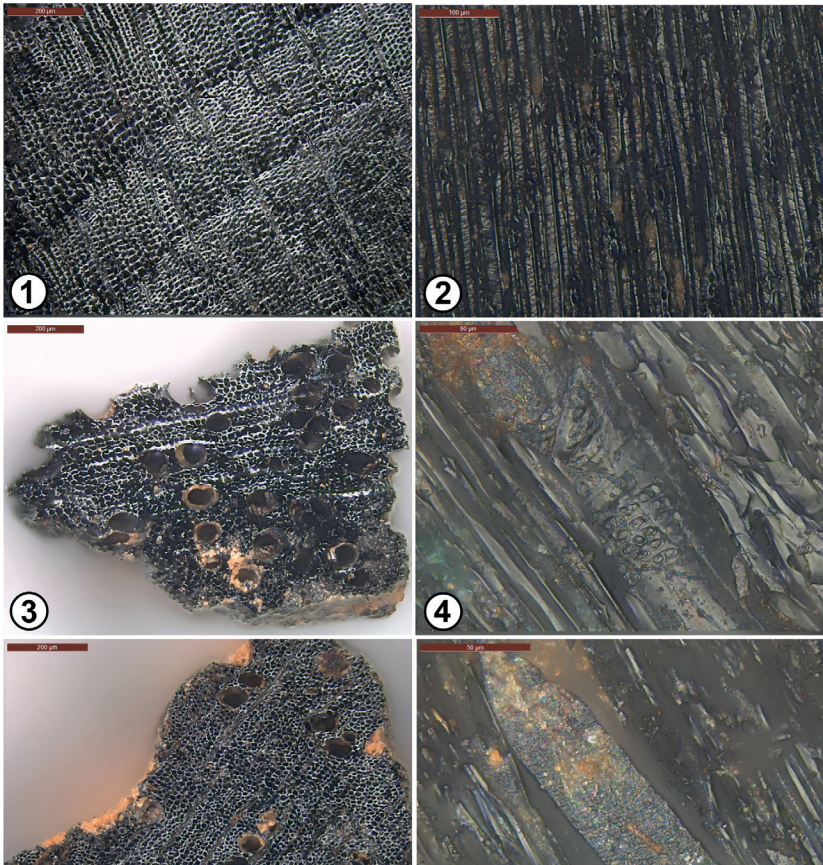


FIGURA 6. 1) Plano transversal de *Taxus baccata*: sin canales resiníferos, transición gradual de madera temprana a tardía, traqueidas de paredes gruesas. 2) Plano tangencial de *Taxus baccata* en el que se pueden apreciar radios unicelulares sin traqueidas transversales, de 5 a 12 células de alto y claros engrosamientos espirales. 3) Plano transversal de *Salix*: madera difusa, poros solitarios y en grupos radiales de 2 y 3 poros. 4) Plano radial de *Salix*. Obsérvese el tejido celular compuesto únicamente por fibras libriformes y las grandes puntuaciones intervasculares. 5) Plano transversal de *Betula*: madera difusa, poros normalmente en grupos regulares radiales de 2 a 4 poros. 6) Típica puntuación intravascular muy abundante y de tamaño pequeño sobre vaso de *Betula* en plano radial (Beato, Poblete y Cunill, 2019).

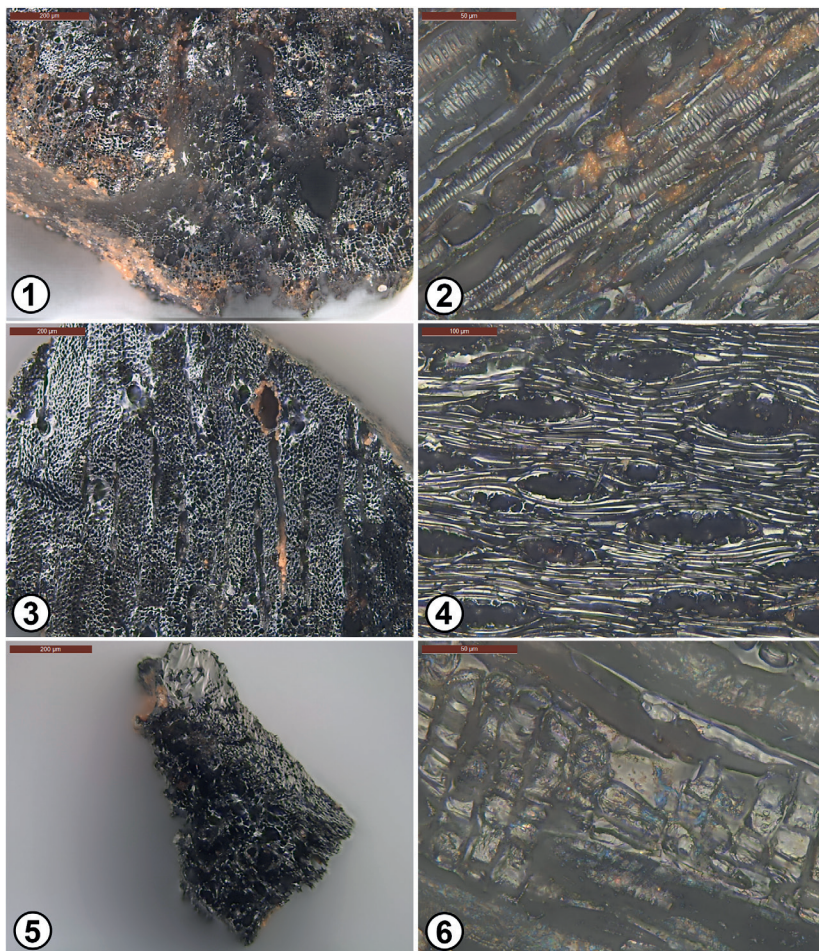


FIGURA 7. 1) Madera semidifusa de un transversal de *Prunus* con clústers radiales de poros, fibrotraqueidas de paredes gruesas y parénquima apotraqueal difusa. 2) Fibrotraqueidas y vasos con engrosamientos espirales de *Prunus*. 3) Plano transversal de *Fraxinus* con poros aislados o en pares radiales con parénquima circumvascular y paratraqueal. 4) Radios bi y triseriados de *Fraxinus*. 5) Plano transversal de *Quercus planocaducifolio* con la típica distribución de poros con forma de llama y parénquima apotraqueal. 6) Radios homogéneos de *Quercus planocaducifolio* y vasos con traqueidas vasculares (Beato, 2018).

muestras (0,72 gr de los 0,8 totales). Aunque el número de angiospermas (sin especificar) es de nuevo muy alto (83 piezas con un peso conjunto de 0,2 gr), el taxón que predomina entre las identificaciones es *Taxus baccata* con un peso total de 0,21 gr y presente en todos los niveles del sondeo, incluso en los inferiores donde apenas se encontraron carbones y son todos mono-específicos.

Otro hecho significativo es la mayor diversidad taxonómica y de elementos potencialmente arbóreos como *Salix*, *Betula*, *Quercus* (planocaducifolio) y *Fraxinus*. En la actualidad, ninguno de estos ni otros taxones alcanza una altitud superior a los 1.600 m en todo el Aramo. En cuanto a las arbustivas: *Corylus*, *Prunus*, *Ericaceae* y *Leguminosae* alcanzan cotas cercanas pero inferiores y no cerca del punto de sondeo. Sólo *Berberis* fue identificada en un roquedo cercano.

En definitiva, ha sido un hallazgo muy elocuente y relevante encontrar en ámbitos absolutamente deforestados en la actualidad, utilizados como pastizales desde tiempos inmemoriales, carbones correspondientes a especies potencialmente arbóreas. Si bien ARAMO 1 presenta una mayor pobreza como se corresponde a unas condiciones más duras para las plantas debido a la altitud, ARAMO 2 (aun así por encima de los 1.600 m) muestra una gran biodiversidad. Es revelador en sendos casos la presencia también de *Corylus*, *Ilex*, *Juniperus*, ericáceas y, especialmente de *Taxus*.

A la par, un hecho muy notable es la baja antracomasa general. La relación entre el peso de los fragmentos de carbón y el suelo extraído seco muestra cifras similares a las obtenidas en estudios pedoantracológicos en el límite superior del bosque en los Pirineos, a mucha mayor altitud. Cunill (2010) y Cunill *et al.* (2012 y 2013) examinaron antracomasas en torno a los 100 mg/kg entre los 1.995 m y los 2.200 m de altitud, así como cercanas a los 10 mg/kg desde los 2.300 m hasta los 2.500 m. Nada que ver con los resultados de montañas mediterráneas como la Sierra de Gredos, donde a 1.700 m García Álvarez *et al.* (2017) han calculado 23.487,03 mg/kg y a 2.200 m 2.678,31 mg/kg; ni con los máximos de fosas pedoantracológicas de espacios montanos más xéricos y a menor altitud (1.300-1.400 m) como Sierra Bermeja, donde un solo nivel sobrepasó los 74.000 mg/kg (Gómez-Zotano *et al.*, 2017; Olmedo-Cobo *et al.*, 2017) Obviamente, esto puede estar relacionado con un escaso número de incendios o unas circunstancias locales peculiares para la conservación de los carbones. Sin embargo, no existen estudios actualmente que indiquen este tipo de suelos, litologías y usos antrópicos pasados y recientes como especialmente dañinos para la conservación de los carbones. A la espera de nuevas prospecciones en el Aramo, la hipótesis más razonable es la de escasos eventos de fuego.

Las dataciones pueden ayudar a comprender esto, pero, el escaso peso de los fragmentos y las limitaciones económicas han restringido el análisis a unas pocas muestras, todas ellas correspondientes a especies arbóreas. Los resultados son muy expresivos toda vez que 6 de las 7 muestras tienen una edad entre 3.355 y 3.450 años BP. La única que se encuentra fuera de ese rango es un fragmento de *Fagus* subactual que, por desgracia, fue el único carbón de los hallados en ARAMO 1 con peso suficiente para ser datado. A riesgo de ser reiterativo, es importante subrayar que el haya no llega ni siquiera en forma arbustiva a estas cotas y, sin embargo, en algún momento reciente sí lo ha hecho. En lo que respecta a ARAMO 2, que concentra el grueso de las dataciones, se constata la migración de partículas dentro del suelo, máxime cuando fragmentos de la misma fecha aparecen con una distancia de 60 cm de profundidad y unos más antiguos aparecen sobre otros más recientes. Sea como fuere, sabemos que, en un rango temporal de 100 años y en plena Edad del Bronce, hubo uno o varios incendios que calcinaron la cubierta forestal del punto muestreado. En concreto, se trataba de un bosque mixto de tejos y planocaducifolios similar a la comunidad relicta de Vatsongo, en la que tampoco se desarrollan actualmente hayas.

Estas dataciones vienen a corroborar los datos de otras zonas del Aramo (Blas, 2012 y 2014; Blas *et al.*, 2013; Blas y Rodríguez, 2015) que indican la Edad del Bronce como un periodo de fuerte presencia humana, de colonización de las cumbres y de desarrollo de diversas actividades de origen neolítico. La construcción de elementos funerarios y místicos-religiosos, la caza y la recolección, la minería, así como un indudable pastoralismo requirieron materias primas como la leña, procedente de las comunidades vegetales locales contemporáneas de aquel tiempo y, por supuesto, la apertura de claros en los bosques que cubrirían buena parte de la sierra. No obstante, la aplicación del método pedoantracológico podría aclarar muchas dudas y despejar incógnitas que quedan todavía por resolver. Por ejemplo, no se ha obtenido información sobre cuál ha sido la recurrencia del fuego fundamental para eliminar la cubierta arbórea y el mantenimiento de los pastos generados, si es que esta actividad se ha producido.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS DE FUTURO

No cabe duda de que el método pedoantracológico puede complementar a otras técnicas paleoecológicas y aportar datos muy relevantes para el conocimiento de la evolución del paisaje en el Macizo Asturiano. La concesión de una ayuda de la Universidad de Oviedo para llevar a cabo el proyecto “La evolución de la vegetación en los puertos de montaña (Asturias Central) mediante pedoantracología” ha permitido ampliar la búsqueda de respuestas a otras localizaciones asturianas. Así, se han efectuado 7 sondeos pedoantracológicos a los que hay que añadir los efectuados previamente en la Sierra del Aramo cuyos resultados preliminares se han publicado en Beato *et al.* (2020, 2021a, 2021b y 2022). La metodología se ha implementado con el diseño de un transecto en el que se han seleccionado zonas de sondeo escalonadas de menor a mayor altitud tratando de tener información de los distintos pisos biogeográficos. El segundo criterio que se ha empleado es el de buscar áreas utilizadas tradicionalmente para el pasto extensivo que coinciden en todos los casos con puertos de baja, media y alta montaña. Así, la elección de los lugares donde realizar las fosas pedoantracológicas parten, en primer lugar, del objetivo de muestrear áreas deforestadas para buscar el origen de ese estado regresivo en la sucesión vegetal y la evolución histórica de las mismas. Por tanto, se han elegido enclaves ubicados en Montes de Utilidad Pública desde zonas bajas y cercanas a la costa (sondeos de la sierra de Los Faedos) hasta la divisoria cantábrica (en el Puerto de Ventana), cubriendo un desnivel de más de 1.200 m entre los 600 m del sondeo FAEDO 1 y los 1.827 m de VENTANA 1. Igualmente, se ha tratado de analizar suelos en diferentes contextos litológicos, topográficos, geomorfológicos y microclimáticos, como los depósitos en depresiones kársticas de la Sierra del Aramo, los crestones cuarcíticos de FAEDO 2 y VENTANA 2, las areniscas en laderas con soliflucción de VENTANA 2, los depósitos de coluviones periglaciares de FAEDO 1 y los interfluvios en pizarras y areniscas de los sondeos de Puertos de Marabio (Beato *et al.*, 2020, 2021a, 2021b y 2022).

Por el momento, se están descubriendo algunas cuestiones muy relevantes para completar el análisis de cómo fue la colonización de los espacios montanos por los grupos humanos, la transformación de los bosques en espacios agrarios y ganaderos y la gestión de estos mediante el fuego. Además, podemos arrojar luz sobre la historia geocológica de algunas especies vegetales arbóreas como el tejo, hasta ahora desconocida pues su polen no ha aparecido reflejado en los diagramas polínicos de la región asturiana. No obstante, según ampliamos el conocimiento de algunas localizaciones concretas donde se realizan los sondeos pedoantracológicos

surgen nuevas incógnitas, preguntas que anticipan la gran complejidad en la evolución de las relaciones entre los seres humanos y el medio natural, mucho más allá de las líneas generales que podemos y necesitamos definir para entender el mundo en que vivimos.

AGRADECIMIENTOS

El autor quiere agradecer sinceramente el apoyo de la Fundación Alvargonzález de Gijón por la concesión de la XXVI Ayuda a la Investigación “Ramón de la Sagra” para el proyecto *Dinámica paleoecológica del Macizo Central Asturiano a través de un transecto pedoantracológico*, en el marco del cual se inscribe el presente trabajo. Por otro lado, la puesta en marcha de la pedoantracología en el contexto cantábrico ha sido factible gracias a la generosidad y a la paciencia de Vanessa Py-Saragaglia y Raquel Cunill i Artigas para mi formación (en anatomía de la madera, el análisis de los carbones vegetales y el método pedoantracológico), así como a la inestimable ayuda de Jean Paul Métaillé, Didier Galop y el equipo científico, técnico y administrativo completo del GEODE (CNRS-Universidad de Toulouse II), además de Claude Dubois, Léonel Fouedjeu, Mélanie Saulnier y la familia Cobos (Toulouse-Otívar). Asimismo, este estudio no se hubiera realizado sin el apoyo y colaboración de Joan Manuel Soriano, Albert Pèlach, Ramón Pérez-Obiol y Juan Carlos García Codrón en las incursiones catalanas y cántabras en las que tanto aprendí. La parte desarrollada en Asturias ha contado con el trabajo y soporte de los miembros de i-Ge&ser, la familia Fernández-Conde de Las Casas del Puente (Salas), Héctor Rato, Sergio Rato e Ícaro Obeso Muñiz, sin olvidar el soporte técnico-infraestructural ofrecido por Marco de la Rasilla y el área de Prehistoria, Marta Alonso Guervós y los Servicios Científico Técnico, Francisco Javier Alonso Rodríguez y Ángel Rodríguez Rey de Petrología y Geoquímica, todos ellos de la Universidad de Oviedo, así como Manuel Rodríguez Rastrero de la Universidad Autónoma de Madrid por sus aportaciones en la descripción edáfica.

Por otra parte, agradecemos el permiso para difundir parte de los resultados publicados en el Boletín de la Asociación Española de Geografía (Beato, Poblete y Cunill, 2019) y Documents d’Anàlisi Geogràfica (Beato, Marino, Poblete, Cunill y Rodríguez, 2021), y la concesión de la ayuda PAPI-20-EMERG-2 “La evolución de la vegetación en los puertos de montaña (Asturias Central) mediante pedoantracología” de la Universidad de Oviedo.

REFERENCIAS

- Aguilar, C.A. 1963. *Estudio palinológico de la turbera de Buelna-La Franca (Asturias)*. Tesis de Licenciatura (inédita). Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid.
- Allen, J.R.M., Huntley, B. and Watts, W.A. 1996. The vegetation and climate of northwest Iberia over the last 14,000 years. *Journal of Quaternary Science*, 11 (2), 125-147.
- Allué, E. 2003. Antracología. In: J.A. Gutiérrez González (ed.) *Peñaferruz (Gijón). El castillo de Curiel y su territorio*. Ayuntamiento de Gijón, VTP editorial. Gijón, 375-382.
- Aramburu, C. and Bastida, F. (eds.) 1995. *Geología de Asturias*. Editorial Trea, Gijón, 314 pp.
- Arias, P., Armendariz, A. and Teira, L. 2005. El fenómeno megalítico en la región cantábrica. Estado de la cuestión. In: P. Arias, R. Ontañón and C. García (eds.) *Actas del III Congreso del Neolítico en la Península Ibérica, Santander*. Monografías del Instituto Internacional de Investigaciones Prehistóricas de Cantabria 1. Universidad de Cantabria, Santander, 751-759.
- Bal, M.C. 2006. *Constructions et dynamiques des espaces et des terrases agropastorales en zone intermédiaire des Pyrénées du Néolithique à nos jours (Cerdagne, Pays de Sault, Pays Basque). Approche archéoenvironnementale par la pédoanthracologie*. Tesis Doctoral (inédita). Universidad de Toulouse II. 280 pp.
- Bal, M.C. and Métaillé, J.P. 2005. Propositions méthodologiques pour l'étude des feux agro-sylvopastoraux en montagne pyrénéenne. Évaluation qualitative et quantitative des résidus d'incendies à partir des analyses pédoanthracologiques. *Anthropozoologica*, 40, 81-93.
- Bal, M.C., Rendu, C., Ruas, M. and Campmajo, P. 2010. Paleosol charcoal: reconstructing vegetation history in relation to agro-pastoral activities since the Neolithic. A case study in the Eastern French Pyrenees. *J. Archaeol. Sci.*, 37 (8), 1.785-1.797.
- Bal, M.C., Pélachs, A., Perez-Obiol, R., Julia, R. and Cunill, R. 2011. Fire history and human activities during the last 3300cal yr BP in Spain's Central Pyrenees: The case of the Estany de Burg. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 300 (1-4), 179-190.
- Bal, M.C., Allée, P. and Liard, M. 2015. The origins of a *Nardus stricta* grassland through soil charcoal analyses: reconstructing the history of a mountain cultural landscape (Mont Lozère, France) since the Neolithic. *Quat. Int.*, 366, 3-14.
- Beato, S. 2012a. *La construcción del paisaje en la Sierra del Aramo. El caso de la parroquia de Bermiego*. Trabajo de Fin de Máster (inédito), Universidad de Oviedo, Oviedo, 80 pp.

- Beato, S. 2012b. *El paisaje natural de la Sierra del Aramo*. Tesina de Licenciatura (inédita), Universidad de Oviedo, Oviedo, 210 pp.
- Beato, S. 2012c. El paisaje vegetal de la Sierra del Aramo, un medio de montaña en transformación (Montaña Central de Asturias). In: R. Cunill, A. Pèlach, R. Pérez Obiol y J. M. Soriano (eds.): *Las zonas de montaña: gestión y biodiversidad*, Barcelona, Universidad Autónoma de Barcelona, 315-321.
- Beato, S. 2018. El patrimonio natural de la Sierra del Aramo (Montaña Central Asturiana) y la evolución de su paisaje. Tesis Doctoral inédita. Departamento de Geografía, Universidad de Oviedo.
- Beato, S., Poblete, M. Á. and Marino, J. L. 2016a. Hábitats forestales de interés comunitario en la Sierra del Aramo (Montaña Central Asturiana, España), lugar de encuentro entre dos distritos biogeográficos contrastados. In: J. Gómez Zotano, J. Arias García, J.A. Olmedo Cobo and J.L Serrano Montes (eds.) *Avances en Biogeografía. Áreas de distribución: entre puentes y barreras*. Ediciones de la Universidad de Granada, Tundra, Granada, 144-153.
- Beato, S., Poblete, M. Á. and Marino, J. L. 2016b. La expansión del matorral y su caracterización biogeográfica en la Sierra del Aramo (Montaña Central Asturiana, España). In: J. Gómez Zotano, J. Arias García, J.A. Olmedo Cobo y J.L Serrano Montes (eds.): *Avances en Biogeografía. Áreas de distribución: entre puentes y barreras*. Ediciones de la Universidad de Granada, Tundra, Granada, 494-502.
- Beato, S., Poblete, M. Á. y Cunill, R. 2019. *Taxus baccata* en la Sierra del Aramo (Macizo Central Asturiano). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 81, 2772: 1–30. <http://dx.doi.org/10.21138/bage.2772>
- Beato, S., Poblete, M.A., Marino, J.L. y Cunill, R. 2020. Aproximación pedoantracológica a la Sierra del Aramo (Macizo Central Asturiano). In: V. Carracedo, J.C. García-Codron, C. Garmendia y V. Rivas (eds.): *Conservación, Gestión y Restauración de la Biodiversidad. XI Congreso Español y I Congreso Iberoamericano de Biogeografía. Santander (España), 22-25 de junio*. Asociación de Geógrafos Españoles, Santander, 31-40.
- Beato, S., Marino, J.L., Poblete, M.A., Cunill, R., Rodríguez, J.M. 2021a. Les pastures de muntanya de la Serra de l'Aramo (Massís Central Asturià): anàlisi geocològica, evolució històrica i dinàmica recent. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 67(1), 5-32. <https://doi.org/10.5565/rev/dag.654>
- Beato, S., Cunill, R., García, S., Marino, J.L., Poblete, M.A., Rodríguez, C. 2021b. Transecto pedoantracológico en el macizo asturiano: primeros resultados sobre la evolución del paisaje vegetal. In: J.L. García (ed. lit.): *Geografía, cambio global y sostenibilidad. Comunicaciones del XXVII Congreso de la Asociación Española de Geografía.: Tomo I: Naturaleza, transformación territorial y paisaje*. Asociación Española de Geografía y Departamento de Geografía e Historia de la Universidad de La Laguna, 843-853.
- Beato, S., Cunill, R., García, S., Marino, J.L., Poblete, M.A., Rodríguez, C. 2022. Evolución del paisaje vegetal del Macizo Asturiano: resultados prelimi-

- nares de un transecto pedoantracológico. In: S. Beato, M. Poblete y C. Rodríguez (eds.): *La naturaleza atlántica: hábitats, patrimonio y vulnerabilidad*. Delallama editorial, Oviedo, 207-216.
- Beug, H.J. 2004. *Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete*. Pfeil, Munich.
- Blas, M. Á. de, 1990: Pastores, agricultores y metalúrgicos. El Neolítico y la Edad del Bronce. *Historia de Asturias, I*. La Nueva España, Oviedo, 101-120.
- Blas, M. Á. de, 2012. Beneficio y consagración de las cumbres: el caso de “Los Fitos” y la concurrencia Neolítico-Bronce antiguo en el área megalítica de La Cobertoria, Asturias. In: J. R. Muñiz (coord.) *Ad orientem. Del final del paleolítico en el norte de España a las primeras civilizaciones del Oriente próximo. Estudios en homenaje al profesor Juan Antonio Fernández -Tresgüerras Velasco*. Ediciones de la Universidad de Oviedo, Ménsula Ediciones, Oviedo, 307-347.
- Blas, M. Á. de, 2013. IV^o milenio a. de C.: los monumentos sepulcrales del Puerto de la Cobertoria (Quirós) y el dominio de las cumbres por las sociedades neolíticas. In: M. Á. de Blas Cortina (coord.) *De neandertales a albigones: cuatro lugares esenciales de la Prehistoria en Asturias*. Real Instituto de Estudios Asturianos, Oviedo, 69-138.
- Blas, M. Á. de, 2014. El laboreo del cobre en la Sierra del Aramo (Asturias) como referente cardinal de la minería prehistórica en la región cantábrica. *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología*, 24, 45-84.
- Blas, M. Á. de, and Rodríguez, F. 2015. La cuestión campaniforme en el Cantábrico central y las minas de cobre prehistóricas de la sierra del Aramo. *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología*, 41, 165-179
- Blas, M. Á. de, Rodríguez, F. and Suárez, M. 2013. De las labores subterráneas a las actividades metalúrgicas en el exterior: Investigaciones 2007-2012 en las minas de cobre prehistóricas de la Sierra del Aramo (“La Campa les Mines”), concejo de Riosa, *Excavaciones Arqueológicas en Asturias 2003-2006*, Oviedo, 169-187.
- Bronk, C. 2017. OxCal [WWW program] version 4.3. *Oxford Radiocarbon Accelerator Unit: University of Oxford*. Disponible en <https://c14.arch.ox.ac.uk/oxcal/OxCal.html>.
- Burjachs, F. 2001. Informe del análisis polínico del yacimiento arqueológico de La Campa Torres (Asturias). In: J.L. Maya González and F. Cuesta Toribio (eds.) *El castro de la Campa Torres*. Gijón, pp. 297-305.
- Burjachs, F. 2003. Palinología. In: J.A. Gutiérrez González (ed.) *Peñaferruz (Gijón). El castillo de Curiel y su territorio*. Ayuntamiento de Gijón, VTP editorial. Gijón, pp. 363-374.
- Buxó, R. and Echave, C. 2001a. Estudio de los restos paleoarqueológicos del yacimiento de La Campa Torres (Gijón, Asturias). In: J.L. Maya González and F. Cuesta Toribio (eds.) *El castro de la Campa Torres*. Gijón, pp. 307-310.

- Buxó, R. and Echave, C. 2001b. Análisis de una nueva muestra de semillas procedente del yacimiento de La Campa Torres. In: J.L. Maya González and F. Cuesta Toribio (eds.) *El castro de la Campa Torres*. Gijón, 311.
- Carcaillet, C. 2001. Are Holocene wood-charcoal fragments stratified in alpine and subalpine soils? Evidence from the Alps based on AMS ¹⁴C dates. *Holocene*, 11, 231–242.
- Carcaillet, C. and Thinon, M. 1996. Pedoanthracological contribution to the study of the evolution of the upper treeline in the Maurienne valley (North French Alps): methodology and preliminary data. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 91, 399–416.
- Carcaillet, C., Bergman, I., Delorme, S., Hornberg, G., and Zackrisson, O. 2007. Long-term fire frequency not linked to prehistoric occupations in northern Swedish boreal forest. *Ecology*, 88(2), 465–477.
- Carracedo, V. 2015. *Incendios forestales y gestión del fuego en Cantabria*. Tesis Doctoral (inédita). Departamento de Geografía, Urbanismo y Ordenación del Territorio. Universidad de Cantabria, Santander.
- Carracedo, V., Cunill, R., García-Codron, J. C., Pèlachs Mañosa, A., Pérez Obiol, R. y Soriano López, J. M. 2017. Fuentes para la geografía histórica de los incendios forestales. Algunas consideraciones metodológicas. *Cuadernos Geográficos de la Universidad de Granada*, 56 (3), 66-89.
- Carracedo, V., Cunill, R., García-Codron, J. C., Pèlachs Mañosa, A., Pérez Obiol, R. y Soriano López, J. M. 2018. History of fires and vegetation since the Neolithic in the Cantabrian Mountains (Spain). *Land Degrad Dev.*, 29, 2.060–2.072.
- Catalán, J., A. et al. 2013: Interacción entre clima y ocupación humana en la configuración del paisaje vegetal del Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici a lo largo de los últimos 15.000 años. In: L. Ramírez and B. Asensio (eds.) *Proyectos de Investigación en parques nacionales 2009–2012*. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid, 71–92.
- Conedera, M., Tinner, W., Nef, C., Meurer, M., Dickens, A.F. and Krebs, P. 2009: Reconstructing past fire regimes: Methods, applications, and relevance to fire management and conservation. *Quaternary Science Reviews*, 28(5), 555–576.
- Costa, M., Morla, C. y Sainz, H. (eds.) 2001. *Los bosques ibéricos. Una interpretación geobotánica*. Planeta, Barcelona.
- Cunill, R. 2010. *Estudi interdisciplinari de l'evolució del límit superior del bosc durant el període holocènic a la zona de Plaús de Boldís-Montarenyo, Pirineu central català. Pedoanthracologia, palinologia, carbons sedimentaris i fonts documentals*. Tesis Doctoral (inédita). Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, 243 pp.

- Cunill, R., Soriano, J.M., Bal, M.C., Pèlachs, A. and Pérez-Obiol, R. 2012. Holocene treeline changes on the south slope of the Pyrenees: a pedoanthracological analysis. *Vegetation History and Archaeobotany*, 21, 373-384.
- Cunill, R., Soriano, J.M., Bal, M.C., Pèlachs, A., Rodríguez, J.M. and Pérez-Obiol, R. 2013. Holocene high-altitude vegetation dynamics in the Pyrenees: a pedoanthracology contribution to an interdisciplinary approach. *Quat. Int.*, 289, 60-70.
- Cunill, R., Métaillé, J.P., Galop, D., Poublanc, S. and Munnik, N. de, 2015. Palaeoecological study of Pyrenean lowland fir forests: Exploring mid-late Holocene history of *Abies alba* in Montbrun (Ariège, France). *Quat. Int.*, 366, 37-50.
- Díaz, T.E., Blas, M.A. de, and Gutiérrez, M.I. 2002. Estudio e identificación de restos de madera quemada procedentes del Túmulo XII de la estación megalítica de Monte Areo (Carreño, Asturias). *Boletín de Ciencias de la Naturaleza del R.I.D.E.A.*, 48, 273-290.
- Dupré, M. 1985. Contribución del análisis polínico al conocimiento del paleoambiente en España. Tesis Doctoral. Facultad de Geografía e Historia, Universidad de Valencia.
- Dupré, M. 1986. Contribution de l'analyse pollinique a la connaissance du paléoenvironnement en Espagne. *L'Anthropologie*, 90 (3), 589-591.
- Dupré, M. 1988. *Palinología y paleoambiente. Nuevos datos españoles. Referencias*. Trabajos Varios del S.I.P., 84. Diputación provincial de Valencia, Valencia, 176 pp.
- Ejarque, A., Miras, Y., Riera, S., Palet, J.M. and Orengo, H.A. 2010. Testing micro-regional variability in the Holocene shaping of high mountain cultural landscapes: a palaeoenvironmental case-study in the eastern Pyrenees. *J. Archaeol. Sci.*, 37, 1468-1479.
- Feiss, T., Horen, H., Brasseur, B., Buridant, J., Gallet-Moron, E. and Decocq, G. 2017. Historical ecology of lowland forests: Does pedoanthracology support historical and archaeological data? *Quaternary International*, 457, 99-112.
- Fernández-Eraso, J., Blas-Cortina, M.A. de, Delibes de Castro, G., García-Gazólaz, J., Iriarte-Chiapusso, M.J. and Rodanés-Vicente, J.M. 2009. Mesolítico y Neolítico: Pasado, presente y futuro de las investigaciones. In: A. Llanos (ed.) *Medio siglo de arqueología en el Cantábrico Oriental y su entorno. Actas del Congreso Internacional*. Diputación Foral de Álava, Vitoria-Gasteiz, 73-114.
- Fernández-Eraso, J., Mujika, J.A. and Peñalver, X. 2010. Hábitat y mundo funerario en la Prehistoria reciente del País Vasco: nuevas evidencias. *Munibe*, (suplemento 32), 250-269.
- Fernández Mier, M. 2013. Arqueología agraria del Noroeste peninsular. Líneas de investigación sobre un paisaje multifuncional. El ejemplo de Asturias.

- In: A. García Porras (ed.) *Arqueología de la producción en época medieval*. Granada, 409-432.
- Fesenmyer, K.A. and Christensen, N.L. 2010. Reconstructing Holocene fire history in a southern Appalachian forest using soil charcoal. *Ecology*, 91, 662-670.
- Fombella, M.A. y E. García-Rovés 2006a. Análisis polínico del yacimiento de Santa María de Raíces, Castrillón (Asturias). In: E. Fernández-Martínez (ed.) *XXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología. Libro de resúmenes*. Universidad de León, León, 37-38.
- Fombella, M.A. and García-Rovés, E. 2006b. Estudio palinológico del Castro de Llagú, Latores (Oviedo). In: E. Fernández-Martínez (ed.) *XXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología. Libro de resúmenes*. Universidad de León, León, 39-40.
- Fombella, M.A., Andrade, A., Puente, E., Penas, A., Alonso, E., Matías, R. and García-Rovés, E. 2001. Primeros resultados sobre la dinámica de la vegetación en la turbera del puerto de San Isidro (León, España). In: M.A. Fombella Blanco, D. Fernández González and R.M. Valencia Barrera (eds.) *Palinología: Diversidad y Aplicaciones*. Secretariado de Publicaciones, Universidad de León, León, 79-86.
- Fombella, M.A., García-Rovés, E. and Puente, E. 2003. Comparative palynological analysis between the San Isidro and Leitariagos Holocene sequences, NW Spain. *Acta Palaeontologica Sinica*, 42 (1), 111-117.
- Fombella, M.A., García-Rovés, E. and Puente, E. 2004. Environmental and climatic changes inferred from the pollen sequence of San Isidro, León, NW Spain. *Polen*, 14, 483-484.
- Franco, F., García, M., Maldonado, J., Morla, C. and Sainz, H. 2001. The Holocene history of *Pinus* forests in the Spanish Northern Meseta. *The Holocene*, 11 (3), 343-358.
- Galop, D. 1998. *La forêt, l'homme et le troupeau dans les Pyrénées. 6000 ans d'histoire de l'environnement entre Garonne et Méditerranée*. Geode, Laboratoire d'Ecologie Terrestre, Toulouse, 285 pp.
- Galop, D. 2005. La conquête de la montagne pyrénéenne au Néolithique. Chronologie, rythmes et transformations des paysages à partir des données polliniques. In: J. Guilaine, (ed.) *Populations néolithiques et environnements*. Séminaire du Collège de France, Éditions Errance, Paris, 279-295.
- Galop, D. and Jalut, G. 1994. Differential human impact and vegetation history in two adjacent Pyrenean valleys in the Ariège basin, southern France, from 3000 BP to present. *Vég. Hist. Archaeobotany*, 3, 225-244.
- Galop, D., Mazier, F., López-Sáez, J.A. and Vannière, B. 2004. Palinologie et histoire des activités humaines en milieu montagnard. Bilan provisoire des recherches et nouvelles orientations méthodologiques sur le versant nord des Pyrénées. *Archéologie du Midi Médiéval*, 21, 159-170.

- Galop D., Rius, D., Cugny, C. and Mazier, F. 2013. A history of long-term human-environment interactions in the French Pyrenees inferred from the pollen data. Continuity and change in cultural adaptation to mountain environments. From prehistory to contemporary threats. In: L.R. Lozny (ed.) *Continuity and Change in Cultural Adaptation to Mountain Environments. From Prehistory to Contemporary Threats*. Studies in Human Ecology and Adaptation 7, Springer, 19-30.
- García Álvarez, S., Bal, M.C., Allée, P., García-Amorena, I. and Rubiales, J. M. 2017. Holocene treeline history of a high-mountain landscape inferred from soil charcoal: The case of Sierra de Gredos (Iberian Central System, SW Europe). *Quat. Int.*, 457, 85-98.
- García-Amorena, I. 2007. *Evolución de los bosques en la costa Atlántica ibérica durante el Cuaternario*. Implicaciones paleoclimáticas. Tesis Doctoral inédita. Silvopascicultura / E.T.S.I. Montes (Universidad Politécnica de Madrid), 220 pp.
- García-Amorena, I., Morla, C., Rubiales, J.M. and Gómez, F. 2008. Taxonomic composition of the northern coast of Spain, as determined from their macroremains. *The Holocene*, 18 (5), 819-829.
- García Antón, M., Gil, G., Pagés, J.L. and Alonso, A. 2006. The Holocene pollen record in the Villaviciosa Estuary (Asturias, North Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 237, 280-292.
- García Antón *et al.*, 2002
- Gassiot, E., Rodríguez, D., Burjachs, F., Antolín, F. and Ballesteros, A. 2012. Poblamiento, explotación y entorno natural de los estadios alpinos y subalpinos del Pirineo central durante la primera mitad del Holoceno. *Cuaternario y Geomorfología*, 26 (3-4), 29-45.
- Gassiot, E., Rodríguez, D., Pèlachs, A., Pérez-Obiol, R., Julià, R., Bal-Serín, M.C. and Mazzucco, N. 2014. La alta montaña durante la Prehistoria: 10 años de investigación en el Pirineo catalán occidental. *Trab. Prehist.*, 71 (2), 261-281.
- Gil, M.J., Ruiz, M.B., Dorado, M. and Valdeolmillos, A. 2003. El paisaje vegetal en el entorno del castro de Samartín (Asturias): estudio polínico. *Polen*, 13, 45-53.
- Gómez-Orellana, R., Ramil-Rego, P. and Iriarte, M.J. 2000. *Resultados obtenidos a partir del análisis polínico del sedimento recogido en un dolmen (Monte Areo V) y un túmulo (Monte Areo XII) emplazados en el entorno de Monte Areo (Asturias)*. Informe inédito.
- Gómez-Zotano, J., Olmedo-Cobo, J. A., Cunill-Artigas, R. and Martínez-Ibarra, E. 2017. Descubrimiento y caracterización geográfica de una depresión ultramáfica en Sierra Bermeja: nuevos datos geomorfoedáficos, fitogeográficos y paleoecológicos. *Pirineos*, 172, e026. doi: <http://dx.doi.org/10.3989/Pirineos.2017.172001>.

- González-Morales, M.R. 2012. Cantabria. In: M. Rojo, R. Garrido and I. García-Martínez de Lagrán (eds.) *El Neolítico en la Península Ibérica y su contexto europeo*. Cátedra, Madrid, 255–290.
- González, M.R., Márquez, M.C., Díaz, T.E., Ortea, J.A. and Volman, K.C. 1980. El conchero asturiense de la cueva de Mazaculos II (La Franca, Asturias): Campañas de 1976-1978. *Noticiario Arqueológico Hispánico*, 9, 35-64.
- Havinga, A.J. 1964. 64 Investigations into the Differential Corrosion Susceptibility of Pollen and Spores. *Pollen et Spores*, 6, 621-635.
- Havinga, A.J. 1967. Palynology and pollen preservation. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 2(1-4), 81-98.
- Jacquot, C. 1973. *Atlas d'anatomie des bois des angiospermes*. Centre Technique du Bois, Paris, 175 pp.
- Jiménez, M., Ruiz, M.B., Farias, P., Dorado, M., Gil, M.J. and Valdeolmillos, A. 2003. Palaeoenvironmental research in Cantabrian Mountains: Redes Natural Park and Comella Basin. In: M.B. Ruiz Zapata, M. Dorado Valiño, A. Valdeolmillo Rodríguez, M.J. Gil García, T. Bardají Azcárate, I. Bustamante Gutiérrez and I. Martínez Mendizábal (eds.) *Quaternary climatic changes and environmental crises in the Mediterranean Region*. Universidad de Alcalá de Henares, Ministerio de Ciencia y Tecnología e INQUA, Alcalá de Henares, 229-240.
- Jiménez-Sánchez, M., González-Álvarez, I., Requejo-Pagés, O. and Ruiz-Zapata, M.B. 2004. Geoarqueología en los yacimientos romanos de Paredes (Asturias): aspectos geomorfológicos. In: G. Benito and A. Díez Herrero (eds.) *Contribuciones recientes sobre Geomorfología, Actas de la VIII Reunión Nacional de Geomorfología, Toledo*. SEG y CSIC, Madrid, Volumen I, 193-201.
- Jiménez-Sánchez, M., Ruiz-Zapata, M.B., Gil, M.J., Bischoff, J.L., Aranburu, A. and Stoll, H.M. 2007. Evolución cuaternaria de cuevas de la costa Cantábrica en el relleno endokárstico de la Cueva del Pindal (Asturias, NO de España). In J.J. Durán, P.A. Robledo and J. Vázquez (eds.) *Cuevas turísticas: aportación al desarrollo sostenible*. Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España, Serie Hidrogeología y Aguas Subterráneas, 24, Madrid, 243-252.
- Kohler, T. and Maselli, D. 2009. *Mountains and climate change: from understanding to action*. Geographica Bernensia, Swiss Agency for Development and Cooperation (SDC), Bern, 74 pp.
- Leroi-Gourhan, A. 1986. V. The palynology of La Riera cave. In: L.G. Straus and G.A. Clark: *Anthropological Papers*, 36, 59-64.
- López García, P. 1981. Análisis polínico del yacimiento de Los Azules (Cangas de Onís, Oviedo). *Botanica Macaronesica*, 8-9, 243-248.
- López-Merino, L. 2009. *Paleoambiente y antropización en Asturias durante el Holoceno*. Tesis Doctoral inédita. Universidad Autónoma de Madrid, CSIC. 274 pp.

- López-Merino, L., López Sáez, J.A. and López García, P. 2006. Estudio palinológico de la turbera litoral holocena de Las Dueñas (Cudillero, Asturias, España). *Revista Española de Micropaleontología*, 38 (2-3), 299-308.
- López-Merino, L., López Sáez, J.A., Ruiz, M.B. and Gil, M.J. 2008. Reconstructing the history of beech (*Fagus sylvatica* L.) in the north-western Iberian Range (Spain): From Late-Glacial refugia to the Holocene anthropic-induced forests. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 152, 58-65.
- López-Merino, L., Martínez-Cortizas, A. and López Sáez, J.A. 2010. Early agriculture and palaeoenvironmental history in the north of the Iberian Peninsula: A multi-proxy analysis of the Monte Aréo mire (Asturias, Spain). *Journal of Archaeological Science*, 37, 1.978–1.988.
- López-Sáez, J.A., López-García, P. and López-Merino, L. 2006. El impacto humano en la Cordillera Cantábrica: Estudios palinológicos durante el Holoceno medio. In: J.M. Maillo and E. Baquedano (eds.) *Miscelánea en homenaje a Victoria Cabrear*. Museo Arqueológico Regional, Alcalá de Henares, 122–133.
- López-Sáez, J.A., Galop, D., Iriarte, M.J. and López-Merino, L. 2008. Paleoambiente y antropización en los Pirineos de Navarra durante el Holoceno Medio (VI-IV Milenios cal. BC): Una perspectiva palinológica. *Veleia*, 24-25. 645–653.
- Lozny, L.R. (ed.) 2013. *Continuity and Change in Cultural Adaptation to Mountain Environments. From Prehistory to Contemporary Threats*. Springer, Nueva York, 396 pp.
- Mariscal, B. 1996. Condiciones medioambientales durante la época romana en Gijón. Análisis polínico de las Termas de Campo Valdés. In: M.B. Ruiz Zapata *et al.* (eds.) *Estudios Palinológicos, XI Simposio de Palinología (A.P.L.E.)*. Universidad de Alcalá de Henares, Alcalá de Henares, 87-90.
- Mary, G., Beaulieu, J.L. de, and Médus, J. 1973. Un diagramme sporopollinique et des datations ¹⁴C pour la tourbière du Llano Ronanzas (Asturies, Espagne). *Bulletin de la Société Géologique de France*, C.R. suppl., XV (1.1), 37-38.
- McKeever, M.H. 1984. *Comparative palynological studies of two lake sites in western Ireland and northwestern Spain*. Tesis doctoral inédita. Trinity College, Dublin, Ireland.
- Menéndez Amor, J. 1950a. Estudio de las turberas de la zona oriental asturiana. *Las Ciencias*, XV (4), 801-816.
- Menéndez Amor, J. 1950b. Perfiles polínicos de las turberas de las rasas de Asturias. In: *XIII Congresso Luso-Espanhol para o progresso das Ciencias*, Associação portuguesa para o progresso das Ciencias, Lisboa, pp. 351-364.
- Menéndez Amor, J. 1975. Análisis espora-polínico de los sedimentos turbosos de los lagos Enol y Ercina. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sec. Geología)*, 1, 311-313.

- Menéndez Amor, J. and Florschütz, F. 1961. Contribución al conocimiento de la historia de la vegetación de España durante el Cuaternario. Resultados del análisis palinológico de algunas series de muestras de turba, arcilla y otros sedimentos recogidos en los alrededores de: I. Puebla de Sanabria (Zamora); II. Buelna (Asturias), Vivero (Galicia) y en Levante. *Estudios Geológicos*, XVII, 83-99.
- Moore, P.D., Webb, J.A. and Collinson, M.E. 1991. *Pollen Analysis*. Blackwell Sci. Publ., Londres.
- Mujika, J.A. 2009. Cronología y secuencias de uso funerario en el megalitismo del Pirineo Occidental. *Illunzar*, 7, 13-38.
- Muñoz, J. and Sanz, C. 1995. *Las Montañas. Guía Física de España*. Alianza Editorial, Madrid.
- Nadal, J., Pèlach, A., Soriano, J. M., Molina, D., Cunill, R. and Bal, M.C. 2009. Mètodes per a l'estudi transdisciplinari del paisatge d'arees de muntanya. *Documents d'Ànlisi Geogràfica*, 55, 147-170.
- Nelle, O., Robin, V. and Talon, B. 2013. Pedoanthracology: Analysing soil charcoal to study Holocene palaeoenvironments. *Quat. Int.*, 289, 1-4.
- Olmedo-Cobo, J.A., Cunill-Artigas, R., Martínez-Ibarra, E. and Gómez-Zotano, J. 2017. Paleocología de *Abies* sp. en Sierra Bermeja (sur de la península ibérica) durante el Holoceno Medio a partir del análisis pedoantrológico. *Bosque*, 38 (2), 259-270.
- Pèlachs, A. 2005. *Deu mil anys de geohistòria ambiental al Pirineu central català. Aplicació de les tècniques paleogràfiques per a l'estudi del territori i el paisatge a la Coma de Burg i a la Vall Ferrera*. Tesis Doctoral. Departamento de Geografía, Universitat Autònoma de Barcelona.
- Pèlachs, A., Soriano, J. M., Nadal, J. and Esteban, A. 2007. Holocene environmental history and human impact in the Pyrenees. *Contributions to Science*, 3 (3), 423-431.
- Pèlachs, A., Nadal, J., Soriano, J. M., Molina, D. and Cunill, R. 2009. Changes in Pyrenean woodlands as a result of the intensity of human exploitation: 2,000 years of metallurgy in Vallferrera, northeast Iberian Peninsula. *Vegetation History and Archaeobotany*, 18, 403-416.
- Pèlachs, A., Julià, R., Pérez-Obiol, R., Soriano, J. M., Bal, M.C., Cunill, R. and Catalán, J. 2011. Potential influence of Bond events on mid-Holocene climate and vegetation in southern Pyrenees as assessed from Burg lake LOI and pollen records. *The Holocene*, 21(1), 95-104.
- Pèlachs, A., Rodríguez, J. M., Pérez-Obiol, R., Julià, R., Burjachs, F., Expósito, I., Cunill, R., Soriano, J. M. and Yll, R. 2012. Dinámica del clima y del paisaje vegetal del Pirineo de Lleida durante la transición Tardiglaciario-Holoceno. *Cuaternario y Geomorfología*, 26 (3-4), 79-96.
- Pèlachs, A., Pérez-Obiol, R., Soriano, J. M., Cunill, R., Bal, M.C. and García-Cordon, J.C. 2017. The Role of Environmental Geohistory in High-Moun-

- tain Landscape Conservation. In: J. Catalan, J. Ninot and M. Aniz (eds.) *High Mountain Conservation in a Changing World*. Advances in Global Change Research, vol 62., Springer, Cham, 107-129.
- Pérez-Díaz, S., López-Sáez, J. A., Ruiz-Alonso, M., Zapata, L. and Abel-Schaad, D. 2013. Holocene history of *Taxus baccata* in the Basque Mountains (Northern Iberian Peninsula). *LAZAROA*, 34, 29-41.
- Pérez-Díaz, S., López-Sáez, J. A. and Galop, D. 2015. Vegetation dynamics and human activity in the Western Pyrenean Region during the Holocene. *Quat. Int.*, 364, 65-77.
- Pérez Díaz, S., Núñez, S., Frochoso, M., González, R., Allende, F. and López, J.A. 2016. Seis mil años de gestión y dinámica antrópica en el entorno del Parque Natural de los Collados del Asón (Cordillera Cantábrica Oriental). *Cuaternario y Geomorfología*, 30 (3-4), 49-74.
- Pérez-Díaz, S., López-Sáez, J. A., Núñez-de-la-Fuente, S. and Ruiz-Alonso, M. 2018. Early farmers, megalithic builders and the shaping of the cultural landscapes during the Holocene in Northern Iberian mountains. A palaeoenvironmental perspective. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 18, 463-474.
- Pérez-Obiol, R., García-Codron, J.C., Pèlachs, A., Pérez-Haase, A. and Soriano, J. M. 2016. Landscape dynamics and fire activity since 6740 cal yr BP in the Cantabrian region (La Molina peat bog, Puente Viesgo, Spain). *Quaternary Science Reviews*, 135(1), 65-78.
- Poschold P. and Baumann, A. 2010. The historical dynamics of calcareous grasslands in the central and southern Franconian Jurassic mountains: a comparative pedoanthracological and pollen analytical study. *The Holocene*, 20 (1), 13-23.
- Py, V., Durand, A. and Ancel, B. 2013. Anthracological analysis of fuel wood used for firesetting in medieval metallic mines of the Faravel district (southern French Alps). *Journal of Archaeological Science*, 40, 3.878-3.889.
- Py, V., Véron, A., Edouard, J. L., Beaulieu, J. L., Ancel, B. de, Segard, M., Durand, A. and Leveau, PH. 2014. Interdisciplinary characterisation and environmental imprints of mining and forestry in the upper Durance valley (France) during the Holocene. *Quat. Int.*, 353, 74-97.
- Py-Saragaglia, V., Cunill, R., Métaillé, J.P., Ancel, B., Baron, S., Paradis-Grenouillet, S., Lerigoleur, E., Badache, N., Barcet, H. and Galop, D. 2017. Late Holocene history of woodland dynamics and wood use in an ancient mining area of the Pyrenees (Ariège, France). *Quat. Int.*, 458, 141-157.
- Quednau T. and Ludemann, T. 2017. First pedoanthracological study in the Black Forest, SW Germany. *Quat. Int.*, 457, 131-139.
- Ramil-Rego, P., Rodríguez-Gutián, M. and Muñoz-Sobrino, C. 1998: Sclerophyllous vegetation dynamics in the north of the Iberian peninsula during the last 16000 years. *Global Ecology and Biogeography Letters*, 7, 335-351.

- Ramil-Rego, P., Rodríguez-Guitián, M., Muñoz-Sobrino, C. and Gomez-Orellana, L. 2000. Some considerations about the postglacial history and recent distribution of *Fagus sylvatica* in the NW Iberian Peninsula. *Folia Geobotanica*, 35, 241-271.
- Reimer, P.J., et al. 2013. IntCal13 and MARINE13 radiocarbon age calibration curves 0e50,000 years cal BP. *Radiocarbon*, 55 (4), 1.869-1.887.
- Robin, V., Talon, B. and Nelle, O. 2013a. Pedoanthracological contribution to forest naturalness assessment. *Quat. Int.*, 289, 5–15.
- Robin, V., Knapp, H., Bork, H.R. and y Nelle, O. 2013b. Complementary use of pedoanthracology and peat macro-charcoal analysis for fire history assessment: illustration from Central Germany. *Quat. Int.*, 289, 78–87.
- Robin, V., Nelle, O., Talon, B., Poschlod, P., Schwartz, D., Bal, M.C., Allée, P., Vernet, J.L. and Dutoit, T. 2018. A comparative review of soil charcoal data: Spatiotemporal patterns of origin and long-term dynamics of Western European nutrient-poor grasslands. *Holocene*, 28(8), 1313–1324.
- Rubiales, J.M., García-Amorena, I., García Álvarez, S. and Gómez, F. 2008. The Late Holocene extinction of *Pinus sylvestris* in the western Cantabrian Range (Spain). *Journal of Biogeography*, 35, 1.840-1.850.
- Ruiz, M.B., Jiménez, M., Gil, M.J., Dorado, M., Valdeolmillos, A. and Farias, P. 2000. Registro palinológico de un depósito postglaciar en el Parque Natural de Redes (Cordillera Cantábrica, Noroeste de España): implicaciones paleoclimáticas. *Geotemas*, 1 (4), 279-283.
- Ruiz, M.B., Farias, P., Jiménez, M., Gil, M.J., Dorado, M., and Valdeolmillos, A. 2001a. Secuencia polínica de un depósito de la depresión de Comeya (Picos de Europa, Asturias): implicaciones paleoclimáticas. In: S. Moreno Grau, B. Rendueles and J.M. Moreno Angosto (eds.) *XIII Simposio de la Asociación de Palinólogos de Lengua Española (A.P.L.E.)*, Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena, 379-389.
- Ruiz, M.B., Jiménez, M., Farias, P., Gil, M.J., Dorado, M. and Valdeolmillos, A. 2001b. Registro palinológico de un depósito Holoceno del Parque Natural de Redes (Cordillera Cantábrica). In: S. Moreno Grau, B. Rendueles and J.M. Moreno Angosto (eds.) *XIII Simposio de la Asociación de Palinólogos de Lengua Española (A.P.L.E.)*, Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena, 391-400.
- Ruiz, M.B., Gil, M.J., Gómez, C., Moya-Palomares, M.E., Dorado, M., Valdeolmillos, A., Martín, T., Jiménez, M. and Villa, V. 2005. The geological heritage of the archaeological sites. An example of the climate-human interaction during roman times in the ‘Chao de Samartín’ archaeological site (Asturias, Spain). *Abstracts IV International Symposium ProGEO on the Conservation of the Geological Heritage*, 13-16 septiembre, Braga, Portugal, 60.

- Ruiz, M.B., Gil, M.J., Jiménez, M., Gómez-González, C. and Aramburu, A. 2006. Primeros datos polínicos del relleno endokárstico de la Cueva del Pindal (Asturias, NO España). *Polen*, 16, 106.
- Saulnier, M., Talon, B. and Edouard, J.L. 2015. New pedoanthracological data for the long-term history of forest species at mid-high altitudes in the Queyras Valley (Inner Alps). *Quat. Int.*, 366, 15-24.
- Schweingrüber, H.S. 1990a. *Anatomie europäischer Hölzer*. W.S.L.F.N.P, Stuttgart, 800 pp.
- Schweingrüber, H.S. 1990b. *Microscopic Wood Anatomy*. Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, 226 pp.
- Steffen, W. *et al.* 2011. The Anthropocene: from global change to planetary stewardship. *AMBIO*, 40, 739-761.
- Straus, L.G., Altuna, J., Clark, G.A., González, M., Laville, H., Leroi-Gourhan, A., Menéndez, M. and Ortea, J.A. 1981. Paleoecology at La Riera (Asturias, Spain). *Current Anthropology*, 22 (6), 655-682.
- Straus, L.G., Clark, G.A., Altuna, J., González, M., Laville, H., Leroi-Gourhan, A., M. Menéndez, M. and Ortea, J.A. 1983. Excavaciones en la cueva de La Riera (1976-1979): un estudio inicial. *Trabajos de Prehistoria*, 40, 9-58.
- Talon, B. 1997. *Evolution des zones supra-forestières des Alpes sud-occidentales françaises au cours de l'Holocène, analyse pedoanthracologique*. Tesis Doctoral inédita, Universidad de Aix-Marseille III.
- Talon, B. 2010. Reconstruction of Holocene high-altitude vegetation cover in the French southern Alps: evidence from soil charcoal. *Holocene*, 20 (1), 35-44.
- Talon, B., Carcaillet, CH. and Thion, M. 1998. Études pédoanthracologiques des variations de la limite supérieure des arbres au cours de l'Holocène dans les Alpes françaises. *Géographie physique et Quaternaire*, 52 (2), 1-14.
- Thion, M. 1978. La pédoanthracologie: une nouvelle méthode d'analyse phytochronologique depuis le Néolithique. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 287, série D, 1.203-1.206.
- Thion, M. 1988. Utilisation de la microscopie épiscopique interférentielle pour l'identification botanique des charbons de bois. In: *Wood and Archaeology. Bois et archéologie. First European Conférence, Lovain-la-Neuve, 2 et 3 octobre 1987*. PACT 22, III (4), 179-188.
- Thion, M. 1992. *L'analyse pédoanthracologique: aspects méthodologiques et applications*. Tesis doctoral inédita. Universidad Aiz-Mareille III, 317 pp.
- Uzquiano, P. 1990. La transition tardiglaciare/postglaciare dans la Cordillère Cantabrique (Asturias et Cantabria), d'après l'analyse anthracologique. *Botánica pirenaico-cantábrica*, 469-476.
- Uzquiano, P. 1992. The late Glacial/Postglacial transition in the Cantabrian Cordillera (Asturias and Cantabria, Spain) based on charcoal análisis. *Palaios*, 7 (5), 540-547.

- Uzquiano, P. 1995. L'évolution de la végétation à l'Holocène initial dans le nord del'Espagne à partir de trois sites archéologiques. *Quaternaire*, 6 (2), 77-83.
- Uzquiano, P. 2017. Vegetation, firewood exploitation and human settlement in northern Spain in relation to Holocene climate and cultural dynamics. *Quaternary International*, 463, 414-424.
- Vannièrè, B., Blarquez, O., Rius, D., Doyen, E., Brücher, T., Colombaroli, D., Connor, S., Feurdean, A., Hickler, T., Kaltenrieder, P., Lemmen, C., Leys, B., Massa, C. and Olofsson, J. 2016. 7000-year human legacy of elevation dependent European fire regimes. *Quaternary Science Reviews*, 132, 206-212.
- Vernet, J.L. 1973. Étude sur l'histoire de la végétation du Sud-Est de la France au Quaternaire, d'après les charbons de bois principalement. *Paléobiologie continentale*, IV (1), 90 pp.
- Vernet, J. L. 1990. The bearing of phyto-archaeological evidence on discussions of climatic change over recent millennia. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A*, 330, 671-677.
- Vernet, J. L. 1991. L'histoire du paysage humanisé révélée par les bois carbonisés. In: J. Guilaine (ed.) *Pour une archéologie agraire*. Armand Colin, Paris, 369-408.
- Vernet, J. L. 1992. Charbons de bois et Paléoenvironnement Méditerranéen. In: D. Marguerie y J.Y. Hunot (eds.) *Les bois archéologiques, A.G.O.R.A., 2*. Université de Rennes I, 21-25.
- Vernet, J.L., Ogereau, P., Figueiral, I., Machado, C. and Uzquiano, P. 2001. *Guide d'identification des charbons de bois préhistoriques et récents. Sud-Ouest de l'Europe, France (Péninsule ibérique et Îles Canaries)*. CNRS Editions, Paris, 395 pp.
- Wheeler, E.A. 2011. InsideWood - a web resource for hardwood anatomy. *IAWA J.*, 32 (2), 199-211.



Universidad de Oviedo