

MENGA

CONJUNTO
ARQUEOLÓGICO
DÓLMENES
DE ANTEQUERA

AÑO 2011
ISSN 2172-6175

02

REVISTA DE PREHISTORIA DE ANDALUCÍA · JOURNAL OF ANDALUSIAN PREHISTORY



MENGA 02

REVISTA DE PREHISTORIA DE ANDALUCÍA
JOURNAL OF ANDALUSIAN PREHISTORY

Publicación anual
Año 1 // Número 02 // 2011



ÍNDICE

09 EDITORIAL

12 DOSSIER: ARQUEOBOTÁNICA: PAISAJE Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS VEGETALES DURANTE LA PREHISTORIA EN ANDALUCÍA

- 15 Cambios en el paisaje vegetal de la región andaluza durante el Pleistoceno Superior y Holoceno
Elena Fierro Enrique, Manuel Munera Giner, Santiago Fernández Jiménez, Alfonso Arribas Herrera y José Sebastián Carrión García
- 35 Evolución y uso de la vegetación durante la Prehistoria en el Alto Guadalquivir
M^a Oliva Rodríguez-Ariza
- 59 Agricultura neolítica en Andalucía: semillas y frutos
Guillem Pérez Jordà, Leonor Peña-Chocarro y Jacob Morales Mateos
- 73 Antropización y agricultura en el Neolítico de Andalucía Occidental a partir de la palinología
José Antonio López Sáez, Sebastián Pérez Díaz y Francisca Alba Sánchez
- 87 Agricultura del III y II milenio ANE en la comarca de la Loma (Jaén): los datos carpológicos de Las Eras del Alcázar (Úbeda) y Cerro del Alcázar (Baeza)
Eva Montes Moya

108 ESTUDIOS

- 111 Orígenes de la ocupación humana de Europa: Guadix-Baza y Orce
Robert Sala Ramos, Isidro Toro Moyano, Deborah Barsky, Leticia Menéndez Granda, Alonso Morilla Meneses, Ramón Torrente Casado, Andreia Pinto Anacleto, Gema Chacón Navarro, Gala Gómez Merino, Dominique Cauche, Vincenzo Celiberti, Sophie Grégoire, Marie-Hélène Moncel, Henry de Lumley, Frédéric Lebègue, Jordi Agustí Ballester, Juan Manuel Jiménez Arenas, Bienvenido Martínez Navarro, Oriol Oms Llobet y Antonio Tarriño Vinagre
- 135 Las explotaciones prehistóricas del sílex de la Formación Milanos (Granada, España)
Antonio Morgado Rodríguez, José A. Lozano Rodríguez y Jacques Pelegrin
- 157 Avance a la secuencia estratigráfica del "foso 1" de Perdigões (Reguengos de Monsaraz, Portugal) a partir de las campañas 2009 y 2010
José E. Márquez Romero, José Suárez Padilla, Víctor Jiménez Jáimez y Elena Mata Vivar



CONTENTS

211 EDITORIAL

213 SPECIAL ISSUE: ARCHAEOBOTANY: LANDSCAPE AND MANAGEMENT OF PLANT RESOURCES DURING ANDALUSIAN PREHISTORY

- 213 Upper Pleistocene and Holocene Vegetation Changes in the Andalusian Region
Elena Fierro Enrique, Manuel Munera Giner, Santiago Fernández Jiménez, Alfonso Arribas Herrera and José Sebastián Carrión García
- 220 Vegetation Evolution and Use during Prehistory in the Upper Guadalquivir
M^a Oliva Rodríguez-Ariza
- 231 Neolithic Agriculture in Andalusia: Seeds and Fruits
Guillem Pérez Jordà, Leonor Peña-Chocarro, and Jacob Morales Mateos
- 237 The Anthropization Process in the Neolithic of Western Andalusia: A Palynological Perspective
José Antonio López Sáez, Sebastián Pérez Díaz, and Francisca Alba Sánchez
- 244 Agriculture of the 3rd and 2nd Millennium BC in the District of Loma (Jaén): Data for Plant Remains of the Eras del Alcázar (Úbeda) and Cerro del Alcázar (Baeza)
Eva M^a Montes Moya

251 ARTICLES

- 251 The Origins of the Human Occupation of Europe: Guadix-Baza and Orce
Robert Sala Ramos, Isidro Toro Moyano, Deborah Barsky, Leticia Menéndez Granda, Alonso Morilla Meneses, Ramón Torrente Casado, Andreia Pinto Anacleto, Gema Chacón Navarro, Gala Gómez Merino, Dominique Cauche, Vincenzo Celiberti, Sophie Grégoire, Marie-Hélène Moncel, Henry de Lumley, Frédéric Lebègue, Jordi Agustí Ballester, Juan Manuel Jiménez Arenas, Bienvenido Martínez Navarro, Oriol Oms Llobet and Antonio Tarrío Vinagre
- 261 The Prehistoric Flint Exploitations of the Milanos Formation (Granada, Spain)
Antonio Morgado Rodríguez, José A. Lozano Rodríguez and Jacques Pelegrin
- 270 A Preliminary Report on the Stratigraphic Sequence of "Ditch 1" at Perdigões (Reguengos de Monsaraz, Portugal) according to the 2009 and 2010 Fieldwork Seasons
José E. Márquez Romero, José Suárez Padilla, Víctor Jiménez Jáimez and Elena Mata Vivar



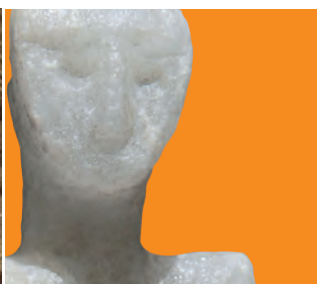
ÍNDICE

176 RECENSIONES

- 176 **Arturo Ruiz Rodríguez**
Crónica de una madurez en dos pasos y 25 años. Homenaje a Luis Siret, pionero de la Prehistoria científica de Andalucía, y algo más...
- 182 **Enrique Baquedano Pérez**
Isidro Toro Moyano, Bienvenido Martínez Navarro y Jordi Agustí i Ballester (coords.): Ocupaciones humanas en el Pleistoceno Inferior y Medio de la cuenca de Guadix-Baza, 2010
- 186 **Martí Mas Cornellà**
Rafael Maura Mijares: Peñas de Cabrera. Guía del enclave arqueológico, 2010
- 189 **Rui Boaventura**
José Enrique Márquez Romero y Víctor Jiménez Jáimez: Recintos de fosos: Genealogía y significado de una tradición en la Prehistoria del suroeste de la Península Ibérica (IV-III milenios AC), 2010
- 191 **Manuel Eleazar Costa Caramé**
Alicia Perea Caveda, Oscar García Vuelta y Carlos Fernández Freire: El proyecto AU: Estudio Arqueométrico de la producción de oro en la península ibérica, 2010
- 193 **Mariano Torres Ortiz**
López de la Orden, María Dolores y García Alfonso, Eduardo (eds.): Cádiz y Huelva. Puertos fenicios del Atlántico, 2010

196 CRÓNICA DEL CONJUNTO ARQUEOLÓGICO DÓLMENES DE ANTEQUERA 2010

207 NOTICIAS



CONTENTS

277 REVIEWS

- 277 **Arturo Ruiz Rodríguez**
Chronicle of a two-step and 25 year process of completion. A tribute to Luis Siret, pioneer of scientific prehistory in Andalusia, and much more...
- 281 **Enrique Baquedano Pérez**
Isidro Toro Moyano, Bienvenido Martínez Navarro y Jordi Agustí i Ballester (coords.): Human Occupation during the Lower and Middle Pleistocene in the Guadix-Baza Basin, 2010
- 284 **Martí Mas Cornellà**
Rafael Maura Mijares: Peñas de Cabrera. Guide to the Archaeological Site, 2010
- 286 **Rui Boaventura**
José Enrique Márquez Romero and Víctor Jiménez Jáimez: Ditched Enclosures: Genealogy and Significance of a Tradition in the Prehistory of Southwestern Iberia (4th-3rd millennia BC), 2010
- 288 **Manuel Eleazar Costa Caramé**
Alicia Perea Caveda, Oscar García Vuelta and Carlos Fernández Freire: The AU Project: An Archaeometric Study of Gold Objects from the Iberian Peninsula, 2010
- 290 **Mariano Torres Ortiz**
María Dolores López de la Orden and Eduardo García Alfonso (eds.): Cádiz and Huelva. Phoenician Harbours of the Atlantic, 2010

292 CHRONICLE OF THE DOLMENS OF ANTEQUERA ARCHAEOLOGICAL SITE 2010

297 NEWS

MENGA 02

REVISTA DE PREHISTORIA DE ANDALUCÍA
JOURNAL OF ANDALUSIAN PREHISTORY

Publicación anual
Año 1 // Número 02 // 2011

DIRECTOR/DIRECTOR

Bartolomé Ruiz González (Conjunto Arqueológico Dólmenes de Antequera)

EDITORES CIENTÍFICOS/SCIENTIFIC EDITORS

Gonzalo Aranda Jiménez (Universidad de Granada)
Leonardo García Sanjuán (Universidad de Sevilla)

EDITOR DE RECENSIONES/REVIEWS EDITOR

José Enrique Márquez Romero (Universidad de Málaga)

EDITORA DE MONOGRAFÍAS/MONOGRAPHS EDITOR

Ana Delgado Hervás (Universidad Pompeu Fabra)

SECRETARIA TÉCNICA/TECHNICAL SECRETARY

Rosa Enríquez Arcas (Conjunto Arqueológico Dólmenes de Antequera)
Victoria Eugenia Pérez Nebreda (Conjunto Arqueológico Dólmenes de Antequera)

CONSEJO EDITORIAL/EDITORIAL BOARD

Gonzalo Aranda Jiménez (Universidad de Granada)
María Cruz Berrocal (Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid)
Ana Delgado Hervás (Universitat Pompeu Fabra)
Rosa Enríquez Arcas (Conjunto Arqueológico Dólmenes de Antequera)
Eduardo García Alfonso (Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía)
Leonardo García Sanjuán (Universidad de Sevilla)
José Enrique Márquez Romero (Universidad de Málaga)
Rafael Maura Mijares (Doctor en Prehistoria)
Bartolomé Ruiz González (Conjunto Arqueológico Dólmenes de Antequera)
María Oliva Rodríguez Ariza (Universidad de Jaén)
Victoria Eugenia Pérez Nebreda (Conjunto Arqueológico Dólmenes de Antequera)
Margarita Sánchez Romero (Universidad de Granada)

CONSEJO ASESOR/ADVISORY BOARD

Xavier Aquilué Abadías (Museu d'Arqueologia de Catalunya)
Ana Margarida Arruda (Universidade de Lisboa)
Oswaldo Arteaga Matute (Universidad de Sevilla)
Rodrigo de Balbín Behrmann (Universidad de Alcalá de Henares)
Juan Antonio Barceló Álvarez (Universitat Autònoma de Barcelona)
María Belén Deamos (Universidad de Sevilla)

Juan Pedro Bellón Ruiz (Escuela Española de Historia y Arqueología en Roma. CSIC)

Joan Bernabeu Aubán (Universitat de València)
Massimo Botto (Consiglio Nazionale delle Ricerche, Roma)
Primitiva Bueno Ramírez (Universidad de Alcalá de Henares)
Jane E. Buikstra (Arizona State University)
María Dolores Cálalich Massieu (Universidad de La Laguna)
Teresa Chapa Brunet (Universidad Complutense de Madrid)
Robert Chapman (University of Reading)
Felipe Criado Boado (Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Santiago de Compostela)
José Antonio Esquivel Guerrero (Universidad de Granada)
Román Fernández-Baca Casares (Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico)
Alfredo González Ruibal (Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Santiago de Compostela)
Almudena Hernando Gonzalo (Universidad Complutense de Madrid)
Isabel Izquierdo Peraile (Ministerio de Cultura del Gobierno de España)
Sylvia Jiménez-Brobeil (Universidad de Granada)
Michael Kunst (Deutsches Archäologisches Institut, Madrid)
Katina Lillios (University of Iowa)
Martí Mas Cornellà (Universidad Nacional de Educación a Distancia)
Fernando Molina González (Universidad de Granada)
Ignacio Montero Ruiz (Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid)
Arturo Morales Muñiz (Universidad Autónoma de Madrid)
María Morente del Monte (Museo de Málaga)
Leonor Peña Chocarro (Escuela Española de Historia y Arqueología en Roma. CSIC)
Raquel Piqué Huerta (Universitat Autònoma de Barcelona)
Charlotte Roberts (University of Durham)
Ignacio Rodríguez Temiño (Conjunto Arqueológico de Carmona)
Arturo Ruiz Rodríguez (Universidad de Jaén)
Robert Sala Ramos (Universitat Rovira i Virgili)
Alberto Sánchez Vizcaino (Universidad de Jaén)
Stephanie Thiebault (Centre Nationale de Recherche Scientifique, París)
Ignacio de la Torre Sáinz (Institute of Archaeology, University College London)
Juan Manuel Vicent García (Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid)
David Wheatley (University of Southampton)
João Zilhão (University of Bristol)

EDICIÓN/PUBLISHED BY

JUNTA DE ANDALUCÍA. Consejería de Cultura

PRODUCCIÓN/PRODUCTION

Agencia Andaluza de Instituciones Culturales
Gerencia de Instituciones Patrimoniales
Manuela Pliego Sánchez
Eva González Lezcano
Carmen Fernández Montenegro

DISEÑO Y MAQUETACIÓN/DESIGN AND COMPOSITION

Carmen Jiménez del Rosal

TRADUCCIÓN/TRANSLATIONS

David Nesbitt
Morote Traducciones (www.morote.net)

IMPRESIÓN/PRINTING

Artes gráficas Servigraf

LUGAR DE EDICIÓN/PUBLISHED IN

Antequera (Málaga)

FOTOGRAFÍAS/PHOTOGRAPHS

Portada/Front cover: *Tholos* de El Romeral (Antequera, Málaga) (Foto: Javier Pérez González. © JUNTA DE ANDALUCÍA. Consejería de Cultura)/ *The Tholos* of El Romeral (Antequera, Málaga) (Photo: Javier Pérez González. Andalusian Government, Ministry of Culture).



Salvo que se indique lo contrario, esta obra está bajo una licencia Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Unported Creative Commons. Esta licencia no será efectiva para el artículo de Robert Salas y otros titulado "Orígenes de la ocupación humana de Europa: Guadix-Baza y Orce".

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 autor o el licenciadore.
- 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.

Al reutilizar o distribuir la obra, tiene que dejar bien claro los términos de la licencia de esta obra. Alguna de estas condiciones puede no aplicarse si se obtiene el permiso del titular de los derechos de autor. Los derechos derivados de usos legítimos u otras limitaciones reconocidas por ley no se ven afectados por lo anterior. La licencia completa está disponible en: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>

Unless stated otherwise, this work is licensed under an Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0 Unported Creative Commons. The paper "The origins of the human occupation of Europe: Guadix-Baza and Orce" published by Robert Salas et al will not be under the Creative Commons licence.

You are free to share, copy, distribute and transmit the work under the following conditions:

- Attribution. You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor.
- Noncommercial. You may not use this work for commercial purposes.
- No Derivative Works. You may not alter, transform, or build upon this work.

For any reuse or distribution, you must make clear to others the licence terms of this work. Any of the above conditions can be waived if you get permission from the copyright holder. Where the work or any of its elements is in the public domain under applicable law, that status is in no way affected by the licence. The complete licence can be seen in the following web page: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>

ISSN 2172-6175

Depósito legal: SE 8812-2011



Bosque galería del Parque Natural de Los Alcornocales (Cádiz).
Foto: Elena Fierro Enrique.

CAMBIOS EN EL PAISAJE VEGETAL DE LA REGIÓN ANDALUZA DURANTE EL PLEISTOCENO SUPERIOR Y HOLOCENO

Elena Fierro Enrique^{1/2}, Manuel Munuera Giner³, Santiago Fernández Jiménez¹, Alfonso Arribas Herrera² y José Sebastián Carrión García¹

Resumen

En este artículo se revisan algunos aspectos de la dinámica vegetal durante el Pleistoceno Superior y Holoceno en Andalucía a partir de fuentes de datos polínicos, dedicando especial atención a los interglaciales y a la colonización tardiglacial y holocena. Junto con las influencias, climática y antrópica, se destaca la importancia de los condicionantes históricos, las interacciones bióticas y los procesos estocásticos en la configuración del paisaje actual. Igualmente se analizan qué zonas de Andalucía pudieron actuar como refugios glaciales para las especies leñosas mesotermófilas y los impactos sobre la vegetación derivados de la instalación de algunas sociedades humanas en esta región.

Palabras clave: Paleoeología, Palinología, Biogeografía histórica, Cuaternario, Andalucía.

UPPER PLEISTOCENE AND HOLOCENE VEGETATION CHANGES IN THE ANDALUSIAN REGION

Abstract

This paper reviews some aspects of the Upper Pleistocene and Holocene vegetation change in Andalusia from pollen data and focusing on interglacials periods and lateglacial developments of angiosperm forests. Along with climatic and anthropic influences, the importance of historical factors, biotic interactions and stochastic processes in the current landscape configuration are emphasized. Different regions of Andalusia are scrutinized in order to establish which areas could have acted as glacial refugia of woody plant species as well as the impacts due to human activities from mid-Holocene onwards.

Keywords: Palaeoecology, Palynology, Historical Biogeography, Quaternary, Andalusia.

¹ Departamento de Biología Vegetal. Facultad de Biología. Universidad de Murcia. [elena.fierro@um.es]; [santiago@um.es]; [carrion@um.es]

² Museo Geominero. Departamento de Infraestructura Geocientífica y Servicios. Instituto Geológico y Minero de España. [e.fierro@igme.es]; [a.arribas@igme.es]

³ Departamento de Ciencia y Tecnología Agraria. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica. Universidad Politécnica de Cartagena. [Manuel.Munuera@upct.es]

Recibido: 07/04/2011; Aceptado: 18/05/2011

INTRODUCCIÓN

Aunque ha existido un déficit histórico en la producción de información paleoecológica, y más específicamente, paleobotánica, para la región andaluza, durante los últimos años esta situación ha ido cambiando favorablemente. Este artículo se justifica por la necesidad de compilar de forma crítica toda esta información, ponerla en contexto biocronológico y abrir perspectivas de investigación futura.

Andalucía no representa solamente el extremo meridional de la Península Ibérica, sino más relevantemente, viene a ser el extremo suroccidental de Eurasia, región, por lo tanto, transicional entre dos continentes y, metafóricamente, un fondo de saco en términos biogeográficos y evolutivos. Las implicaciones de esta particular situación espacial son múltiples y, entre ellas, cabe destacar una peculiar respuesta de la vegetación ante los cambios climáticos. La palinología cuaternaria está indudablemente habilitada para indagar sobre este fenómeno utilizando como marco temporal de referencia los últimos 2,5 millones de años. Lamentablemente, el registro polínico, y por tanto, de flora y vegetación, está concentrado en los últimos milenios del Holoceno. No obstante, también se dispone de datos fragmentarios y muy significativos para las fases

glaciales del Pleistoceno andaluz. Podemos avanzar la existencia de un contingente florístico con elevada diversidad, la permanencia de muchos elementos durante las fases glaciales y una dinámica postglacial única en el contexto peninsular y continental.

DINÁMICA VEGETAL DURANTE EL ÚLTIMO INTERGLACIAL

Durante la última fase interglacial, el aumento de las temperaturas unido al descenso de la aridez se tradujo en un importante desarrollo de la vegetación arbórea con respecto al período anterior. Así, en términos generales, las formaciones esteparias con pinos, heredadas de las fases risienses, acabaron siendo sustituidas por bosques mixtos de quercíneas acompañados por un cortejo arbustivo florísticamente no muy distinto del actual matorral mediterráneo, pero en los que también habría cabida para algunos árboles caducifolios. Sin embargo, el tapiz herbáceo estaría constituido mayoritariamente por especies de marcado carácter xerófilo, al tiempo que perdurarían coníferas como *Pinus*, *Abies*, *Cedrus*, *Juniperus* o *Taxus*.

No disponemos hasta la fecha de suficientes secuencias polínicas que cubran el último Interglacial en Andalucía a partir de las que poder inferir los proce-



Fig. 1. Mapa con la localización de las secuencias polínicas mencionadas en el texto.

responsables de estos cambios de vegetación, o conocer las fluctuaciones climáticas durante este período (González-Sampériz *et al.*, 2010). Entre las pocas disponibles (Fig. 1) merecen especial atención la de la turbera de Padul (Florschütz *et al.*, 1971;

Pons y Reille, 1988; Valle Hernández *et al.*, 2003) (Fig. 2) al tratarse de la secuencia que proporciona más información para este período junto a la de la cueva de la Carihuela (Carrión García, 1990, 1992; Carrión García *et al.*, 1998; Fernández Jiménez *et al.*,

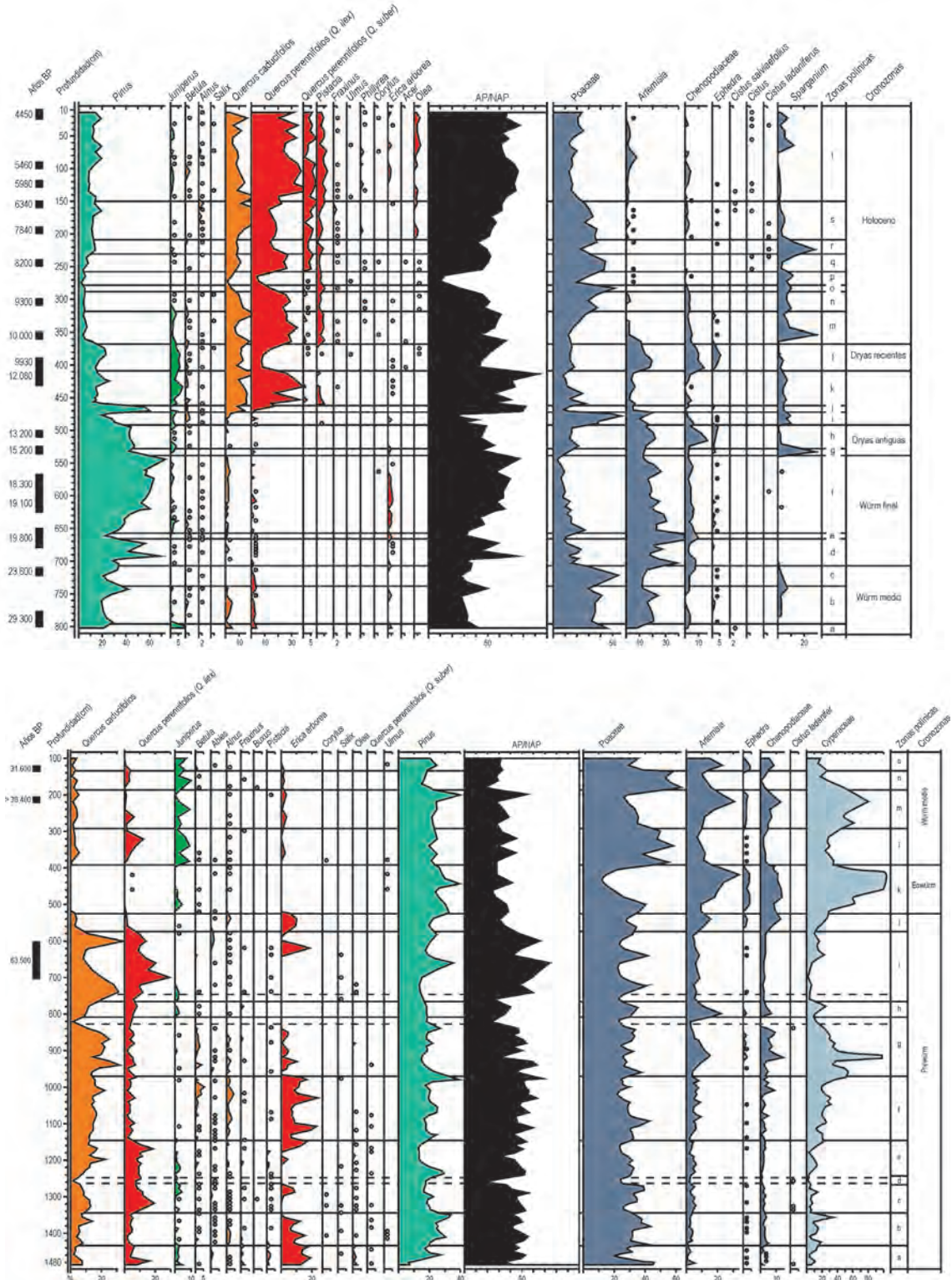


Fig. 2. Diagrama polínico sintético de la secuencia de la turbera de Padul. Abajo: Desde el Prewurm hasta el Würm medio, arriba: desde el Würm medio hasta el Holoceno. Redibujado de Pons y Reille, 1988.

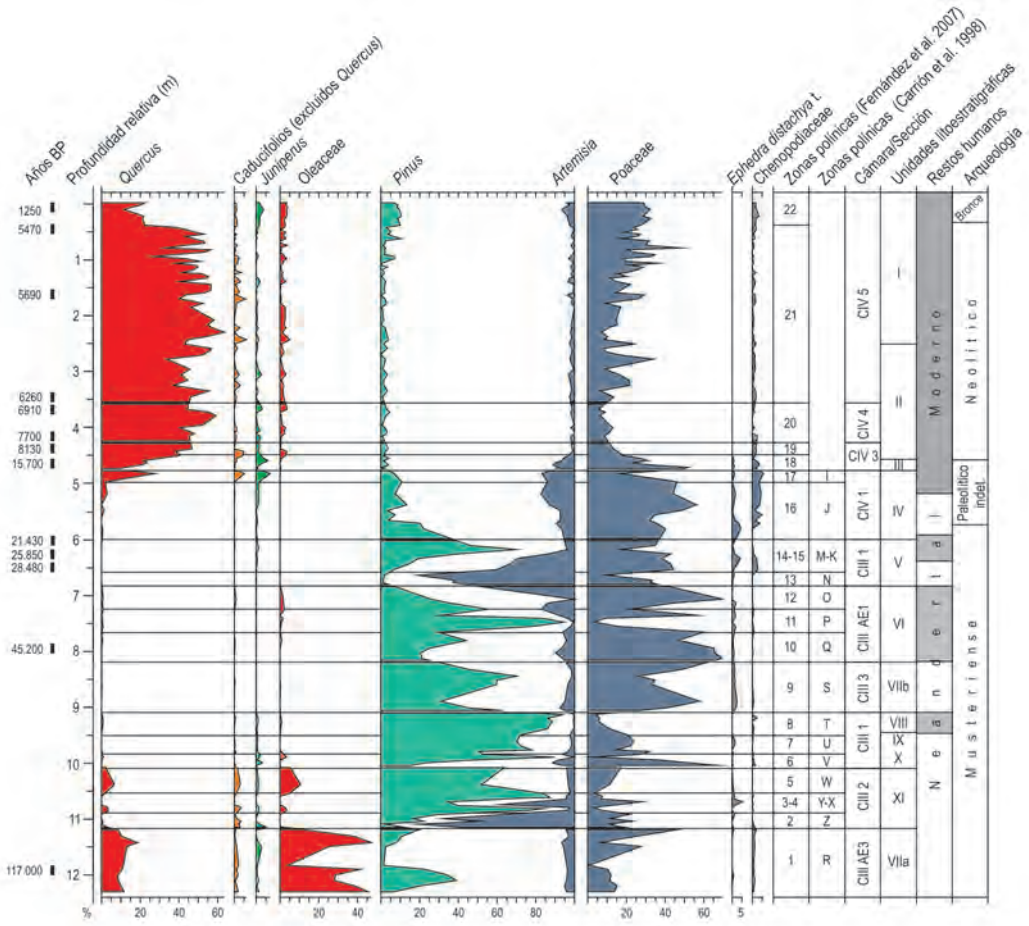


Fig. 3. Diagrama polínico de taxones seleccionados de la cueva de La Carihuela. Modificado de Fernández Jiménez *et al.*, 2007.

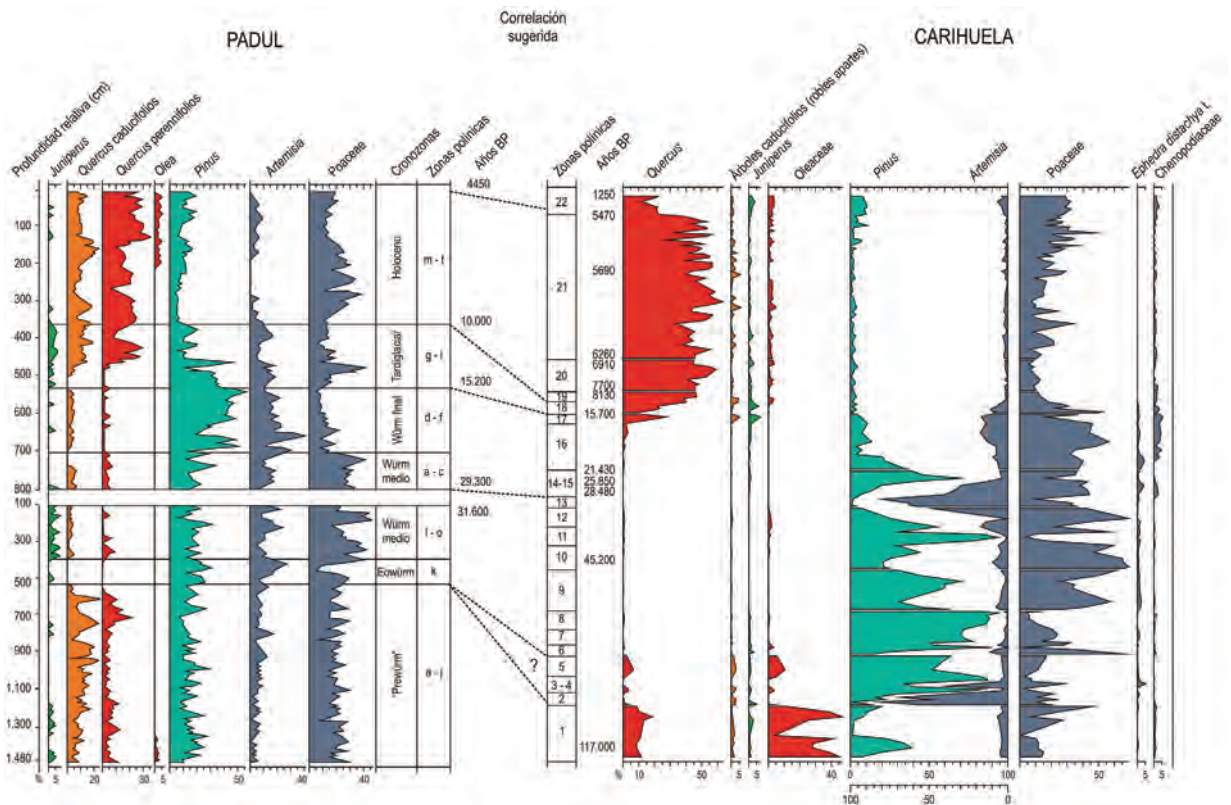


Fig. 4. Correlación cronobioestratigráfica de las secuencias de Carihuela (Fernández Jiménez *et al.*, 2007) y Padul (Pons y Reille, 1988). Modificado a partir de Fernández Jiménez *et al.*, 2007.

2007) (Fig. 3) no muy distanciada de la primera y también en la provincia de Granada. Esta última presenta una secuencia temporal cuyo inicio se sitúa en torno a 117000 años BP según datación por Th/U (Carrión García *et al.*, 1998). En ambas secuencias (Fig. 4) el último Interglacial aparece caracterizado por la dominancia de formaciones de *Quercus* y *Olea* (Carrión García *et al.*, 2000; Fernández Jiménez *et al.*, 2007; González-Sampériz *et al.*, 2010) junto a Ericaceae. Son frecuentes también coníferas (*Pinus* y *Juniperus*) y una amplia diversidad de mesófitos como *Alnus*, *Betula*, *Corylus*, *Ulmus*, *Fraxinus* y *Buxus*, aunque éste último género sólo aparece de forma muy puntual en Padul donde además se detecta, a diferencia de cueva de La Carihuela, polen de *Acer*, así como de otras coníferas (*Abies*, *Cedrus* y *Taxus*) y *Vitis*.

Parece interesante destacar la existencia de importantes oscilaciones de polen arbóreo que podrían ser resultado de la respuesta de la vegetación a complejos y continuos cambios climáticos o, más bien, podrían haberse originado como consecuencia de procesos de competencia intrínseca y de carácter

estocástico junto a condicionantes históricos (dónde se ubicaban los refugios glaciales, tamaño de las poblaciones que albergaban, etc.) además de factores climáticos que, en conjunto, promoverían cambios en la abundancia y distribución de los taxones.

Otras secuencias que contienen información para el último Interglacial son Cueva Bajondillo (López-Sáez *et al.*, 2007; Cortés-Sánchez *et al.*, 2008) en el término municipal de Torremolinos (Málaga) y Alfaix (Schulte *et al.*, 2008) en la cuenca inferior del río Aguas (Almería). En Cueva Bajondillo, los niveles basales 18 y 19 (Fig. 5) se atribuyen presumiblemente, al no disponer de datación cronológica que así lo atestigüe, al estado isotópico 5. A lo largo de este período se observa un patrón de vegetación mosaica similar al observado en cueva de La Carihuela y Padul, con predominio de *Quercus* y *Olea/Phillyrea*, *Pistacia*, *Myrtus* y *Rhamnus* junto a coníferas (de nuevo *Pinus* y *Juniperus*) y bosques con planifolios (*Alnus*, *Betula*, *Corylus*, *Fraxinus*, *Salix*, *Ulmus* y *Juglans*). Se detecta además la presencia de ibero-norteafricanismos como *Withania*.

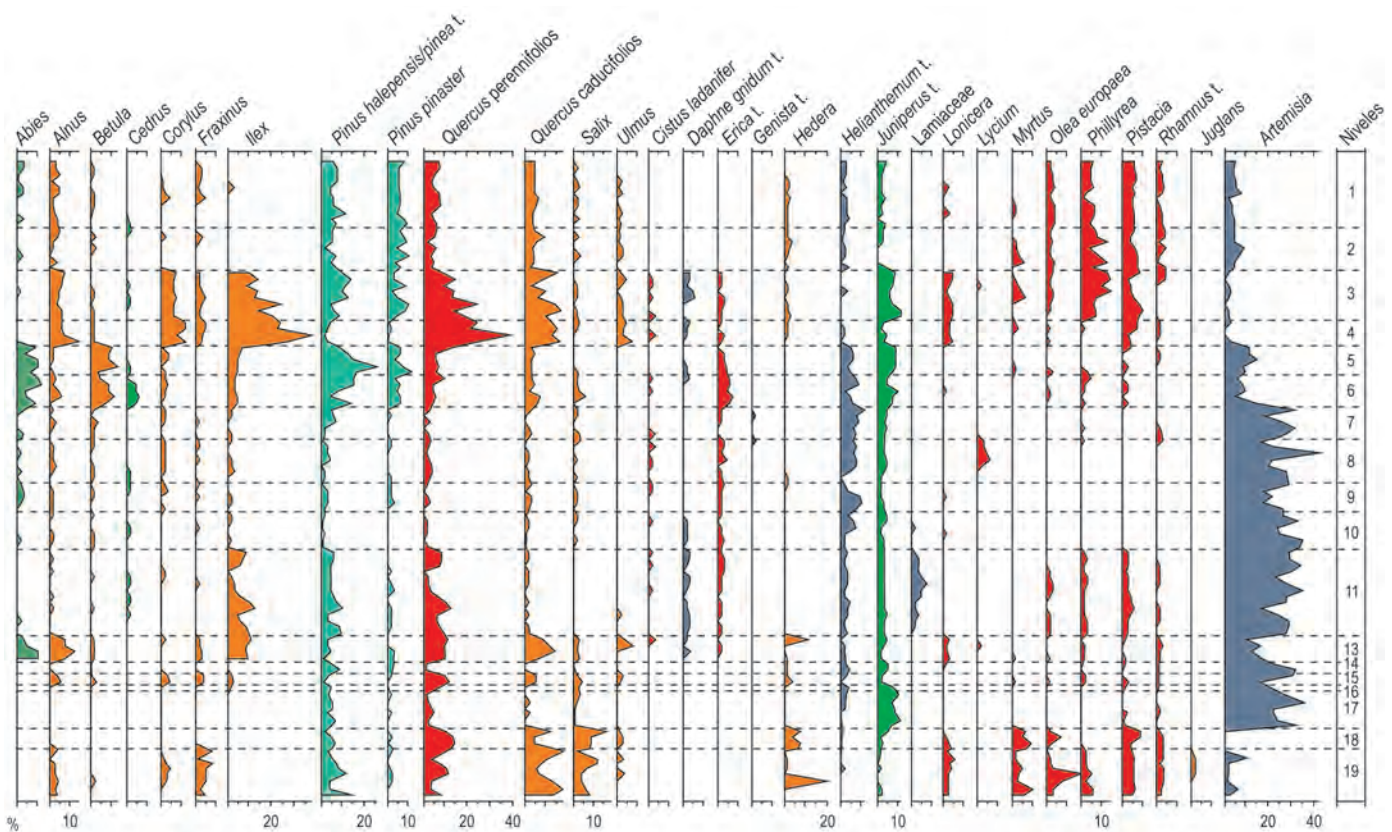


Fig. 5. Diagrama polínico de taxones seleccionados de la Cueva Bajondillo, Torremolinos (Málaga). Redibujado a partir de Cortés-Sánchez *et al.*, 2008 y López-Sáez *et al.*, 2007.

La secuencia polínica obtenida en los travertinos de Alfaix pone de relieve la existencia de dos etapas claramente diferenciadas durante el último Interglacial. La primera de ellas se corresponde con la zona polínica A1b (Fig. 6) y muestra una vegetación con bajos porcentajes de polen arbóreo siendo el pino el principal contribuyente, acompañado de altos porcentajes de gramíneas. Esta fase podría corresponder a los primeros momentos del Pleistoceno Superior, más concretamente, a un período de transición desde un subestadio frío a otro más cálido. Según los autores del trabajo palinológico, una correlación aceptable podría estar centrada en el subestadio OIS 5d (Burjachs Casas, en prensa). A continuación, le sucede una fase (zona polínica A2) en la que se incrementa sustancialmente el componente arbóreo, destacando como en todas las secuencias anteriores los altos porcentajes de *Quercus* y *Olea*. A éstos les acompaña un cortejo arbustivo con taxones típicamente mediterráneos (*Myrtus*, Cistaceae, *Erica* y Thymelaeaceae). Altos porcentajes de *Olea* también han sido observados en otros puntos del Mediterráneo donde este taxón alcanza valores más altos que durante el Holoceno (Carrión García *et al.*, 2000).

Fuera del territorio andaluz, otras secuencias polínicas también recogen el predominio de un

bosque mixto compuesto principalmente por quercíneas junto a árboles caducifolios y taxones termófilos. Así, por ejemplo, el estudio en alta resolución del testigo marino MD95-2042 (Sánchez-Goñi *et al.*, 1999, 2000) procedente de la costa suroeste de Portugal pone de manifiesto el desarrollo de un bosque de *Quercus* durante el período Eemense en paralelo al de taxones mediterráneos como Ericaceae, *Olea* y *Pistacia*. Junto a éstos se registra la presencia de taxones arbóreos como *Fraxinus*, *Alnus*, *Salix* y *Carpinus*, género este último que, por sus elevados porcentajes, se ha considerado bio cronológicamente característico del último Interglacial en Europa (Tzedakis y Bennett, 1995).

RESPUESTAS DE LA VEGETACIÓN A LOS CAMBIOS CLIMÁTICOS DE CONDICIONAMIENTO ORBITAL DURANTE EL PLEISTOCENO

El clima durante el Pleistoceno ha estado sometido a fuertes oscilaciones que han conducido a una alternancia periódica de fases glaciales e interglaciales desencadenadas en su origen por causas astronómicas de recurrencia milenaria, fundamentalmente, variaciones cíclicas de la órbita terrestre que se producen con una frecuencia en torno a 100000-125000

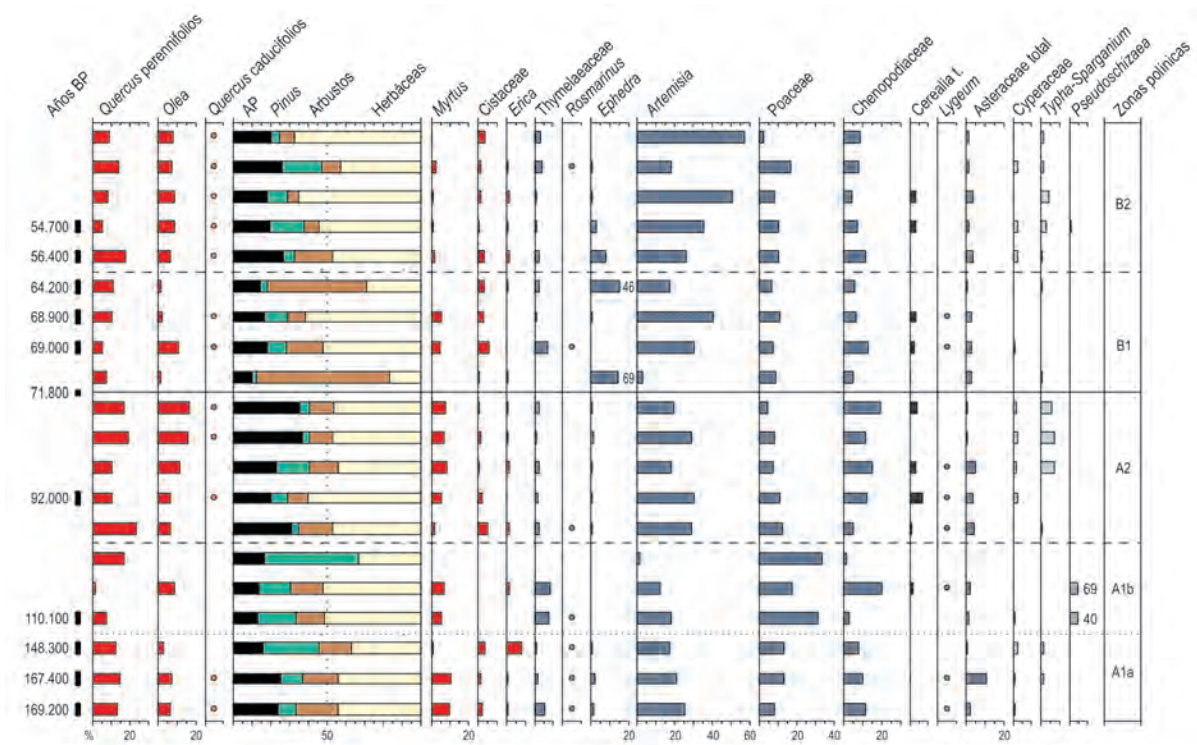


Fig. 6. Histograma polínico de la secuencia de los travertinos de Alfaix, cuenca inferior del río Aguas (Almería). Redibujado de Schulte *et al.*, 2008.

años. A este mecanismo inductor, que conllevaría cambios en la distribución estacional de la insolación que incide sobre la Tierra, se le sumarían otros que implicarían cambios en la circulación oceánica y sobre el albedo terrestre, aumentando el alcance de las consecuencias del primero.

Durante la mayor parte del Pleistoceno, extensas áreas del norte de Europa estuvieron cubiertas de hielo así como las grandes cadenas montañosas del centro y sur de este continente, al tiempo que en la Europa meridional tenía lugar un incremento notable de la aridez. Estas fases glaciales con una duración media aproximada de 100000 años eran interrumpidas por intervalos de tiempo más cortos, de unos 10 a 20 mil años, de clima cálido y húmedo interglacial (Comes y Kadereit, 1998). En fase con esta dinámica glacial-interglacial se han registrado importantes cambios en la distribución y composición de la vegetación. Secuencias polínicas como la obtenida a partir del testigo marino Andalucía G1 (Feddi *et al.*, 2011) que fue recuperado en el Mar de Alborán, a pocos kilómetros de la costa malagueña, evidencian un amplio desarrollo de estepas frente a una retracción de las formaciones termófilas durante la transición Plioceno-Pleistoceno. Esta dinámica parece ser la dominante en Andalucía con la llegada de cada nueva fase glacial. Así, al iniciarse las condiciones de aridez acompañadas de un notable descenso de las temperaturas, tendría lugar la desaparición de muchas poblaciones vegetales de modo que, algunas especies se irían viendo abocadas a la extinción mientras que otras podrían mantener algunas poblaciones en áreas reducidas con microclimas más favorables donde persistirían hasta la llegada de una nueva fase interglacial. Por el contrario, estas difíciles condiciones climáticas serían propicias para la extensión de herbáceas de marcado carácter xerófito y heliofítico como *Artemisia*, *Ephedra*, *Calligonum*, Poaceae, Chenopodiaceae, Asteraceae, Lamiaceae, *Lygeum*, Amaranthaceae y Aizoaceae, entre otras.

Durante los interglaciales, los reductos de bosques que hubiesen sobrevivido a la glaciación anterior servirían como punto de partida para la colonización del territorio. De este modo se expandirían de nuevo taxones como *Quercus*, *Olea*, *Fraxinus*, *Pistacia*, *Alnus*, *Corylus* o Cistaceae. En algunas zonas se observa también un desarrollo alternante entre bosques de angiospermas y coníferas (Carrión García *et al.*, 2000).

Podemos afirmar entonces que los cambios climáticos de condicionamiento orbital durante el Pleistoceno forzaron en la vegetación respuestas de gran magnitud. Hemos de tener en cuenta que los tiempos de supervivencia de los organismos vegetales están muy por debajo de aquellos en los que se miden los fenómenos orbitales, lo que lleva consigo un profundo impacto sobre poblaciones e individuos (Bennett, 1997).

REFUGIOS GLACIALES DE VEGETACIÓN LEÑOSA TERMÓFILA

Existen numerosas evidencias palinológicas de que muchas zonas de Andalucía actuaron como refugios glaciales para multitud de especies arbóreas y arbusivas. Entre los registros que así lo sugieren se encuentran cueva de La Carihuela (Carrión García *et al.*, 1998), Padul (Pons y Reille, 1988), cueva de Las Ventanas (Carrión García *et al.*, 2001a), Siles (Carrión García, 2002), El Asperillo (Stevenson, 1984), Mari López (Yll Aguirre *et al.*, 2003), Cueva Bajondillo (López-Sáez *et al.*, 2007; Cortés-Sánchez *et al.*, 2008), San Rafael (Pantaleón-Cano *et al.*, 2003), MD95-2043 (Fletcher y Sánchez-Goñi, 2008) y Gorham (Carrión García *et al.*, 2008). En cueva de La Carihuela y Padul, la presencia prácticamente continua de *Pinus* durante todo el transcurso de la última glaciación así como la presencia más o menos persistente de taxones como *Quercus* y, en el caso de Padul, también *Juniperus*, *Betula*, *Alnus*, *Salix* y ericáceas, junto a la rápida aparición y progresión de otros taxones termófilos al comienzo del Holoceno, sugieren la presencia de refugios glaciales cercanos.

El análisis polínico de coprolitos de hiena procedentes de la cueva de Las Ventanas, a tan sólo 500 m de la cueva de La Carihuela, apoya aún más la idea de que los valles interiores de Sierra Nevada debieron actuar como un reservorio de fitodiversidad durante la última glaciación. En cronología probablemente tardiglacial (c. 12780 años cal BP), los resultados polínicos de Las Ventanas recogen la existencia de *Pinus*, *Juniperus*, *Abies*, *Quercus*, *Betula*, *Corylus*, *Alnus*, *Acer*, *Taxus*, *Myrtus*, *Buxus*, *Sorbus*, *Olea*, *Erica arborea*, *Pistacia*, *Ephedra fragilis*, *Viburnum*, *Sambucus*, Genisteeae, Thymelaeaceae, *Cistus* y *Rhamnus*.

El registro de la Laguna de Siles (Fig. 7), en la Sierra de Segura, pone de manifiesto, de forma más evidente, durante 20300 a 11900 años cal BP, la presencia de

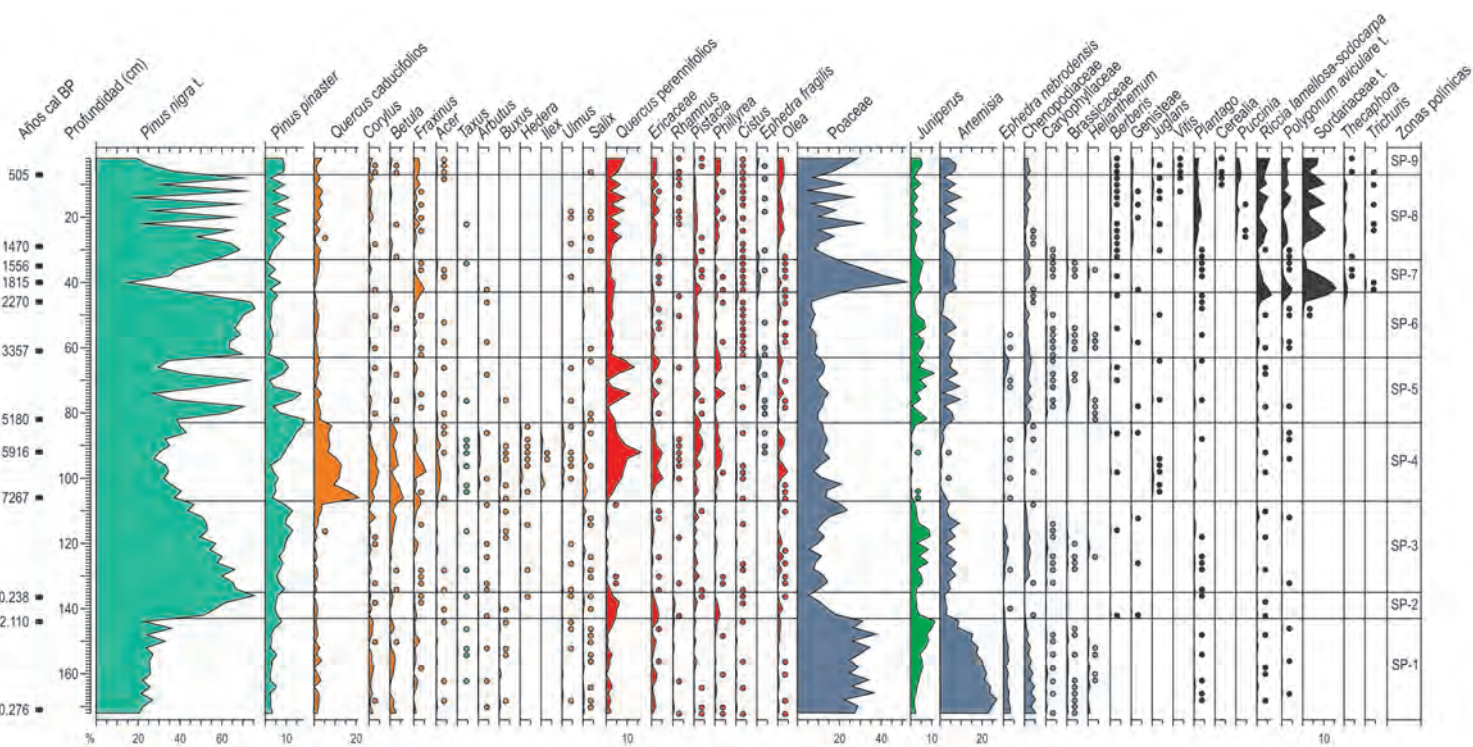


Fig. 7. Diagrama polínico de la secuencia de la Laguna de Siles. Redibujado de Carrión García, 2002.

Pinus pinaster, *Juniperus*, *Acer*, *Taxus*, *Arbutus*, *Buxus*, *Ulmus*, *Salix*, *Corylus*, *Betula*, *Fraxinus*, *Quercus*, *Ericaceae*, *Rhamnus*, *Pistacia*, *Phillyrea*, *Cistus* y *Olea*. Estos datos ratifican especialmente la existencia de importantes enclaves refugio en los valles interiores de las Cordilleras Béticas. Estas últimas habrían suministrado una alta variabilidad topográfica y posibilitado, al mismo tiempo, la migración vertical de las poblaciones arbóreas y arbustivas en respuesta a los pulsos climáticos.

Junto con los valles intramontañosos, la costa andaluza jugó un papel fundamental en la preservación de la vegetación termófila a lo largo del Pleistoceno. Las zonas costeras se habrían caracterizado por ciertos aportes de humedad que habrían combatido la aridez imperante en otras áreas y presentarían condiciones de temperatura menos extremas. Así, tenemos en el litoral de la provincia de Huelva, El Asperillo, que apoya la existencia de refugios glaciales de quercíneas y árboles caducifolios, además de pino piñonero y vegetación litoral mediterránea, durante el final del Pleistoceno (Stevenson, 1984) (Fig. 8) y el sondeo llevado a cabo en el lucio de Mari López, en las marismas del Guadalquivir. Este último sostiene la presencia en fecha anterior a 47000 años BP, posiblemente en fase pleniglacial, de *Pinus*,

Juniperus, *Alnus*, *Olea* y *Quercus* (Yll Aguirre et al., 2003) (Fig. 9).

En la costa de Málaga, la secuencia de la Cueva Bajondillo (Fig. 5) constata, en torno al último Máximo Glacial, la presencia de *Abies*, *Cedrus*, *Pinus*, *Juniperus*, *Alnus*, *Betula*, *Corylus*, *Fraxinus*, *Salix*, *Ilex*, *Quercus* e incluso de taxones tan termófilos como *Cistus ladanifer*, *Erica* y *Withania frutescens*.

Otra secuencia litoral, San Rafael, en la costa sur de Almería, evidencia la existencia durante el Pleniglacial Superior (c. 20058 años cal BP) de poblaciones de *Pinus*, *Corylus*, *Quercus*, *Olea* y *Pistacia* (Fig. 10). Próximo a San Rafael, en la zona central del mar de Alborán, el testigo marino MD95-2043 muestra curvas continuas de *Quercus*, *Pinus*, *Cedrus*, *Ericaceae* y *Juniperus* desde 45000 años BP hasta comienzos del Holoceno, al tiempo que registra la presencia puntual de *Olea* y *Pistacia*.

Los coprolitos de cánidos y, en menor medida de hiénidos, procedentes de la cueva de Gorham (Gibraltar) han revelado la existencia de un gran reservorio de fitodiversidad en el extremo sur peninsular durante el Pleistoceno Superior que habría albergado árboles caducifolios (*Corylus*, *Alnus*, *Betula*,

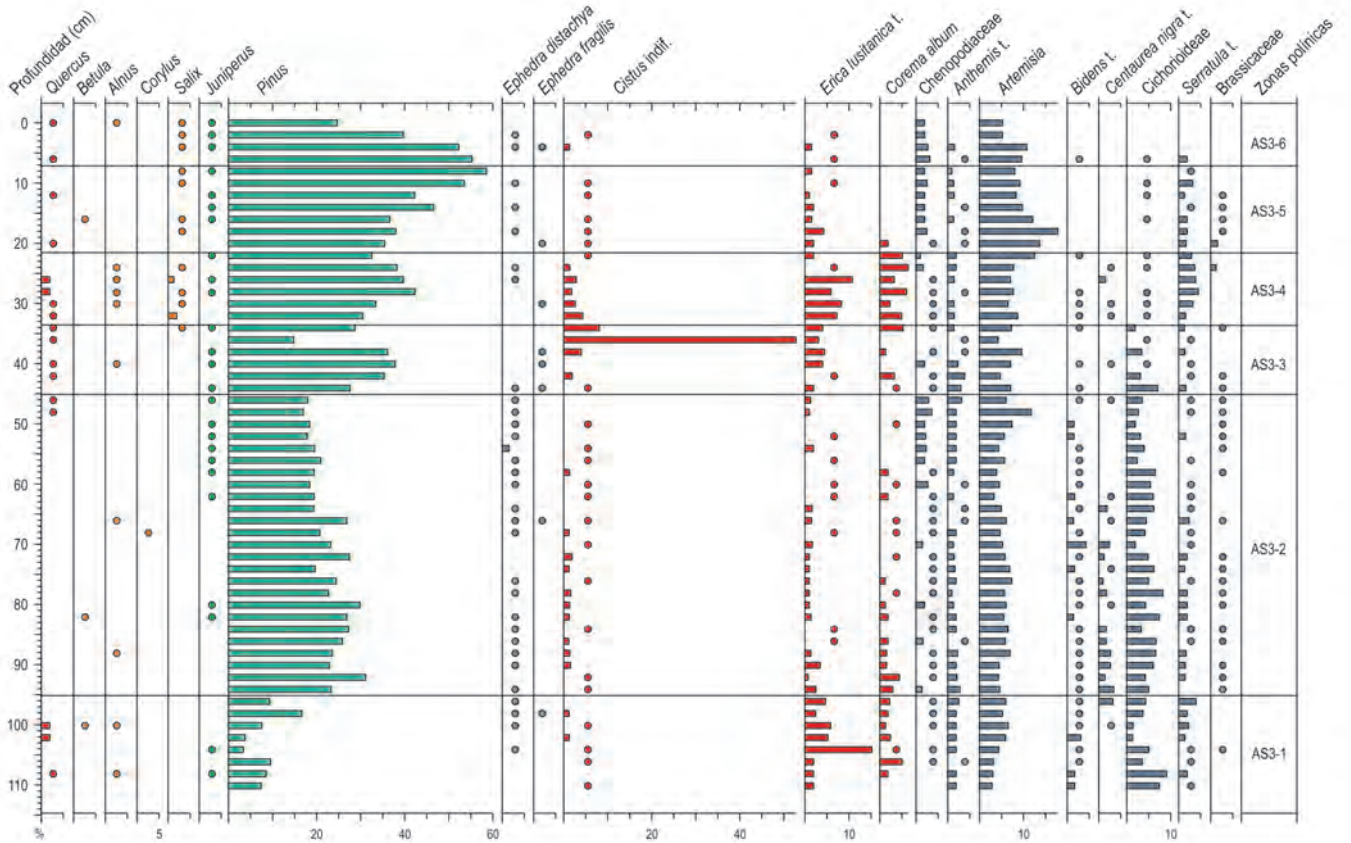


Fig. 8. Histograma de la secuencia polínica El Asperillo para el testigo AS3. Redibujado de Stevenson, 1984.

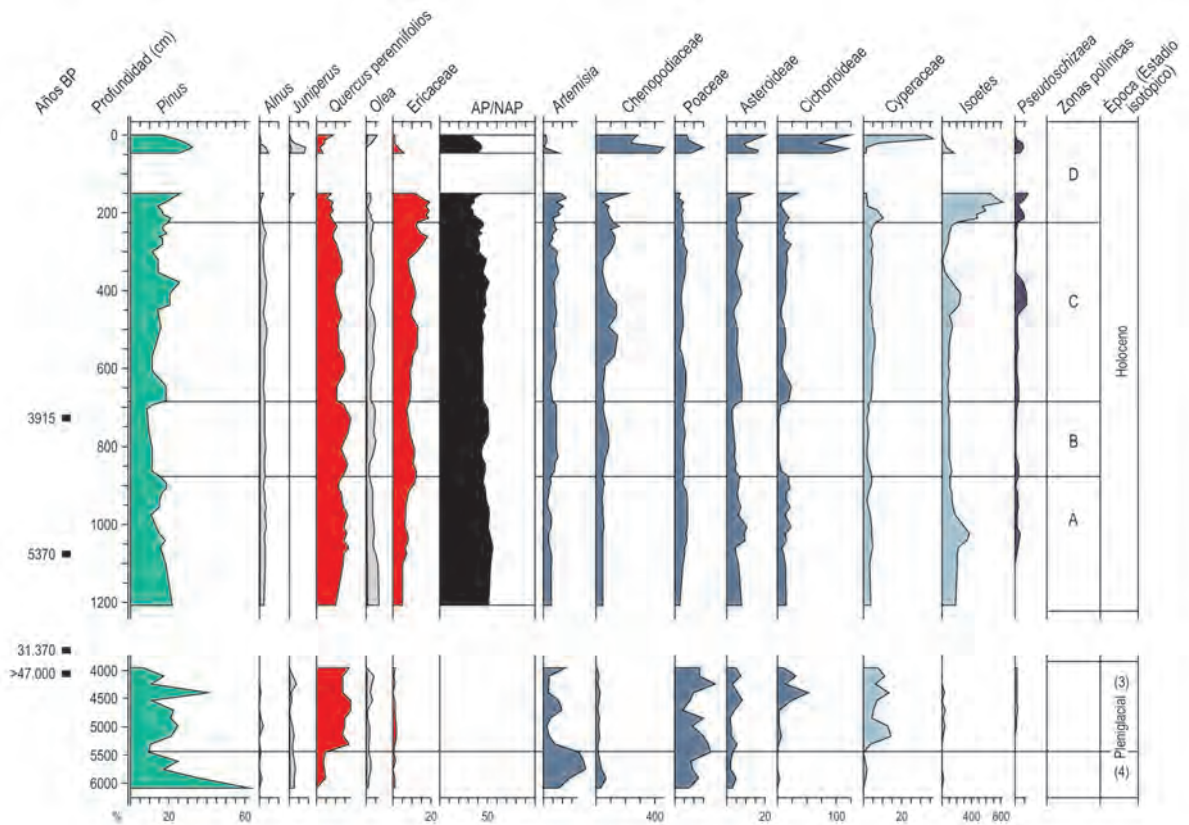


Fig. 9. Diagrama de algunos taxones seleccionados para el registro palinológico del Pleistoceno Superior y Holoceno del lucio de Mari López. Nótese que en color gris claro aparecen las curvas ampliadas para *Olea*, *Juniperus* y *Alnus*. Modificado de Yll Aguirre *et al.*, 2003.

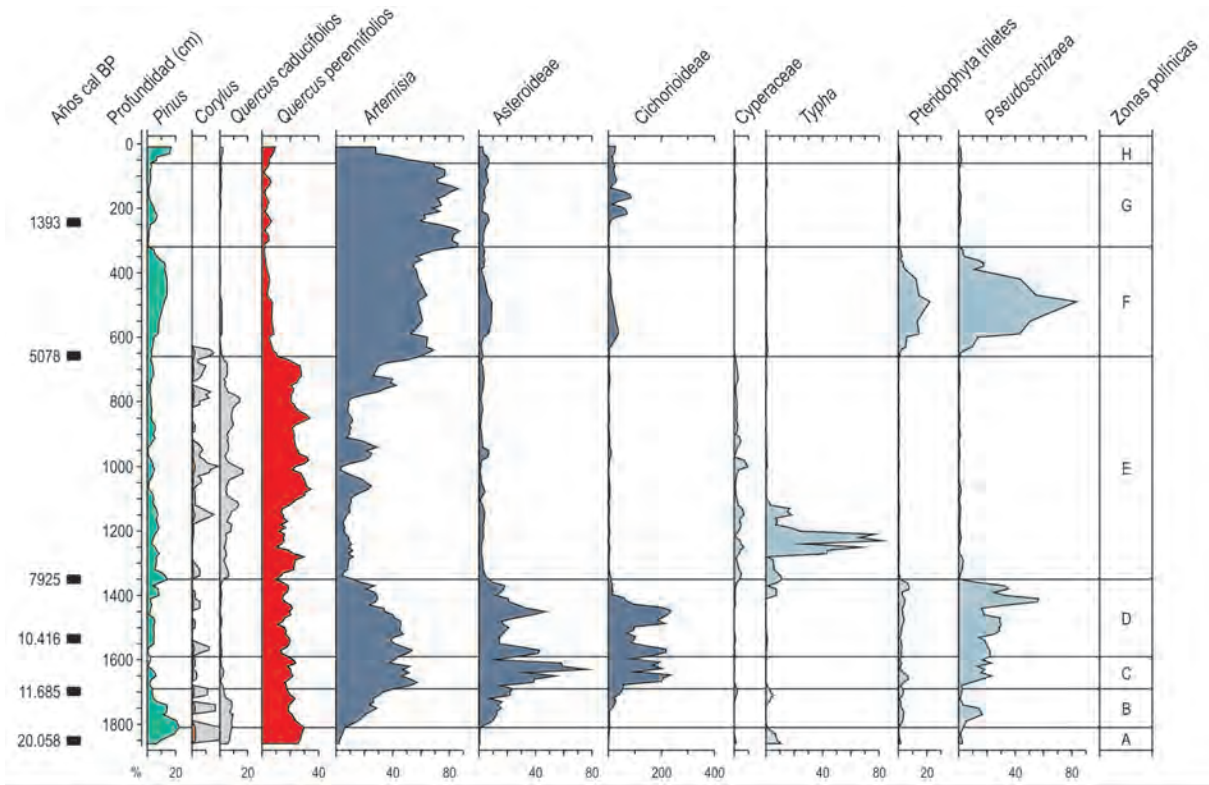


Fig. 10. Diagrama polínico sintético de San Rafael. Se indica ampliación de las curvas polínicas para los taxones *Corylus* y *Quercus caducifolios* en color gris. Redibujado de Pantaleón-Cano et al., 2003.

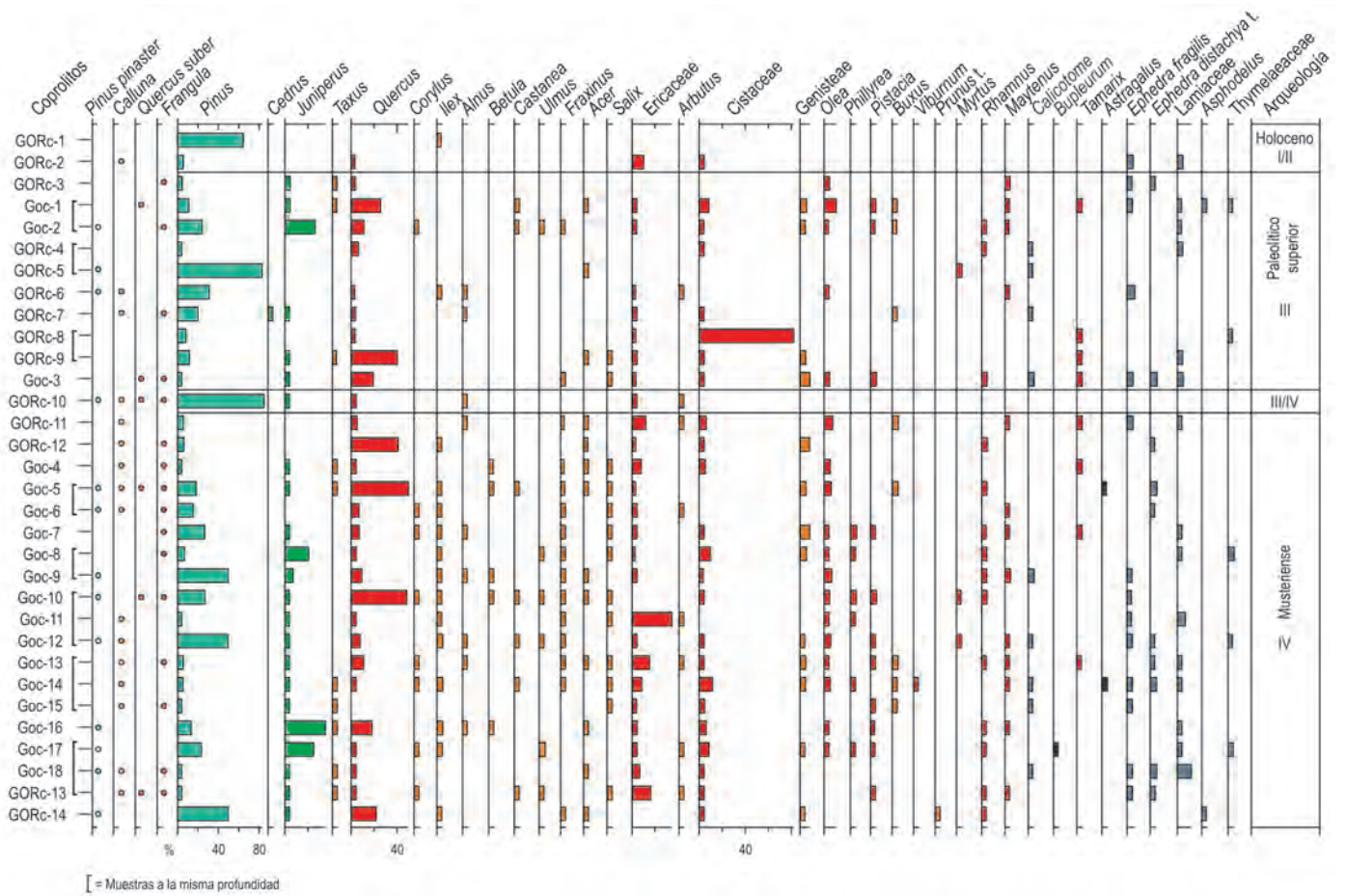


Fig. 11. Diagrama polínico para taxones arbóreos (AP) hallados en los coprolitos de la cueva de Gorham. Redibujado de Carrión García et al., 2008.

Castanea, Ulmus, Fraxinus, Acer y Salix) y especies de bosque mediterráneo (*Pinus, Quercus, Arbutus, Olea, Phillyrea, Viburnum, Rhamnus*) junto a arbustos xerótermófilos (*Maytenus, Myrtus, Calicotome*) (Carrión García *et al.*, 2008, en prensa) (Fig.11).

Pese a toda esta información, debemos tener presente que los datos con los que contamos en la actualidad sobre refugios glaciales conducen a una subestimación de los mismos, provocada en parte, porque las investigaciones que se han llevado a cabo han sido muy limitadas, pero también, porque las poblaciones aisladas de árboles tienden a ser invisibles en los registros palinológicos (Carrión García *et al.*, 2008). Además, debemos considerar que la productividad polínica de los árboles puede verse afectada bajo condiciones climáticas desfavorables (Leroy, 2007).

Evidencias no palinológicas que apoyan la existencia de refugios glaciales en Andalucía son la persistencia en esta región de un considerable número de especies relictuales de origen subtropical, es decir, especies que habrían resistido desde el Terciario a todas las fluctuaciones climáticas acaecidas durante el Cuaternario. Entre éstas se encuentran el laurel (*Laurus nobilis*), el ojaranzo (*Rhododendron ponticum*) o el avellanillo (*Frangula alnus*). Otras evidencias adicionales proceden de estudios filogeográficos, basados en ADN cloroplástico y aloenzimas, que predicen una mayor diversidad genética para las poblaciones actuales localizadas en zonas de refugios glaciales. Durante la recolonización que sobreviene a una Terminación se espera que tenga lugar una pérdida de alelos y con ello una pérdida de diversidad genética en las nuevas poblaciones conforme aumenta la distancia con la población de partida debido a cuellos de botella y efectos fundadores.

CAMBIOS DE VEGETACIÓN DURANTE LA ÚLTIMA DEGLACIACIÓN Y PROCESOS DE COLONIZACIÓN DURANTE EL HOLOCENO

En relación con el resto de la Península Ibérica, en las secuencias andaluzas se observa una clara anticipación tardiglacial sobre el cambio de vegetación que acontece con la llegada del Holoceno. En cueva de La Carihuela (Piñar, Granada), Cueva Bajondillo (Torremolinos, Málaga), El Pirulejo (Priego de Córdoba, Córdoba) y en el sondeo marino de Alborán MD95-2043 (Carrión García *et al.*, 1998; López-Sáez *et al.*, 2007, 2008; Cortés-Sánchez *et al.*, 2008;

Fletcher y Sánchez-Goñi, 2008) éste tiene lugar en torno a 15000 años BP; en Siles (Sierra de Segura, Jaén; Carrión García, 2002) en 12100 años BP y por último en Padul (Valle de Lecrín, Granada; Pons y Reille, 1988) en 13000 años BP. Así, por ejemplo, en la secuencia de Charco da Candieira (Van der Knaap y Van Leeuwen, 1997) de la portuguesa Serra da Estrela, no se detectan patrones similares de cambio hasta una fecha próxima a 10000 años BP. En el sector occidental de la Sierra de Ancares, la secuencia lucense de Pozo do Carballal (Muñoz Sobrino *et al.*, 1997) parece compartir una cronología similar a la de Charco da Candieira, donde no es hasta después de 10300 años BP cuando el roble inicia una notable expansión. En el noreste peninsular, la secuencia litoral gerundense de Banyoles (Pérez-Obiol y Julià Brugués, 1994) muestra patrones de cambio de vegetación significativos en torno a 11500 años cal BP y la del Portalet, en el pirineo oscense (González-Sámper *et al.*, 2006), en fecha próxima a 10500 años BP. En términos generales, este cambio de vegetación consiste fundamentalmente en la sustitución de pinares por un modelo forestal de dominancia angiospérmica basado principalmente en quercíneas y, en menor medida, en mesófitos como *Betula, Corylus, Ulmus, Alnus, Fraxinus* o *Fagus*.

En las secuencias andaluzas, cabe destacar durante las primeras etapas de sustitución un mayor protagonismo de los *Quercus* perennifolios frente a los caducifolios (Siles, Padul, Cueva Bajondillo, San Rafael) a diferencia de lo que ocurre en el noreste peninsular, donde sucede lo contrario. Sin embargo, existen numerosas excepciones a este patrón general, como puede observarse en secuencias del litoral de la provincia de Huelva donde el pino es el taxón principal durante prácticamente todo el registro holocénico. Así sucede en El Asperillo (Stevenson, 1984) y El Acebrón (Stevenson y Harrison, 1992). A veces se constatan porcentajes similares a *Quercus* (Carrión García *et al.*, 2000) como ocurre en la Laguna de las Madres (Stevenson, 1985; Yll Aguirre *et al.*, 2003) y en el lucio de Mari-López (Yll Aguirre *et al.*, 2003). Una continua hegemonía del pino en las vegetaciones forestales del Tardiglacial y Holoceno también se refleja en las secuencias jienenses de Siles (Carrión García, 2002) y Cañada de la Cruz (Carrión García *et al.*, 2001b).

En otras secuencias de Andalucía oriental la diferencia estriba en la cronología con la que el género *Quercus* rebasa los porcentajes polínicos de *Pinus*,

no sucediendo hasta bien avanzado el Holoceno, como en la secuencia de la Cañada del Gitano, en la Sierra de Baza (Carrión García *et al.*, 2007), donde tiene lugar en fecha próxima a 2560 años cal BP o en la de la Sierra de Gádor (Carrión García *et al.*, 2003) donde el reemplazamiento de pinares por formaciones forestales dominadas por *Quercus* ocurre alrededor de 6060 años cal BP.

Esta alta perdurabilidad de los pinares en algunas zonas de la geografía andaluza, sin duda, condicionada por la extensión de éstos últimos a lo largo de todo el Pleistoceno Superior, puede explicarse en base a una alta resiliencia de estas formaciones vegetales frente a las perturbaciones. Esta propiedad les llevaría a presentar una alta elasticidad frente a los agentes desestabilizadores, de modo que sólo experimentarían cambios notables cuando éstos superasen un cierto valor umbral. Por otro lado, ciertas condiciones edáficas y topográficas les habrían favorecido durante interacciones de competencia frente a *Quercus* y otras angiospermas, del mismo modo que el fuego parece haber favorecido la progresión de *Quercus* y maquias mediterráneas en algunos sectores del Sistema Bético (Carrión García, 2003; Riera Mora, 2006).

Todo esto pone de relevancia que el clima no es el único factor, ni con frecuencia el más determinante, que interviene en la dinámica vegetal. Las numerosas fluctuaciones que observamos en las curvas polínicas de taxones como *Pinus* y *Quercus* en la mayoría de los diagramas para el Holoceno andaluz podrían explicarse por estos otros factores. Entre éstos se hallarían, como ya hemos apuntado, las condiciones edáficas y fisiográficas locales, fenómenos de competencia interespecífica y la tasa y frecuencia de incendios. La historia biológica de los grupos implicados también parece haber jugado un papel fundamental en la respuesta vegetal así como su capacidad de dispersión, velocidad de migración, otras interacciones bióticas y la acción antrópica.

LA VEGETACIÓN ANTROPOGÉNICA Y CONDICIONANTES HISTÓRICOS DEL PAISAJE VEGETAL ACTUAL

No cabe duda de que el ser humano ha actuado sobre los ecosistemas naturales modificando el paisaje vegetal tanto de forma intencionada como involuntaria desde tiempos prehistóricos pero, principalmente, durante la segunda mitad del Holoceno, siendo a

partir del siglo XIX, tras la Revolución Industrial, cuando su influencia ha adquirido mayor alcance. Sin embargo, no resulta fácil cuantificar el papel de la acción antrópica en la respuesta vegetal frente a otros factores ecológicos o climáticos ya que con frecuencia unos actúan sobre los otros y a menudo comparten causas y efectos. No obstante, algunos rasgos de los diagramas polínicos proporcionan información acerca de actividades antrópicas. Así, la presencia o incremento de algunos taxones pueden ser utilizados como indicadores de agriculturización (*Plantago*, *Cerealia*, *Papaver*, *Centaurea aspera*, *Puccinia*), de arboricultura (*Vitis*, *Olea*, *Juglans*, *Castanea*) o de pastoreo y nitrificación (*Polygonum aviculare*, *Riccia*, Sordariaceae, *Rumex*). Es frecuente además, que los episodios antropogénicos vengan acompañados de incrementos exponenciales en la tasa de variación de las muestras polínicas, así como en la concentración de microcarbones del sedimento estudiado.

Tras el Óptimo Holoceno mesofítico (7500-5000 años cal BP) tiene lugar un cambio climático aridificante (Yll Aguirre *et al.*, 1994; Burjachs Casas *et al.*, 1997; Pantaleón-Cano *et al.*, 2003) que unido al impacto de las sociedades humanas da lugar a una progresiva xerofitización del paisaje. Este proceso ha quedado muy patente en secuencias como la de Sierra de Baza (Carrión García *et al.*, 2007) o Sierra de Gádor (Carrión García *et al.*, 2003) en las que la acción antrópica parece estar ligada a los principales cambios de vegetación, actuando como un contingente de primer orden. En ambas secuencias, la cultura de El Argar (c. 4400-3500 años cal BP) parece haber tenido un fuerte impacto en la vegetación del entorno, observándose durante este período un notorio descenso de la cobertura arbórea y un cambio abrupto en las comunidades vegetales que pasarían a ser dominadas por especies de carácter más xerofito, mejor adaptadas al estrés por herbivoría, fuego y sequía estival (Figs. 12, 13 y 14). Tan importante hubo de ser esta transformación del paisaje que el final de la cultura argárica, el denominado "colapso argárico", podría haber tenido un fuerte condicionamiento ambiental (Carrión García *et al.*, 2007).

Otro episodio importante de cambio en la secuencia de la Sierra de Gádor acontece durante el Imperio Romano. Es entonces cuando parece tener lugar un pastoreo más intensivo, avalado por el incremento en la presencia de taxones como Sordariaceae, *Riccia* y *Polygonum aviculare* junto a la extensión del matorral espinescente (Genisteeae, *Periploca*,

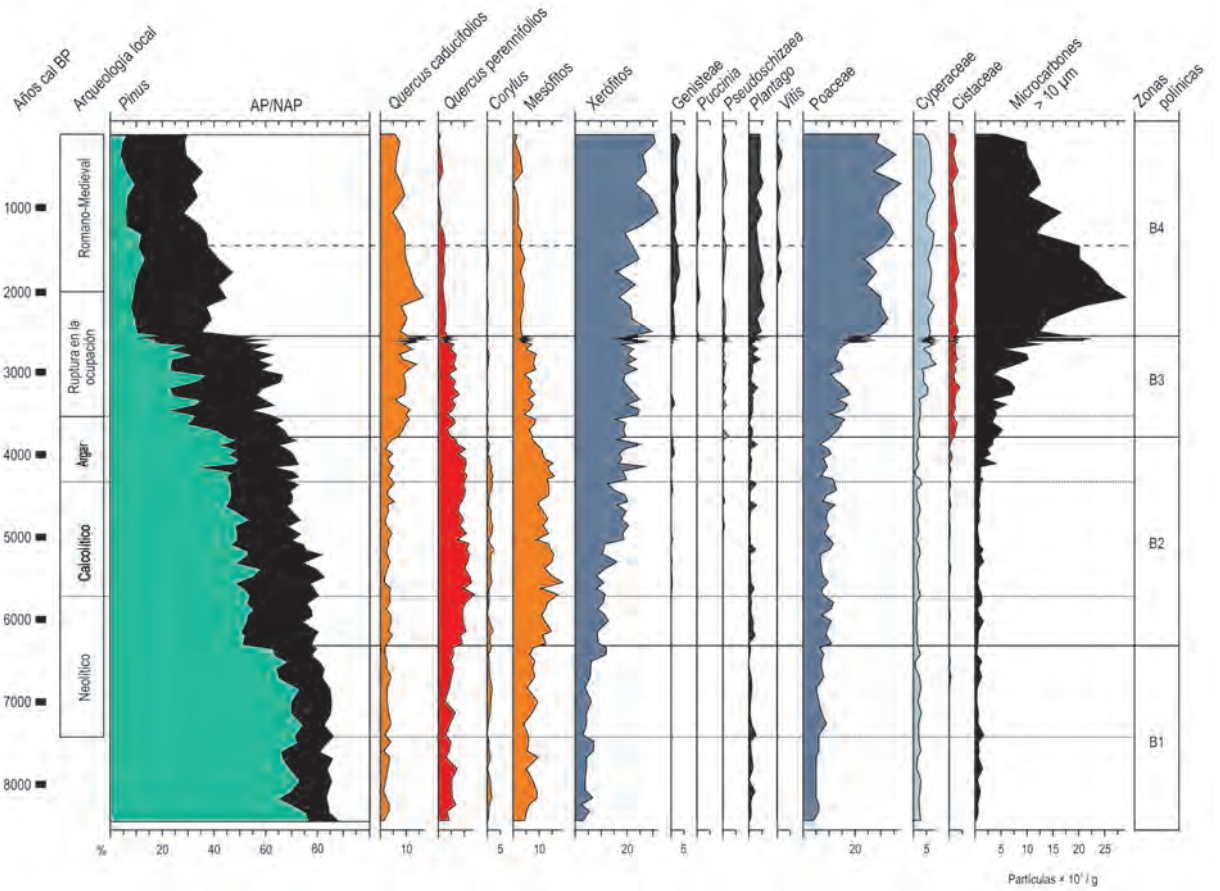


Fig. 12. Diagrama polínico sintético de la secuencia de Baza incluyendo la variación en la concentración de microcarbones. Redibujado de Carrión García *et al.*, 2007.

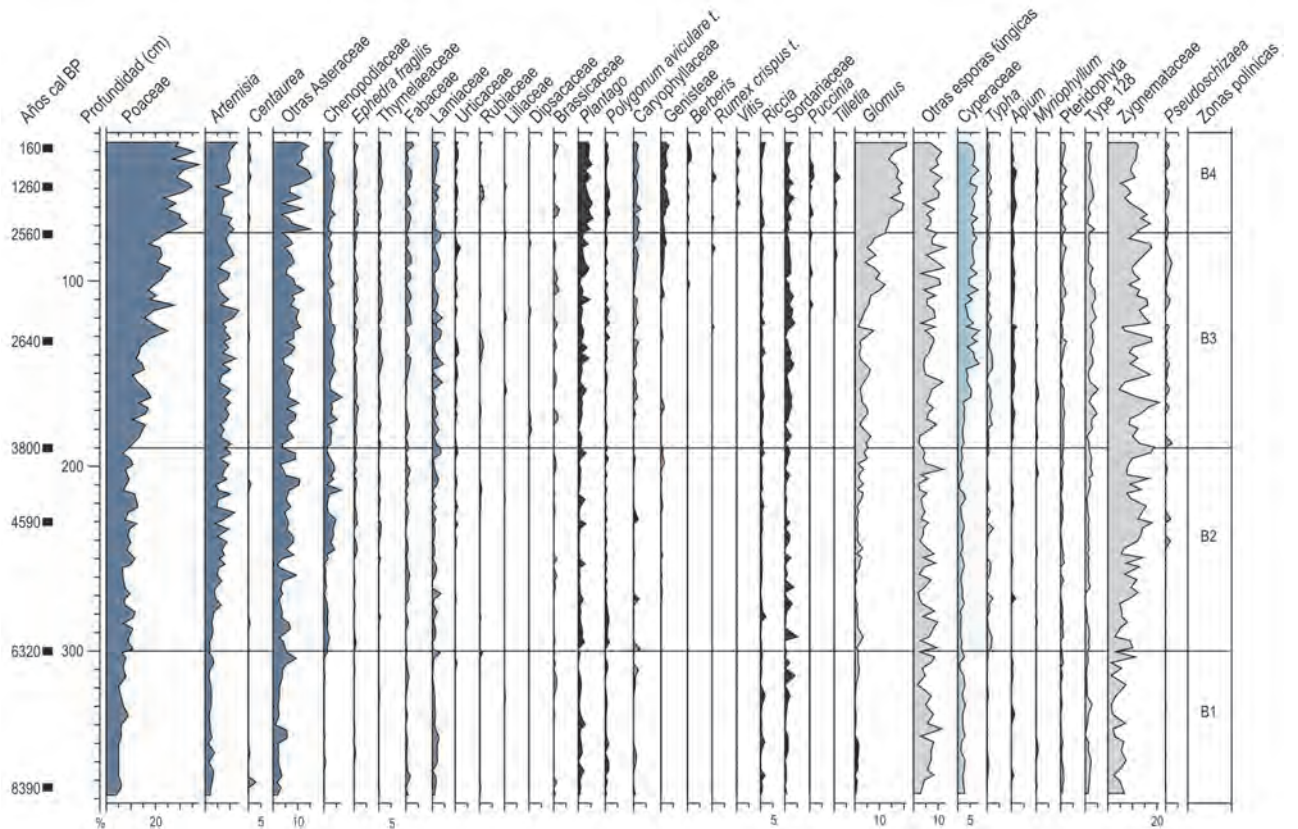


Fig. 13. Diagrama polínico de indicadores antropogénicos y matorral espinoso junto a gramíneas y otras herbáceas de la secuencia de Baza. Redibujado de Carrión García *et al.*, 2007.

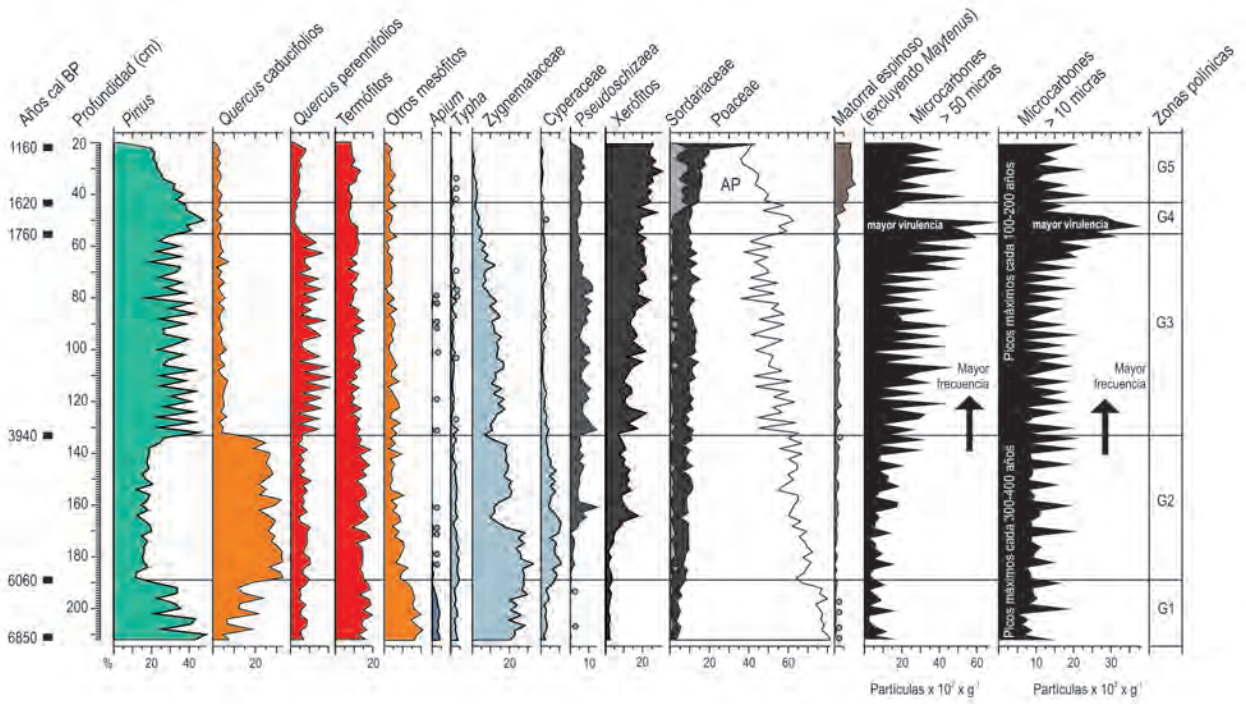


Fig. 14. Diagrama polínico de taxones seleccionados y variación de microcarbones en la secuencia de Gádor. Modificado de Carrión García *et al.*, 2003.

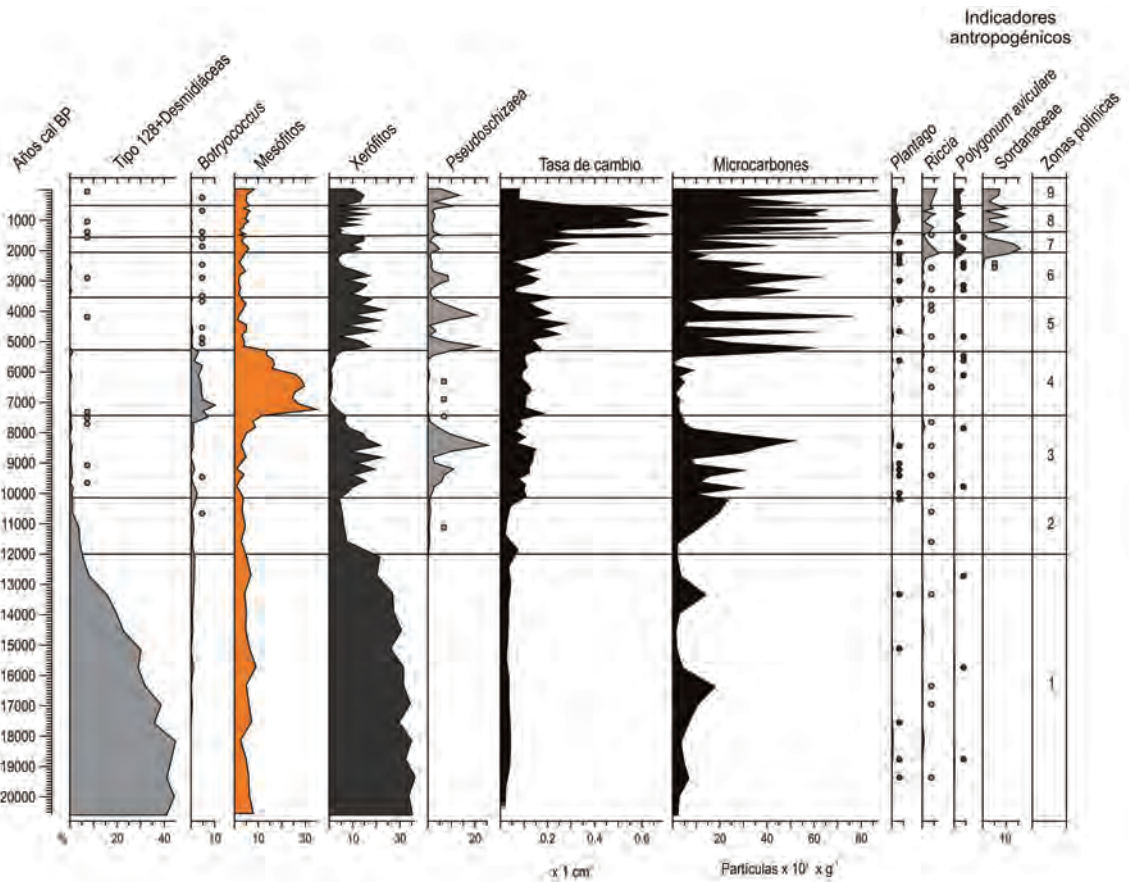


Fig. 15. Variación de microcarbones, indicadores antropogénicos y otros microfósiles junto a la tasa de variación de las muestras polínicas en la secuencia de Siles. Redibujado de Carrión García, 2002.

Berberis, *Ononis*, *Calicotome*), además de un incremento en la virulencia de los fuegos (percibido como el incremento en la concentración de microcarbones). La primera aparición de *Vitis* y el aumento en los porcentajes polínicos de *Castanea* y Cupressaceae, dan información acerca de actividades de arboricultura.

cultura ibérica en valles próximos localizados a menor altitud. Durante esta fase se aprecia una importante deforestación y los primeros indicadores de agriculturización (*Vitis*, *Puccinia*) al tiempo que las actividades de pastoreo se intensifican y tiene lugar la expansión del matorral espinescente cacuminal.

En la Cañada del Gitano también puede observarse, en torno a 2560 años cal BP, otra importante transformación vegetal, en coincidencia con la expansión de la

La secuencia de la Laguna de Siles (Carrión García, 2002) también apunta hacia la actividad humana como principal agente perturbador sobre la vegetación, res-

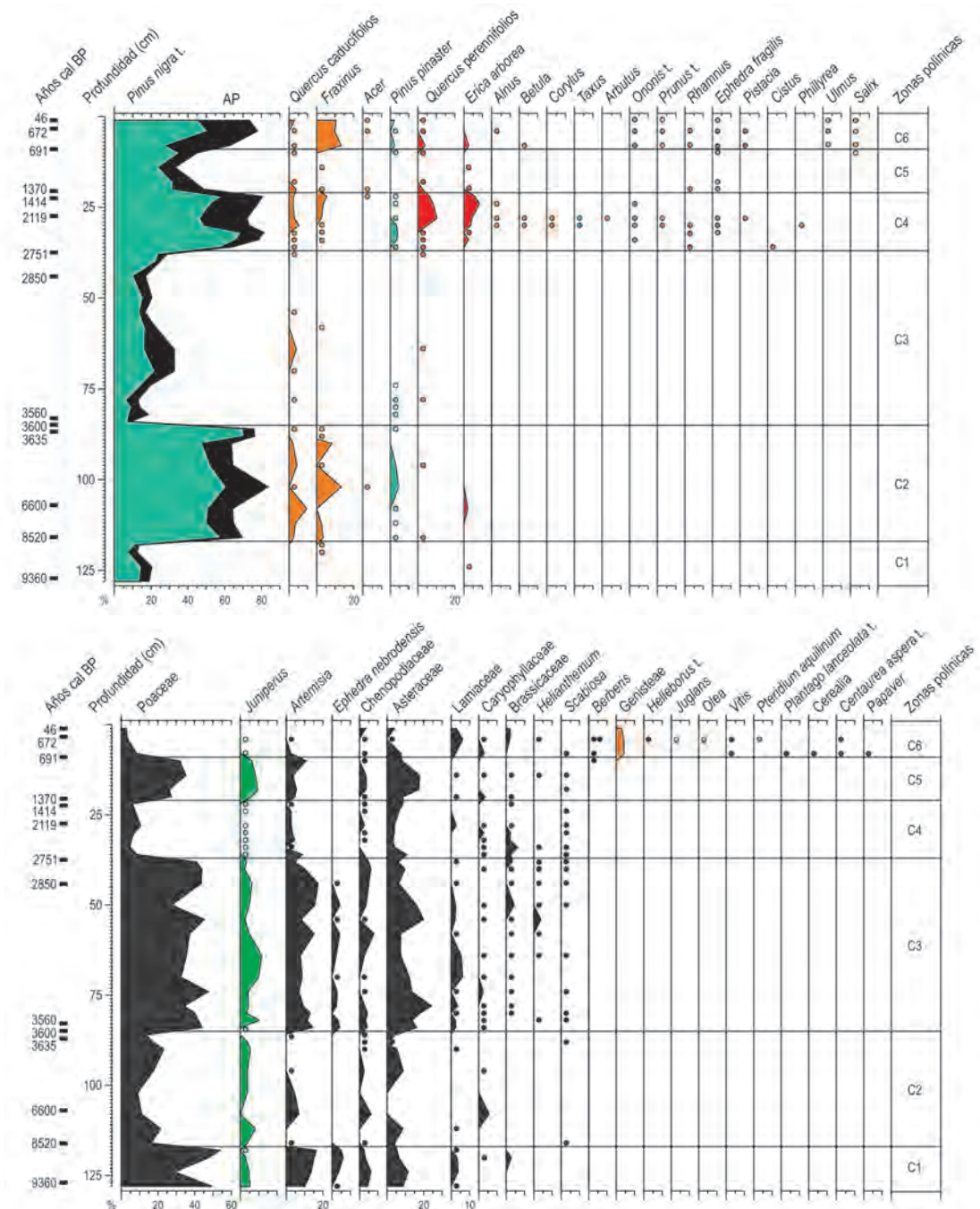


Fig. 16. Cambios principales en los espectros polínicos de la secuencia de la Cañada de la Cruz, Sierra de Segura. Arriba: taxones leñosos, abajo: taxones NAP. Redibujado de Carrión García *et al.*, 2001.

ponsable de cambios de la especie dominante, de la disminución de la fitodiversidad y de la regresión del bosque durante los últimos 2500 años en conjunción con un clima cada vez más árido (Fig. 15). Sin embargo, no siempre los cambios abruptos de vegetación observados en las secuencias polínicas para el Holoceno son atribuibles a perturbación antropogénica. Un buen ejemplo lo tenemos en la secuencia de la Cañada de la Cruz (Carrión García *et al.*, 2001b) donde no aparecen indicadores de agricultura y pastoreo hasta después de 690 años cal BP, sin embargo se observan oscilaciones abruptas en las curvas polínicas en torno a 8500, 3600, 2750, 1400 y 690 años cal BP sin que puedan ser atribuidas a discontinuidades en la sedimentación (Fig. 16). En este caso, es la hipótesis de control climático la que adquiere mayor firmeza. Dada la localización de la Cañada de la Cruz, a 1595 m de altitud, en el ecotono forestal de la Sierra de Segura, no serían necesarias oscilaciones climáticas muy pronunciadas para promover cambios en la vegetación.

Si bien el pastoreo parece haberse desarrollado ampliamente durante la segunda mitad del Holoceno

en las sierras andaluzas del sector oriental, en las zonas bajas de Andalucía occidental y central fueron las actividades agrícolas las que conocieron un fuerte despliegue. En el registro de la Laguna de Medina, Jerez de la Frontera (Cádiz), Reed *et al.* (2001) apuestan por la presencia de actividades agrícolas desde el Neolítico y durante el Calcolítico apoyándose en la presencia de plantas ruderales como *Rumex* o *Plantago* desde la base de la secuencia (Fig. 17). Sin embargo, no es hasta fecha próxima a 1000 años cal BP cuando la actividad humana se intensifica, siendo responsable de la extensión del encinar en detrimento del alcornocal. La influencia del Imperio Romano se deja ver en esta secuencia por el gran aumento que alcanza *Olea* en torno a 2000 años cal BP. Otras secuencias como la de la Laguna de Zóñar (Córdoba) localizada en la depresión del Guadalquivir (Valero-Garcés *et al.*, 2006; Martín-Puertas *et al.*, 2008) inducen a pensar que el cultivo del olivo podría haberse llevado a cabo localmente, con anterioridad a la ocupación romana, por parte de los íberos (González-Sampérez, en prensa).

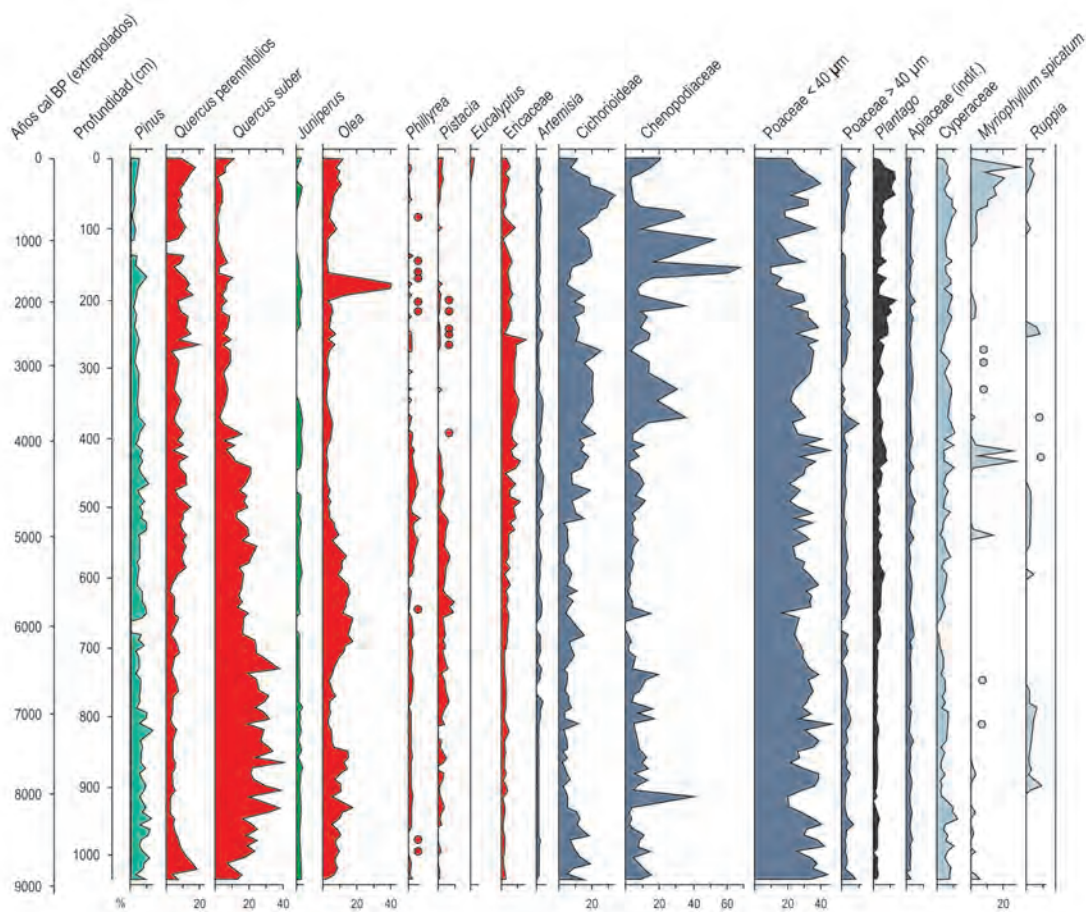


Fig. 17. Diagrama polínico sintético de la Laguna de Medina. Modificado de Reed *et al.*, 2001 y Proyecto Las Encinas <http://craticula.ncl.ac.uk/lasencinas/>

Cabe comentar, finalmente, que el registro palinológico de La Junta (Fuentes Molina *et al.*, 2006), en la comarca del Andévalo (Huelva) da una idea genérica del impacto que debió ejercer la metalurgia del cobre del cuarto al tercer milenio antes del presente sobre la vegetación, ocasionando una grave deforestación del territorio.

El análisis de datos palinológicos combinado con el estudio de fuentes historiográficas y la evidencia arqueológica ponen de manifiesto las numerosas transformaciones que ha sufrido el paisaje vegetal andaluz durante el Holoceno reciente y apuntan hacia un descenso generalizado de la cobertura arbórea y hacia la extinción poblacional de mesófitos en algunos territorios. Sin embargo, existen importantes diferencias geográficas en cuanto al inicio de este proceso y respecto a la intensidad del mismo, así como en las dinámicas vegetales detectadas. Todo ello viene parcialmente ocasionado por la heterogeneidad espacial de los impactos del ser humano sobre la vegetación, pero también por la gran variedad de climas, sustratos y relieves que exhibe la región ■

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Fátima Valle Barea su inestimable ayuda en la confección del material gráfico de esta contribución. Penélope González-Sampérez nos cedió amablemente el diagrama inédito de la Laguna de Zóñar, completado con niveles adicionales a los publicados en Valero-Garcés *et al.* (2006). Este trabajo forma parte de una serie de acciones financiadas por los proyectos Paleoflora Ibérica I y Paleoflora Ibérica II (IBERVELD) del Ministerio de Ciencia e Innovación, así como ECOCHANCE de la Fundación Séneca, Agencia Regional de Ciencia y Tecnología y Proyecto PEPLAN, del gobierno autónomo de Murcia.

BIBLIOGRAFÍA

- BURJACHS CASAS, F. (en prensa): "Alfaix", *Cinco millones de años de Historia Vegetal en la Península Ibérica e Islas Baleares*, (Carrión García, J. S., coord.), Fundación Séneca, Agencia de Ciencia y Tecnología de la Región de Murcia, Murcia.
- BURJACHS CASAS, F., GIRALT ROMEU, S., ROCA, J. R., SERET, G. y JULIÀ BRUGUÉS, R. (1997): "Palinología holocénica y desertización en el mediterráneo occidental", *El paisaje mediterráneo a través del espacio y el tiempo: implicaciones en la desertificación*, (Ibáñez Estévez, J. J., Valero Garcés, B. y Machado C. coords.), Geofoma ediciones, Logroño.
- BENNETT, K. D. (1997): *Evolution and ecology: the pace of life*, Cambridge University Press, Cambridge.
- CARRIÓN GARCÍA, J. S. (1990): *Evolución paleoambiental durante el Pleistoceno Superior en el sureste de España. Las secuencias polínicas de las Cuevas de la Carihuela (Granada) y Beneito (Alicante)*, Tesis Doctoral, Universidad de Murcia.
- CARRIÓN GARCÍA, J. S. (1992): "Late Quaternary pollen sequence from Carihuela Cave, Southern Spain", *Review of Palaeobotany and Palynology* 71, pp. 37-77.
- CARRIÓN GARCÍA, J. S. (2002): "Patterns and processes of Late Quaternary environmental change in a montane region of southwestern Europe", *Quaternary Science Reviews* 21, pp. 2047-2066.
- CARRIÓN GARCÍA, J. S. (2003): "Sobresaltos en el bosque mediterráneo: incidencia de las perturbaciones observables a escala paleoecológica", *Ecosistemas* 12(3), URL: <http://www.aet.org/ecosistemas/033/revision1.htm>
- CARRIÓN GARCÍA, J. S., MUNUERA GINER, M. y NAVARRO CAMACHO, C. (1998): "Palaeoenvironmental reconstructions of cave sediments on the basis palynology: an example from Carihuela Cave (Granada)", *Review of Palaeobotany and Palynology* 99, pp. 17-31.
- CARRIÓN GARCÍA, J. S., MUNUERA GINER, M., NAVARRO CAMACHO, C. y SAÉZ SOTO F. (2000): "Paleoclimas e historia de la vegetación cuaternaria en España a través del análisis polínico. Viejas falacias y nuevos paradigmas", *Complutum* 11, pp. 115-142.
- CARRIÓN GARCÍA, J. S., RIQUELME CANTAL, J. A., NAVARRO CAMACHO, C. y MUNUERA GINER, M. (2001a): "Pollen in hyaena coprolites reflects late glacial landscape in southern Spain", *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 176, pp. 193-205.
- CARRIÓN GARCÍA, J. S., MUNUERA GINER, M., DUPRÉ OLIVIER, M. y ANDRADE OLALLA, A. (2001b): "Abrupt vegetation changes in the Segura Mountains of southern Spain throughout the Holocene", *Journal of Ecology* 89, pp. 783-797.
- CARRIÓN GARCÍA, J. S., SÁNCHEZ-GÓMEZ, P., MOTA POVEDA, J. y CHAÍN NAVARRO, C. (2003): "Fire and grazing are contingent on the Holocene vegetation dynamics of Sierra de Gádor, southern Spain", *The Holocene* 13, pp. 839-849.
- CARRIÓN GARCÍA, J. S., FUENTES MOLINA, N., GONZÁLEZ-SAMPÉREZ, P., SÁNCHEZ QUIRANTE, L., FINLAYSON, J. C., FERNÁNDEZ JIMÉNEZ, S. y ANDRADE OLALLA, A. (2007): "Holocene environmental change in a montane

- region of southern Europe with a long history of human settlement”, *Quaternary Science Reviews* 26, pp. 1455-1475.
- CARRIÓN GARCÍA, J. S., FYNLAYSON, C., FERNÁNDEZ JIMÉNEZ, S., FYNLAYSON, G., ALLUÉ MARTÍ, E., LÓPEZ-SÁEZ, J. A., LÓPEZ-GARCÍA, P., GIL-ROMERA, G., BAILEY, G. y GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P. (2008): “A coastal reservoir of biodiversity for Upper Pleistocene human populations: palaeoecological investigations in Gorham’s Cave (Gibraltar) in the context of the Iberian Peninsula”, *Quaternary Science Reviews* 27, pp. 2118-2135.
- CARRIÓN GARCÍA, J. S., ALLUÉ MARTÍ, E., LÓPEZ-SÁEZ, J. A., FIERRO ENRIQUE, E., FERNÁNDEZ JIMÉNEZ, S., GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P., LÓPEZ-GARCÍA, P., MATOS ASTORGANO, M., RIQUELME CANTAL, J. A., FYNLAYSON, G. y FYNLAYSON, C. (en prensa): “The vegetation surrounding Gorham’s Cave in the Middle and Upper Palaeolithic: fósil plant evidences for a biological”, *Where the Neanderthals live – a study of Neandertal and Modern Human behavioural ecology in a glacial refugium (Gorham’s Cave, Gibraltar)*, (Fynlayson, C., Rodríguez-Vidal, J., Giles Pacheco, F., Stringer, C. y Carrión García, J. S. eds.), Oxbow books, Oxford.
- COMES, H. P. y KADEREIT, J. W. (1998): “The effect of Quaternary climatic changes on plant distribution and evolution”, *Trends in plant science* 3, pp. 432-438.
- CORTÉS-SÁNCHEZ, M., MORALES-MUÑIZ, A., SIMÓN-VALLEJO, M. D., BERGADÀ-ZAPATA, M. M., DELGADO-HUERTAS, A., LÓPEZ-GARCÍA, P., LÓPEZ-SÁEZ, J. A., LOZANO-FRANCISCO, M. C., RIQUELME-CANTAL, J. A., ROSELLÓ-IZQUIERDO, E., SÁNCHEZ-MARCO, A. y VERA-PELÁEZ, J. L. (2008): “Paleoenvironmental and cultural dynamics of the coast of Málaga (Andalusia, Spain) during the Upper Pleistocene and early Holocene”, *Quaternary Science Reviews* 27, pp. 2176-2193.
- FEDDI, N., FAUQUETTE, S. y SUC, J. P. (2011): “Histoire plio-pléistocène des écosystèmes végétaux de Méditerranée sud-occidentale: apport de l’analyse pollinique de deux sondages en mer d’Alboran”, *Geobios* 44, pp. 57-69.
- FERNÁNDEZ JIMÉNEZ, S. (2005): *La vegetación del Cuaternario reciente en el sureste español. Nuevos datos palinológicos y discusión en el contexto de la Iberia Mediterránea*, Tesis Doctoral, Universidad de Murcia.
- FERNÁNDEZ JIMÉNEZ, S., FUENTES MOLINA, N., CARRIÓN GARCÍA, J. S., GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P., MONTOYA ROMO, E., GIL ROMERA, G., VEGA-TOSCANO, G. y RIQUELME CANTAL, J. A. (2007): “The Holocene and Late Pleistocene pollen sequence of Carihuela Cave, southern Spain”, *Geobios* 40, pp. 75-90.
- FLETCHER, W. J. y SÁNCHEZ-GOÑI, M. F. (2008): “Orbital-and-sub-orbital-scale climate impacts on vegetation of the western Mediterranean basin over the last 48,000 yr”, *Quaternary Research* 70, pp. 451-464.
- FLORSCHÜTZ, F., MENÉNDEZ-AMOR, J. y WIJMSTRA, T. A. (1971): “Palynology of a thick Quaternary succession in southern Spain”, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 10, pp. 233-264.
- FUENTES MOLINA, N., CARRIÓN GARCÍA, J. S., FERNÁNDEZ JIMÉNEZ, S., GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P., NOCETE CALVO, F., LIZCANO PRESTEL, R. (2006): “Análisis polínico del yacimiento arqueológico de La Junta (Puebla de Guzmán, Huelva)”, *Anales de Biología* 28, pp. 73-83.
- GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P. (en prensa): “La laguna de Zóñar”, *Cinco millones de años de Historia Vegetal en la Península Ibérica e Islas Baleares*, (Carrión García, J. S., coord.), Fundación Séneca, Agencia Regional de Ciencia y Tecnología de la Región de Murcia, Murcia.
- GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P., VALERO-GARCÉS, B. L., MORENO CABALLUD, A., JALUT, G., GARCÍA-RUÍZ, J. M., MARTÍ-BONO, C., DELGADO-HUERTAS, A., NAVAS IZQUIERDO, A., OTTO, T. y DEDOUBAT, J. J. (2006): “Climate variability in the Spanish Pyrenees during the last 30,000 yr revealed by the El Portalet sequence”, *Quaternary Research* 66(1), pp. 38-52.
- GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P., LEROY, S. A. G., CARRIÓN GARCÍA, J. S., FERNÁNDEZ JIMÉNEZ, S., GARCÍA-ANTÓN, M., GIL-GARCÍA, M. J., UZQUIANO OLLERO, P., VALERO-GARCÉS, B. y FIGUEIRAL, I. (2010): “Steppes, savannahs, forests and phytodiversity reservoirs during the Pleistocene in the Iberian Peninsula”, *Review of Palaeobotany and Palynology* 162, pp. 427-457.
- LEROY, S. A. G. (2007): “Progress in palynology of the Gelasian-Calabrian Stages in Europe: ten messages”, *Revue de Micropaléontologie* 50, pp. 293-308.
- LÓPEZ-SÁEZ, J. A., LÓPEZ GARCÍA, P. y CORTÉS-SÁNCHEZ, M. (2007): “Paleovegetación del Cuaternario reciente: Estudio arqueopalínológico”, *Cueva Bajondillo (Torremolinos). Secuencia cronocultural y paleoambiental del Cuaternario reciente en la Bahía de Málaga*, (Cortés Sánchez, M. ed.), Centro de Ediciones de la Diputación de Málaga, Junta de Andalucía, Universidad de Málaga, Fundación Cueva de Nerja y Fundación Obra Social de Unicaja, Málaga, pp. 139-156.
- LÓPEZ-SÁEZ, J. A., LÓPEZ MERINO, L. y PÉREZ DÍAZ, S. (2008): “Historia de la vegetación: una aproximación arqueopalínológica”, *El Pirulejo (Priego de Córdoba, Córdoba). Cazadores recolectores del Paleolítico superior en la sierra Subbética. Estudios en Homenaje a la profesora María Dolores Asquerino Fernández-Ridruejo*, (Cortés Sánchez, M. ed.), *Antiquitas*, Museo Histórico Municipal de Priego de Córdoba, Córdoba.

- MARTÍN-PUERTAS, C., VALERO-GARCÉS, B. L., MATA CAMPO, M. P., GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P., BAO CASAL, R., MORENO CABALLUD, A. y STEFANOVA, V. (2008): "Arid and Humid Phases in Southern Spain during the Last 4000 Years: The Zóñar Lake Record, Córdoba", *The Holocene* 18(6), pp. 907-921.
- MUÑOZ SOBRINO, C., RAMIL-REGO, P. y RODRÍGUEZ GUITIÁN, M. (1997): "Upland vegetation in the north-west Iberian peninsula after the last glaciation: forest history and deforestation dynamics", *Vegetation History and Archaeobotany* 6, pp. 215-233.
- PANTALEÓN-CANO, J., YLL AGUIRRE, E. I., PÉREZ-OBIOL, R. y ROURE NOLLA, J. M. (2003): "Palynological evidence for vegetational history in semi-arid areas of the western Mediterranean (Almería, Spain)", *The Holocene* 13(1), pp. 109-119.
- PÉREZ-OBIOL, R. y JULIÀ BRUGUÉS, R. (1994): "Climatic Change on the Iberian Peninsula Recorded in a 30,000-Yr Pollen Record from Lake Banyoles", *Quaternary Research* 41, pp. 91-98.
- PONS, A. y REILLE, M. (1988): "The Holocene and Late Pleistocene pollen record from Padul (Granada, Spain): a new study", *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 66, pp. 243-263.
- REED, M. J., STEVENSON, A. C. y JUGGINS, S. (2001): "A multi-proxy record of Holocene climatic change in southwestern Spain in the Laguna de Medina, Cádiz", *The Holocene* 11(6), pp. 707-719.
- RIERA MORA, S. (2006): "Cambios vegetales holocenos en la región mediterránea de la Península Ibérica: ensayo de síntesis", *Ecosistemas* 15(1), pp. 17-30.
- SÁNCHEZ-GOÑI, M. F., EYNAUD, F., TURON J. L. y SHACKLETON, N. J. (1999): "High resolution palynological record off the Iberian margin: direct land-sea correlation for the Last Interglacial complex", *Earth and Planetary Science Letters* 171, pp.123-137.
- SÁNCHEZ-GOÑI, M. F., TURON J. L., EYNAUD, F., SHACKLETON, N. J. y CAYRE, O. (2000): "Direct land/sea correlation of the Eemian, and its comparison with the Holocene: a high-resolution palynological record off the Iberian margin", *Geologie en Mijnbouw/Netherlands Journal of Geosciences* 79(2/3), pp. 345-354.
- SCHULTE, L., JULIÀ BRUGUÉS, R., BURJACHS CASAS, F. y HILGERS, A. (2008): "Middle Pleistocene to Holocene geochronology of the River Aguas terrace sequence (Iberian Peninsula): Fluvial response to Mediterranean environmental change", *Geomorphology* 98, pp. 13-33.
- STEVENSON, A. C. (1984): "Studies on the vegetational history of S.W. Spain. III. Palynological investigations at El Asperillo, Huelva", *Journal of Biogeography* 11, pp. 527-551.
- STEVENSON, A. C. (1985): "Studies in the vegetational history of SW Spain. II. Palynological investigations at Laguna de las Madres, Huelva", *Journal of Biogeography* 12, pp. 293-314.
- STEVENSON, A. C. y HARRISON, R. J. (1992): "Ancient forests in Spain. A model for land-use and dry forest management in S.W. Spain from 4000 BC to 1900 AD", *Proceedings of the Prehistoric Society* 58, pp. 227-247.
- TZEDAKIS, P. C. y BENNETT, K. D. (1995): "Interglacial vegetation succession: a view from Southern Europe", *Quaternary Science Reviews* 14, pp. 967-982.
- VALERO-GARCÉS, B. L., GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P., NAVAS IZQUIERDO, A., MACHÍN GAYARRE, J., MATA CAMPO, M. P., DELGADO-HUERTAS, A., BAO CASAL, R., MORENO CABALLUD, A., CARRIÓN GARCÍA, J. S., SCHWALB, A. y GONZÁLEZ-BARRIOS, A. (2006): "Human impact since medieval times and recent ecological restoration in a Mediterranean Lake: The Laguna Zóñar, Southern Spain", *Journal of Paleolimnology* 35(3), pp. 441-465.
- VALLE HERNÁNDEZ, M., RIVAS-CARBALLO, M. R., LUCINI, M., ORTIZ MENÉNDEZ, J. E. y TORRES PÉREZ-HIDALGO, T. (2003): "Interpretación paleoecológica y paleoclimática del tramo superior de la Turbera de Padul (Granada, España)", *Polen* 13, pp. 85-95.
- VAN DER KNAAP, W. O. y 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, pp. 239-285.
- YLL AGUIRRE, E. I., ROURE NOLLA, J. M., PANTALEÓN-CANO, J. y PÉREZ-OBIOL, R. (1994): "Análisis polínico de una secuencia holocénica en Roquetas de Mar (Almería)", *Trabajos de Palinología básica y aplicada. X Simposio de Palinología (A.P.L.E.)*, (Mateu Andrés, I., Dupré Olivier, M., Güemes Heras, J. y Burgaz, M. E., eds.), Universidad de Valencia, Valencia, pp.189-198.
- YLL AGUIRRE, E. I., ZAZO CARDEÑA, C., GOY GOY, J. L., PÉREZ-OBIOL, R., PANTALEÓN-CANO, J., CIVIS LLOVERA, J., DABRIO GONZÁLEZ, C., GONZÁLEZ, A., BORJA, F., SOLER JAVALOYES, V., LARIO GÓMEZ, J., LUQUE, L., SIERRA SÁNCHEZ, F., GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, F. M., LEZINE, A. M., DENÉFLE, M. y ROURE NOLLA, J. M. (2003): "Quaternary palaeoenvironmental changes in South Spain", *Quaternary climatic changes and environmental crises in the Mediterranean Region*, (Ruiz-Zapata, M. B., Dorado Valiño, M., Valdeolmillos Rodríguez, A., Gil-García, M. J., Bardají Azcárate, T., de Bustamante Gutiérrez, I. y Martínez Mendizábal I., eds.) Universidad de Alcalá de Henares, Alcalá de Henares, pp. 201-213.

UPPER PLEISTOCENE AND HOLOCENE VEGETATION CHANGES IN THE ANDALUSIAN REGION

Elena Fierro Enrique^{1/2}, Manuel Munuera Giner³, Santiago Fernández Jiménez¹, Alfonso Arribas Herrera², and José Sebastián Carrión García¹

Abstract

This paper reviews some aspects of the Upper Pleistocene and Holocene vegetation change in Andalusia from pollen data, focusing on interglacial periods and late glacial developments of angiosperm forests. Together with climatic and anthropic influences, the importance of historical factors, biotic interactions, and stochastic processes in the current landscape configuration are emphasized. Different regions of Andalusia are closely examined in order to identify which areas could have acted as glacial refugia of woody plant species as well as to establish the impact due to human activities from Mid-Holocene onwards.

Keywords: Palaeoecology, Palynology, Historical Biogeography, Quaternary, Andalusia.

INTRODUCTION

Despite a historical deficit in the gathering of palaeoecological information, and more specifically palaeobotanical, for the region of Andalusia (Spain), this situation has been improving in recent years. This study arises from the need to compile all this information in a critical way, to place it in a biochronological context, and to open perspectives for future research.

Andalusia represents not only the southernmost end of the Iberian Peninsula, but more importantly the south-western end of Eurasia, thereby constituting a region which is both transitional between two continents and, metaphorically, the end of the line in biogeographical and evolutionary terms. The implications of this particular spatial situation are multiple and, among them, it bears highlighting a peculiar response of the vegetation to climatic changes. Quaternary palynology enquires into this phenomenon using as a temporal frame of reference covering the last 2.5 million years. Unfortunately, the pollen record, and therefore the flora and vegetation, is concentrated in the last millennia of the Holocene. Nevertheless, fragmentary and highly significant data for the glacial phase of the Andalusian Pleistocene are available. Thus, there is evidence of a highly diverse floristic contingent, the survival of species during the glacial phases, and a dynamic post-glacial period unique in the context of the Iberian Peninsula and the rest of the continent.

PLANT DYNAMICS DURING THE LAST INTERGLACIAL PERIOD

During the Last Interglacial Period, temperature increases, together with decreased aridity translates as a vigorous development of tree vegetation with respect to the preceding period. Thus, in general terms, the steppe formations with pines, inherited from the Rissian phases, were ultimately replaced by mixed woodlands of oaks accompanied by an

understory of shrubs floristically not very different from the current Mediterranean undergrowth, but among which there would also presumably have been some deciduous trees. However, the herbaceous groundcover would have been composed mainly of xerophilous species, while conifers such as *Pinus*, *Abies*, *Cedrus*, *Juniperus*, or *Taxus* would have persisted.

At present, not enough pollen sequences are available to cover the Last Interglacial in Andalusia from which to infer the processes responsible for these changes in vegetation, or to reconstruct the climatic fluctuations during this period (González-Sampérez *et al.*, 2010). Among the few sequences available (Fig. 1), that of the Padul peat bog (Fig. 2) deserves special attention (Florschütz *et al.*, 1971; Pons and Reille, 1988; Valle Hernández *et al.*, 2003), being the sequence that provides the most information for this period, together with Carihuela Cave (Carrión García, 1990, 1992; Carrión García *et al.*, 1998; Fernández Jiménez *et al.*, 2007) [Fig. 3] not far away and also in the province of Granada. This latter site presents a temporal sequence beginning around 117,000 years BP, according to dating by Th/U (Carrión García *et al.*, 1998). In both sequences (Fig. 4), the Last Interglacial is characterized by the dominance of *Quercus* and *Olea* formations (Carrión García *et al.*, 2000; Fernández Jiménez *et al.*, 2007; González-Sampérez *et al.*, 2010) together with Ericaceae. Gymnosperms were also frequent (*Pinus* and *Juniperus*) as well as a diversity of mesophytes such as *Alnus*, *Betula*, *Corylus*, *Ulmus*, *Fraxinus*, and *Buxus*, although the latter genus also appears in a scattered way in Padul, where, in contrast with Carihuela, pollen from *Vitis* and *Acer* is detected together with pollen from certain other conifers (*Abies*, *Cedrus*, and *Taxus*).

It is worth emphasizing the strong fluctuations in tree pollen, which could have resulted from the response of the vegetation to complex and continuous climatic changes or, more likely, processes of intrinsic and stochastic competition

¹ Departamento de Biología Vegetal. Facultad de Biología. Universidad de Murcia. [elena.fierro@um.es]; [santiago@um.es]; [carrion@um.es]
² Museo Geominero. Departamento de Infraestructura Geocientífica y Servicios. Instituto Geológico y Minero de España. [e.fierro@igme.es]; [a.arribas@igme.es]

³ Departamento de Ciencia y Tecnología Agraria. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica. Universidad Politécnica de Cartagena. [Manuel.Munuera@upct.es]

Received: 07/04/2011; Accepted: 18/05/2011

together with historical conditions (where glacial refuges are found, the size of the populations harboured there, etc.) in addition to climatic factors that, as a whole, promote changes in the abundance and distribution of taxa.

Other sequences that contain information for the Last Interglacial include Bajondillo Cave (López-Sáez *et al.*, 2007; Cortés-Sánchez *et al.*, 2008) in the municipality of Torremolinos (Málaga), and Alfaix (Schulte *et al.*, 2008) in the lower basin of the river Aguas (Almería). In Bajondillo Cave, the base levels 18 and 19 (Fig. 5) are presumably attributable (as no chronological dating is available) to the isotopic stage 5. Over this period, a mosaic pattern of vegetation developed similar to that around Carihuela Cave and Padul, with a predominance of *Quercus* and *Olea/Phillyrea*, *Pistacia*, *Myrtus*, and *Rhamnus* together with conifers (again *Pinus* and *Juniperus*) as well as deciduous woodlands (*Alnus*, *Betula*, *Corylus*, *Fraxinus*, *Salix*, *Ulmus*, and *Juglans*). In addition, Ibero-African elements are detected, such as *Withania*.

The pollen sequence found in the travertines of Alfaix indicates two clearly differentiated stages during the Last Interglacial. The first of these, corresponding to the pollen zone A1b (Fig. 6), reflects vegetation with low percentages of tree pollen, pine being the main element accompanied by high percentages of grasses. This phase could correspond to the beginning of the Upper Pleistocene—more specifically, a period of transition from a cold substage to a warmer one. According to the authors of the palynological study, an acceptable correlation could be focused on substage OIS 5d (Burjachs Casas, forthcoming). This is followed by a phase (pollen zone A2) in which the tree component substantially increases, highlighting as in all the previous sequences the high percentages of *Quercus* and *Olea*. These are accompanied by a group of typically Mediterranean taxa (*Myrtus*, Cistaceae, *Erica*, and Thymelaeaceae). High percentages of *Olea* have also been found at other points of the Mediterranean, where this taxon reaches higher values than during the Holocene (Carrión García *et al.*, 2000).

Outside Andalusia, other pollen sequences are also found to predominate in a mixed forest composed mainly of oaks together with deciduous trees and thermophilous taxa. Thus, for example, the high-resolution study of the marine core MD95-2042 (Sánchez-Goñi *et al.*, 1999, 2000) from the south-western coast of Portugal

reveals the development of a *Quercus* forest during the Eemian, parallel with such Mediterranean taxa as Ericaceae, *Olea*, and *Pistacia*. Together with these are records of tree taxa such as *Fraxinus*, *Alnus*, *Salix*, and *Carpinus*, this latter genus, for its high percentages, is considered biochronologically characteristic of the Last Interglacial in Europe (Tzedakis and Bennett, 1995).

VEGETATION RESPONSES TO CLIMATIC CHANGES TRIGGERED BY ORBITAL SHIFTS DURING THE PLEISTOCENE

The climate during the Pleistocene underwent marked changes leading to periodic alternations of glacial and interglacial phases triggered by astronomical phenomena recurring on a millennial scale. Such cyclic variations in the earth's orbit occur about every 100,000-125,000 years. This mechanism involves changes in the seasonal distribution of insolation reaching the earth while other factors that imply changes in oceanic circulation and the albedo of the earth magnify the consequences of the former.

During most of the Pleistocene, large expanses of northern Europe were covered with ice as well as the great mountain chains of the centre and south of the continent, at the same time as the aridity of southern Europe notably increased. These glacial phases, lasting roughly 100,000 years, were interrupted by shorter intervals lasting 10,000 to 20,000 years of warm, moist interglacial climate (Comes and Kadereit, 1998). In the phase with this glacial-interglacial dynamic, profound changes have been recorded in the distribution and composition of the vegetation. Pollen sequences such as those found in marine core Andalusia G1 (Freddi *et al.*, 2011) which was recovered from the Alborán Sea a few km from the Malaga coast evidenced extensive development of steppes with the recession of thermophilous formations during the Pliocene-Pleistocene transition. This dynamic appears to have dominated in Andalusia with the arrival of each new glacial phase. Thus, at the onset of arid conditions, many plant populations disappeared in such a way that some species approached extinction while others managed to maintain populations in reduced areas under more amenable microclimates and persisted until the arrival of a new interglacial phase. On the contrary, these harsh climatic conditions would encourage the spread of herbaceous xerophytes and heliophytes such as

Artemisia, *Ephedra*, *Calligonum*, Poaceae, Chenopodiaceae, Asteraceae, Lamiaceae, *Lygeum*, Amaranthaceae, and Aizoaceae.

During the interglacials, the remnants of forests surviving the previous glaciation would serve as a starting point for the colonization of the surrounding territory. In this way, new taxa would expand, as in the case of *Quercus*, *Olea*, *Fraxinus*, *Pistacia*, *Alnus*, *Corylus*, or Cistaceae. Some zones underwent the alternating development of angiosperm and gymnosperm forests (Carrión García *et al.*, 2000).

Thus, the climatic fluctuations caused by orbit change during the Pleistocene forced vegetation responses of great magnitude. Of course, the time spans of plant survival are far shorter than those of orbital phenomena, leading to a profound impact on populations and individuals (Bennett, 1997).

GLACIAL REFUGIA OF WOODY THERMOPHILOUS VEGETATION

There is ample palynological evidence that many areas of Andalusia acted as glacial refugia for a multitude of tree and shrub species. Records that support this view are found at Carihuela Cave (Carrión García *et al.*, 1998), Padul (Pons and Reille, 1988), Las Ventanas Cave (Carrión García *et al.*, 2001a), Siles (Carrión García, 2002), El Asperillo (Stevenson, 1984), Mari López (YL Aguirre *et al.*, 2003), Bajondillo Cave (López-Sáez *et al.*, 2007; Cortés-Sánchez *et al.*, 2008), San Rafael (Pantaleón-Cano *et al.*, 2003), MD95-2043 (Fletcher and Sánchez-Goñi, 2008), and Gorham's Cave (Carrión García *et al.*, 2008). In Carihuela Cave and Padul, the almost continual presence of *Pinus* over the entire course of the last glaciation as well as the more or less persistent presence of taxa such as *Quercus* and, also in the case of Padul, *Juniperus*, *Betula*, *Alnus*, *Salix* and Ericaceae, together with the appearance and progressive spread of other thermophilous taxa at the beginning of the Holocene, suggest the presence of nearby glacial refugia.

The pollen analysis of hyena coprolites from Las Ventana Cave, only 500 m from Carihuela Cave, even more firmly supports the idea that the interior valleys of the Sierra Nevada range must have acted as a reservoir of phytodiversity during the last glaciation. Presumably late glacial (c. 12780 years cal BP), the palynological results from Las Ventanas Cave reveal the presence of *Pinus*, *Juniperus*, *Abies*, *Quercus*, *Betula*, *Corylus*, *Alnus*, *Acer*, *Taxus*, *Myrtus*, *Buxus*, *Sorbus*, *Olea*, *Erica arborea*,

Pistacia, *Ephedra fragilis*, *Viburnum*, *Sambucus*, Genisteae, Thymelaeaceae, *Cistus*, and *Rhamnus*.

The record from Laguna de Siles (Fig. 7), in Sierra de Segura, indicates more clearly the presence from 20,300 to 11,900 years cal BP, the occurrence of *Pinus pinaster*, *Juniperus*, *Acer*, *Taxus*, *Arbutus*, *Buxus*, *Ulmus*, *Salix*, *Corylus*, *Betula*, *Fraxinus*, *Quercus*, Ericaceae, *Rhamnus*, *Pistacia*, *Phillyrea*, *Cistus*, and *Olea*. These data corroborate particularly the presence of large enclaves refuged in the interior valleys of the Betic Cordillera. These refugia would have provided high topographical variability at the same time as enabling the vertical migration of tree and shrub populations in response to climatic pulses.

Together with mountain valleys, the Andalusian coast played a fundamental role in preserving thermophilous vegetation throughout the Pleistocene. The coastal zones would have been characterized by certain moisture to combat the dominant aridity in other areas, presenting less extreme temperatures. Thus, on the coast of the province of Huelva, El Asperillo supports the idea of glacial refuges for oaks and deciduous trees in addition to stone pine and Mediterranean littoral vegetation at the end of the late Pleistocene (Stevenson, 1984) (Fig. 8) and the core taken in Lucio de Mari López supports the same idea in the marshland of the Guadalquivir. This latter investigation upholds the previous dating to 47,000 years BP, possibly in the pleniglacial phase, of *Pinus*, *Juniperus*, *Alnus*, *Olea*, and *Quercus* (Yll Aguirre *et al.*, 2003) (Fig. 9).

On the Malaga coast, the sequence from Bajondillo Cave (Fig. 5), around the Last Glacial Maximum, indicates the presence of *Abies*, *Cedrus*, *Pinus*, *Juniperus*, *Alnus*, *Betula*, *Corylus*, *Fraxinus*, *Salix*, *Ilex*, *Quercus*, and even such thermophilous taxa as *Cistus ladanifer*, *Erica*, and *Withania frutescens*. Another littoral sequence, San Rafael, on the southern coast of Almería, provides evidence during the Upper Pleniglacial (c. 20,058 years cal BP) of *Pinus*, *Corylus*, *Quercus*, *Olea*, and *Pistacia* populations (Fig. 10). Near San Rafael, in the central zone of the Alborán Sea, the marine core MD95-2043 shows continuous curves of *Quercus*, *Pinus*, *Cedrus*, Ericaceae, and *Juniperus* from 45,000 years BP until the beginning of the Holocene, and records the presence at certain points of *Olea* and *Pistacia*.

Coprolites of canids and, to a lesser extent of hyenids, from Gorham's Cave (Gibraltar)

have revealed the presence of a large reserve of phytodiversity in the extreme south of the Iberian Peninsula during the Upper Pleistocene, which would have harboured deciduous trees (*Corylus*, *Alnus*, *Betula*, *Castanea*, *Ulmus*, *Fraxinus*, *Acer*, and *Salix*) as well as species of the Mediterranean woodland (*Pinus*, *Quercus*, *Arbutus*, *Olea*, *Phillyrea*, *Viburnum*, and *Rhamnus*) together with xerothermophilous shrubs (*Maytenus*, *Myrtus*, and *Calicotome*) (Carrión García *et al.*, 2008, forthcoming) (Fig. 11).

Despite all this information, it should be borne in mind that the data available at present on glacial refugia underestimate these, partly because the research performed has been very limited, but also because the isolated populations tend to be invisible in the palynological record (Carrión García *et al.*, 2008). Furthermore, pollen productivity of the trees may have diminished from unfavourable climatic conditions (Leroy, 2007).

Non-palynological evidence that strengthens the contention of glacial refugia existing in Andalusia includes the persistence in this region of a considerable number of relict species of subtropical origin, i.e. species that would have survived all the climatic fluctuations from the Tertiary to the Quaternary. These species include the bay laurel (*Laurus nobilis*), the pontic rhododendron (*Rhododendron ponticum*) or the alder buckhorn (*Frangula alnus*). Other evidence from phylogeographic studies, based on chloroplast DNA and alloenzymes, predict greater genetic diversity for the present-day populations located in glacial refuge zones.

Other evidence, coming from phylogeographic studies based on chloroplast DNA and alloenzymes, predicts greater genetic diversity for current populations localized in areas of glacial refugia. During the recolonization following the end of the glacial, a loss of alleles is expected, with a subsequent loss in genetic diversity in the new populations as the distance from the original population lengthens, due to bottlenecks and founder effects.

CHANGES IN VEGETATION DURING THE LAST DEGLACIATION AND COLONIZATION PROCESSES DURING THE HOLOCENE

In relation to the rest of the Iberian Peninsula, Andalusian sequences reflect a clearly late glacial anticipation of the

vegetation change that occurred with the arrival of the Holocene. In Carihuela Cave (Piñar, province of Granada), Bajondillo Cave (Torremolinos, province of Málaga), El Pirulejo (Priego de Córdoba, province of Córdoba), and in the marine core of Alborán MD95-2043 (Carrión García *et al.*, 1998; López-Sáez *et al.*, 2007, 2008; Cortés-Sánchez *et al.*, 2008; Fletcher and Sánchez-Goñi, 2008), this takes place at around 15,000 years BP; in Siles (Sierra de Segura, province of Jaén; Carrión García, 2002) at 12,100 years BP; and finally in Padul (Valle de Lecrín, province of Granada; Pons and Reille, 1988) at 13,000 years BP. Thus, for example, in the sequence of Charco da Candieira (van der Knaap and van Leeuwen, 1997) of the Portuguese Serra da Estrela, similar change patterns were not detected until roughly 10,000 years BP. In the western sector of the Sierra de Ancares, the sequence from Lugo Pozo do Carballal (Muñoz Sobrino *et al.*, 1997) appears to share a chronology similar to that of the Charco da Candieira, where not until 10,300 years BP did the oak begin a notable expansion. In the north-east of the Iberian Peninsula, in Girona, the littoral sequence of Banyoles (Pérez-Obiol and Julià Brugués, 1994) shows significant change patterns in the vegetation around 11,500 years cal BP and of Portalet, in the Huescan Pyrenees (González-Sámperiz *et al.*, 2006), around 10,500 years BP. In general terms, this change in vegetation consists fundamentally of the replacement of pines by a forest dominated by angiosperms, primarily oaks and to a lesser extent mesophytes such as *Betula*, *Corylus*, *Ulmus*, *Alnus*, *Fraxinus*, and *Fagus*.

In the Andalusian sequences, it bears emphasising that during the first stages of the replacement, evergreen oaks predominated over deciduous ones (Siles, Padul, Bajondillo Cave, and San Rafael) in contrast to the situation in the north-eastern Iberian Peninsula, where the opposite took place. However, there are numerous exceptions to this general pattern, as noted in littoral sequences of the province of Huelva, where *Pinus* is the main taxon during practically the entire Holocene record. This happened in El Asperillo (Stevenson, 1984) and El Acebrón (Stevenson and Harrison, 1992). At times, percentages resemble those of *Quercus* (Carrión García *et al.*, 2000) as occurs at Laguna de las Madres (Stevenson, 1985; Yll Aguirre *et al.*, 2003) and at Lucio de Mari-López (Yll Aguirre *et al.*, 2003). A continuous predominance of the pine in the forest vegetation of the Late Glacial and the Holocene is reflected also in the sequences of Siles (Carrión García, 2002) and Cañada de la Cruz

(Carrión García *et al.*, 2001b) in the province of Jaén.

In other sequences of eastern Andalusia the difference involves the chronology with which the genus *Quercus* surpasses the pollen percentages of *Pinus*, this not occurring until well into the Holocene, as in the sequence of Cañada del Gitano, en la Sierra de Baza (Carrión García *et al.*, 2007), where this happens around 2560 years cal BP or in the Sierra de Gádor (Carrión García *et al.*, 2003), where pine forests are replaced by woodlands dominated by *Quercus* about 6060 years cal BP.

This durability of the pine forests in some zones of Andalusia undoubtedly determined by their distribution throughout the Upper Pleistocene, can be explained on the basis of the high resilience of these plant formations against perturbations. This trait would lead to great elasticity against destabilizing agents, undergoing notable changes only on exceeding a certain threshold value. On the other hand, certain pedological and topographical conditions would have favoured them in competition against *Quercus* and other angiosperms, in the same way as fire appears to have encouraged the progression of *Quercus* and Mediterranean maquis in some sectors of the Betic system (Carrión García, 2003; Riera Mora, 2006).

All this signifies that climate is not the only factor, and often is not the most determinant one to intervene in vegetation dynamics. The numerous fluctuations in the pollen curves of taxa such as *Pinus* and *Quercus* in most diagrams for the Andalusian Holocene could be accounted for by these other factors. Among these, as mentioned above, are local pedological and physiographic conditions, phenomena of interspecific competition, as well as the rate and frequency of fires. The biological history of the groups involved also appear to have played a fundamental role in the response of the plants as well as their dispersion capacity, migration speed, and other biotic interactions, including anthropic activity.

ANTHROPOGENIC VEGETATION AND HISTORICAL DETERMINANTS OF THE PRESENT-DAY VEGETAL LANDSCAPE

There is no doubt that humans have acted on natural ecosystems, altering the vegetal landscape both intentionally as well as unintentionally since prehistory. However, mainly during the second half of

the Holocene, since the late 19th century (after the Industrial Revolution) this influence has reached overwhelming proportions. In any case, it is not easy to quantify the role of anthropic activity in the plant response to other ecological or climatic factors, as some of these act over others and often share causes and effects. Nevertheless, some features of the pollen diagrams provide information concerning human activities. Thus, the presence or expansion of certain taxa can be used as indicators of the spread of field crops (*Plantago*, *Cerealia*, *Papaver*, *Centaurea aspera*, *Puccinia*), vine and tree cultivation (*Vitis*, *Olea*, *Juglans*, *Castanea*), or grazing and nitrification (*Polygonum aviculare*, *Riccia*, *Sordariaceae*, *Rumex*). It is also common for anthropogenic episodes to be accompanied by exponential increases in the variation rate in the pollen samples as well as in the concentration of microcharcoal in the sediment studied.

After the Holocene Climatic Optimum (7500-5000 years cal BP) the climate became more arid (Yll Aguirre *et al.*, 1994; Burjachs Casas *et al.*, 1997; Pantaleón-Cano *et al.*, 2003), which, together with the impact of human societies, gave rise to a progressively more arid landscape. This process has remained very patent in sequences such as the Sierra de Baza (Carrión García *et al.*, 2007) and Sierra de Gádor (Carrión García *et al.*, 2003), where human activity appears to be connected to the main changes in vegetation, acting as a first-order control. In both sequences, the Argaric culture (c. 4.400-3.500 years cal BP) appears to have exerted a strong impact on the vegetation, causing a notable decline of the tree cover and an abrupt change in the plant communities, which became dominated by xerophytes for their better adaptation to herbivory pressure, fire, and dry-season stress (Figs. 12, 13, and 14). Just as important was the transformation in the landscape at the end of the Argaric culture, when the so-called "Argaric collapse" occurred, perhaps driven by environmental factors (Carrión García *et al.*, 2007).

Another key episode for the change in the sequence of the Sierra de Gádor took place during the Roman Empire. At this time, grazing had become more intense, reflected in the increased presence of taxa such as *Sordariaceae*, *Riccia*, and *Polygonum aviculare* together with the spreading of the spiny thicket (*Genistea*, *Periploca*, *Berberis*, *Ononis*, *Calicotome*), in addition to an intensification of fire virulence (perceived as a denser microcharcoal concentration). The first appearance of *Vitis* and the higher pollen percentages of *Castanea* and

Cupressaceae provide clues as to the activities of vine and tree cultivation.

In Cañada del Gitano, another major transformation of the vegetation is detectable at around 2560 years cal BP, coinciding with the expansion of the Iberian culture in nearby valleys at lower altitudes. During this phase, pronounced deforestation can be appreciated and the first indicators of the spread of agriculture (*Vitis*, *Puccinia*) at a time when grazing activities intensified and the thorny scrubs expanded. The sequence of Laguna de Siles (Carrión García, 2002) also points to human activity as the main perturbation for the vegetation, responsible for the changes in the dominant species, the decline in phytodiversity, and for forest regression during the last 2500 years in conjunction with a climate becoming steadily more arid (Fig. 15). However, the abrupt changes in vegetation noted in the pollen sequences of the Holocene are not always attributable to anthropogenic disturbance. A good example is the sequence of Cañada de la Cruz (Carrión García *et al.*, 2001b), where no indices of agriculture or grazing appear until after 690 years cal BP, whereas abrupt fluctuations in the pollen curves are noted at 8500, 3600, 2750, 1400, and 690 years cal BP without these being attributable to discontinuities in the sedimentation (Fig. 16). In this case, the hypothesis of climatic control acquires greater strength. Given the location of the Cañada de la Cruz, at 1,595 m in altitude, in the forest ecotone of the Sierra de Segura, sharp climatic fluctuations would not be necessary to cause vegetation changes.

Though grazing appears to have been widespread during the second half of the Holocene in the Andalusian sierras of the eastern sector, the low areas of western and central Andalusia saw a sharp jump in agricultural activities. In the record of Laguna de Medina, Jerez de la Frontera (province of Cadiz), Reed *et al.* (2001) conjecture on the presence of agricultural activities since the Neolithic and during the Copper Age, supporting this argument by the presence of ruderal plants such as *Rumex* or *Plantago* from the bottom of the sequence (Fig. 17). However, not until nearly 1000 years cal BP did human activity intensify, becoming responsible for the extension of the Holm oak forest at the expense of the cork oak woodlands. The influence of the Roman Empire appears in this sequence by expanding the distribution of *Olea* at around 2000 years cal BP. Other sequences, such as that of Laguna de Zóñar (province of Cordoba) located in the Guadalquivir Depression (Valero-Garcés *et al.*, 2006; Martín-

Puertas *et al.*, 2008) suggests that olive cultivation could have been local among the Iberians prior to Roman occupation (González-Sampérez, forthcoming).

It bears mentioning, finally, that the palynological record of La Junta (Fuentes Molina *et al.*, 2006), in the district of Andévalo (province of Huelva) gave rise to a generic idea of the impact on the vegetation that must have been exerted by copper metallurgy of the 4th to the 3rd millennium before the present, causing serious deforestation of the territory.

The palynological data, combined with the study of the historiographic sources and the archaeological evidence, indicate the numerous transformations that the Andalusian vegetal landscape underwent in the recent Holocene and point to a general decline in the tree cover and towards the populational extinction of mesophytes in some territories. However, there are major geographic dissimilarities in terms of the onset of this process and with respect to its intensity as well as the dynamics of the vegetation detected. All this was brought about partially by the spatial heterogeneity of human impact on the vegetation but also by the immense variety of climates, substrates, and types of relief offered by the region.

ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank Fátima Valle Barea for her inestimable help in preparing the graphic material of this study. Penélope González-Sampérez kindly provided the unpublished diagram of the Laguna de Zóñar, complete with additional levels with respect to those published in Valero-Garcés *et al.* (2006). This work forms part of a series financed by the projects Paleoflora Ibérica I and Paleoflora Ibérica II (IBERVELD) of the Ministerio de Ciencia e Innovación, as well as ECOCHANCE of the Fundación Séneca, Agencia Regional de Ciencia y Tecnología y Proyecto PEPLAN, of the regional government of Murcia (Spain).

BIBLIOGRAPHY

- BURJACHS CASAS, F. (forthcoming): "Alfaix", *Cinco millones de años de Historia Vegetal en la Península Ibérica e Islas Baleares*, (Carrión García, J. S., coord.), Fundación Séneca, Agencia de Ciencia y Tecnología de la Región de Murcia, Murcia.
- BURJACHS CASAS, F., GIRALT ROMEU, S., ROCA, J. R., SERET, G. and JULIÀ BRUGUÉS, R. (1997): "Palinología holocénica y desertización en el mediterráneo occidental", *El paisaje mediterráneo a través del espacio y el tiempo: implicaciones en la desertificación*, (Ibáñez Estévez, J. J., Valero Garcés, B. and Machado C. coords.), Geoforma ediciones, Logroño.
- BENNETT, K. D. (1997): *Evolution and ecology: the pace of life*, Cambridge University Press, Cambridge.
- CARRIÓN GARCÍA, J. S. (1990): *Evolución paleoambiental durante el Pleistoceno Superior en el sureste de España. Las secuencias polínicas de las Cuevas de la Carihuela (Granada) y Beneito (Alicante)*, Tesis Doctoral, Universidad de Murcia.
- CARRIÓN GARCÍA, J. S. (1992): "Late Quaternary pollen sequence from Carihuela Cave, Southern Spain", *Review of Palaeobotany and Palynology* 71, pp. 37-77.
- CARRIÓN GARCÍA, J. S. (2002): "Patterns and processes of Late Quaternary environmental change in a montane region of southwestern Europe", *Quaternary Science Reviews* 21, pp. 2047-2066.
- CARRIÓN GARCÍA, J. S. (2003): "Sobresaltos en el bosque mediterráneo: incidencia de las perturbaciones observables a escala paleoecológica", *Ecosistemas* 12(3), URL: <http://www.aeet.org/ecosistemas/033/revision1.htm>
- CARRIÓN GARCÍA, J. S., MUNUERA GINER M. and NAVARRO CAMACHO, C. (1998): "Palaeoenvironmental reconstructions of cave sediments on the basis palynology: an example from Carihuela Cave (Granada)", *Review of Palaeobotany and Palynology* 99, pp. 17-31.
- CARRIÓN GARCÍA, J. S., MUNUERA GINER, M., NAVARRO CAMACHO, C. and SAÉZ SOTO F. (2000): "Paleoclimas e historia de la vegetación cuaternaria en España a través del análisis polínico. Viejas falacias y nuevos paradigmas", *Complutum* 11, pp. 115-142.
- CARRIÓN GARCÍA, J. S., RIQUELME CANTAL, J. A., NAVARRO CAMACHO, C. and MUNUERA GINER, M. (2001a): "Pollen in hyaena coprolites reflects late glacial landscape in southern Spain", *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 176, pp. 193-205.
- CARRIÓN GARCÍA, J. S., MUNUERA GINER, M., DUPRÉ OLIVIER, M. and ANDRADE OLALLA, A. (2001b): "Abrupt vegetation changes in the Segura Mountains of southern Spain throughout the Holocene", *Journal of Ecology* 89, pp. 783-797.
- CARRIÓN GARCÍA, J. S., SÁNCHEZ-GÓMEZ, P., MOTA POVEDA, J. and CHAÍN NAVARRO, C. (2003): "Fire and grazing are contingent on the Holocene vegetation dynamics of Sierra de Gádor, southern Spain", *The Holocene* 13, pp. 839-849.
- CARRIÓN GARCÍA, J. S., FUENTES MOLINA, N., GONZÁLEZ-SAMPÉREZ, P., SÁNCHEZ QUIRANTE, L., FINLAYSON, J. C., FERNÁNDEZ JIMÉNEZ, S. and ANDRADE OLALLA, A. (2007): "Holocene environmental change in a montane region of southern Europe with a long history of human settlement", *Quaternary Science Reviews* 26, pp. 1455-1475.
- CARRIÓN GARCÍA, J. S., FYNLAYSON, C., FERNÁNDEZ JIMÉNEZ, S., FYNLAYSON, G., ALLUÉ MARTÍ, E., LÓPEZ-SÁEZ, J. A., LÓPEZ-GARCÍA, P., GIL-ROMERA, G., BAILEY, G. and GONZÁLEZ-SAMPÉREZ, P. (2008): "A coastal reservoir of biodiversity for Upper Pleistocene human populations: palaeoecological investigations in Gorham's Cave (Gibraltar) in the context of the Iberian Peninsula", *Quaternary Science Reviews* 27, pp. 2118-2135.
- CARRIÓN GARCÍA, J. S., ALLUÉ MARTÍ, E., LÓPEZ-SÁEZ, J. A., FIERRO ENRIQUE, E., FERNÁNDEZ JIMÉNEZ, S., GONZÁLEZ-SAMPÉREZ, P., LÓPEZ-GARCÍA, P., MATOS ASTORGANO, M., RIQUELME CANTAL, J. A., FYNLAYSON, G. and FYNLAYSON, C. (forthcoming): "The vegetation surrounding Gorham's Cave in the Middle and Upper Palaeolithic: fósil plant evidences for a biological", *Where the Neanderthals live – a study of Neandertal and Modern Human behavioural ecology in a glacial refugium (Gorham's Cave, Gibraltar)*, (Finlayson, C., Rodríguez-Vidal, J., Giles Pacheco, F., Stringer, C. y Carrión García, J. S. eds.), Oxbow books, Oxford.
- COMES, H. P. and KADEREIT, J. W. (1998): "The effect of Quaternary climatic changes on plant distribution and evolution", *Trends in plant science* 3, pp. 432-438.
- CORTÉS-SÁNCHEZ, M., MORALES-MUÑIZ, A., SIMÓN-VALLEJO, M. D., BERGADÀ-ZAPATA, M. M., DELGADO-HUERTAS, A., LÓPEZ-GARCÍA, P., LÓPEZ-SÁEZ, J. A., LOZANO-FRANCISCO, M. C., RIQUELME-CANTAL, J. A., ROSELLÓ-IZQUIERDO, E., SÁNCHEZ-MARCO, A. and VERA-PELÁEZ, J. L. (2008): "Palaeoenvironmental and cultural dynamics of the coast of Málaga (Andalusia, Spain) during the Upper Pleistocene and early Holocene", *Quaternary Science Reviews* 27, pp. 2176-2193.
- FEDDI, N., FAUQUETTE, S. and SUC, J. P. (2011): "Histoire plio-pléistocène des écosystèmes végétaux de Méditerranée sud-occidentale: apport de l'analyse pollinique de deux sondages en mer

- d'Alboran", *Geobios* 44, pp. 57-69.
- FERNÁNDEZ JIMÉNEZ, S. (2005): *La vegetación del Cuaternario reciente en el sureste español. Nuevos datos palinológicos y discusión en el contexto de la Iberia Mediterránea*, Tesis Doctoral, Universidad de Murcia.
- FERNÁNDEZ JIMÉNEZ, S., FUENTES MOLINA, N., CARRIÓN GARCÍA, J. S., GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P., MONTOYA ROMO, E., GIL ROMERA, G., VEGA-TOSCANO, G. and RIQUELME CANTAL, J. A. (2007): "The Holocene and Late Pleistocene pollen sequence of Carihuela Cave, southern Spain", *Geobios* 40, pp. 75-90.
- FLETCHER, W. J. and SÁNCHEZ-GOÑI, M. F. (2008): "Orbital-and-sub-orbital-scale climate impacts on vegetation of the western Mediterranean basin over the last 48,000 yr", *Quaternary Research* 70, pp. 451-464.
- FLORSCHÜTZ, F., MENÉNDEZ-AMOR, J. and WIJMSTRA, T. A. (1971): "Palynology of a thick Quaternary succession in southern Spain", *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 10, pp. 233-264.
- FUENTES MOLINA, N., CARRIÓN GARCÍA, J. S., FERNÁNDEZ JIMÉNEZ, S., GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P., NOCETE CALVO, F. and LIZCANO PRESTEL, R. (2006): "Análisis polínico del yacimiento arqueológico de La Junta (Puebla de Guzmán, Huelva)", *Anales de Biología* 28, pp. 73-83.
- GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P. (forthcoming): "La laguna de Zóñar", *Cinco millones de años de Historia Vegetal en la Península Ibérica e Islas Baleares*, [Carrion García, J. S., coord.], Fundación Séneca, Agencia Regional de Ciencia y Tecnología de la Región de Murcia, Murcia.
- GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P., VALERO-GARCÉS, B. L., MORENO CABALLUD, A., JALUT, G., GARCÍA-RUIZ, J. M., MARTÍ-BONO, C., DELGADO-HUERTAS, A., NAVAS IZQUIERDO, A., OTTO, T. and DEDOUBAT, J. J. (2006): "Climate variability in the Spanish Pyrenees during the last 30,000 yr revealed by the El Portalet sequence", *Quaternary Research* 66(1), pp. 38-52.
- GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P., LEROY, S. A. G., CARRIÓN GARCÍA, J. S., FERNÁNDEZ JIMÉNEZ, S., GARCÍA-ANTÓN, M., GIL-GARCÍA, M. J., UZQUIANO OLLERO, P., VALERO-GARCÉS, B. and FIGUEIRAL, I. (2010): "Steppes, savannahs, forests and phytodiversity reservoirs during the Pleistocene in the Iberian Peninsula", *Review of Palaeobotany and Palynology* 162, pp. 427-457.
- LEROY, S. A. G. (2007): "Progress in palynology of the Gelasian-Calabrian Stages in Europe: ten messages", *Revue de Micropaléontologie* 50, pp. 293-308.
- LÓPEZ-SÁEZ, J. A., LÓPEZ GARCÍA, P. and CORTÉS-SÁNCHEZ, M. (2007): "Paleovegetación del Cuaternario reciente: Estudio arqueopalínológico", *Cueva Bajondillo (Torremolinos). Secuencia cronocultural y paleoambiental del Cuaternario reciente en la Bahía de Málaga*, [Cortés Sánchez, M. ed.], Centro de Ediciones de la Diputación de Málaga, Junta de Andalucía, Universidad de Málaga, Fundación Cueva de Nerja y Fundación Obra Social de Unicaja, Málaga, pp. 139-156.
- LÓPEZ-SÁEZ, J. A., LÓPEZ MERINO, L. and PÉREZ DÍAZ, S. (2008): "Historia de la vegetación: una aproximación arqueopalínológica, *El Pirulejo (Priego de Córdoba, Córdoba)*. Cazadores recolectores del Paleolítico superior en la sierra Subbética. Estudios en Homenaje a la profesora María Dolores Asquerino Fernández-Ridruejo, [Cortés Sánchez, M. ed.], *Antiquitas*, Museo Histórico Municipal de Priego de Córdoba, Córdoba.
- MARTÍN-PUERTAS, C., VALERO-GARCÉS, B. L., MATA CAMPO, M. P., GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P., BAO CASAL, R., MORENO CABALLUD, A. and STEFANOVA, V. (2008): "Arid and Sumid Phases in Southern Spain during the Last 4000 Years: The Zóñar Lake Record, Córdoba", *The Holocene* 18(6), pp. 907-921.
- MUÑOZ SOBRINO, C., RAMIL-REGO, P. and RODRÍGUEZ GUITIÁN, M. (1997): "Upland vegetation in the north-west Iberian peninsula after the last glaciation: forest history and deforestation dynamics", *Vegetation History and Archaeobotany* 6, pp. 215-233.
- PANTALEÓN-CANO, J., YLL AGUIRRE, E. I., PÉREZ-OBÍOL, R. and ROURE NOLLA, J. M. (2003): "Palynological evidence for vegetational history in semi-arid areas of the western Mediterranean (Almería, Spain)", *The Holocene* 13(1), pp. 109-119.
- PÉREZ-OBÍOL, R. and JULIÀ BRUGUÉS, R. (1994): "Climatic Change on the Iberian Peninsula Recorded in a 30,000-Yr Pollen Record from Lake Banyoles", *Quaternary Research* 41, pp. 91-98.
- PONS, A. and REILLE, M. (1988): "The Holocene and Late Pleistocene pollen record from Padul (Granada, Spain): a new study", *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 66, pp. 243-263.
- REED, M. J., STEVENSON, A. C. and JUGGINS, S. (2001): "A multi-proxy record of Holocene climatic change in southwestern Spain in the Laguna de Medina, Cádiz", *The Holocene* 11(6), pp. 707-719.
- RIERA MORA, S. (2006): "Cambios vegetales holocenos en la región mediterránea de la Península Ibérica: ensayo de síntesis", *Ecosistemas* 15(1), pp. 17-30.
- SÁNCHEZ-GOÑI, M. F., EYNAUD, F., TURON J. L. and SHACKLETON, N. J. (1999): "High resolution palynological record off the Iberian margin: direct land-sea correlation for the Last Interglacial complex", *Earth and Planetary Science Letters* 171, pp.123-137.
- SÁNCHEZ-GOÑI, M. F., TURON J. L., EYNAUD, F., SHACKLETON, N. J. and CAYRE, O. (2000): "Direct land/sea correlation of the Eemian, and its comparison with the Holocene: a high-resolution palynological record off the Iberian margin", *Geologie en Mijnbouw/Netherlands Journal of Geosciences* 79(2/3), pp. 345-354.
- SCHULTE, L., JULIÀ BRUGUÉS, R., BURJACHS CASAS, F. and HILGERS, A. (2008): "Middle Pleistocene to Holocene geochronology of the River Aguas terrace sequence (Iberian Peninsula): Fluvial response to Mediterranean environmental change", *Geomorphology* 98, pp. 13-33.
- STEVENSON, A. C. (1984): "Studies on the vegetational history of S.W. Spain. III. Palynological investigations at El Asperillo, Huelva", *Journal of Biogeography* 11, pp. 527-551.
- STEVENSON, A. C. (1985): "Studies in the vegetational history of SW Spain. II. Palynological investigations at Laguna de las Madres, Huelva", *Journal of Biogeography* 12, pp. 293-314.
- STEVENSON, A. C. and HARRISON, R. J. (1992): "Ancient forests in Spain. A model for land-use and dry forest management in S.W. Spain from 4000 BC to 1900 AD", *Proceedings of the Prehistoric Society* 58, pp. 227-247.
- TZEDAKIS, P. C. and BENNETT, K. D. (1995): "Interglacial vegetation succession: a view from Southern Europe", *Quaternary Science Reviews* 14, pp. 967-982.
- VALERO-GARCÉS, B. L., GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P., NAVAS IZQUIERDO, A., MACHÍN GAYARRE, J., MATA CAMPO, M. P., DELGADO-HUERTAS, A., BAO CASAL, R., MORENO CABALLUD, A., CARRIÓN GARCÍA, J. S., SCHWALB, A. and GONZÁLEZ-BARRIOS, A. (2006): "Human impact since medieval times and recent ecological restoration in a Mediterranean Lake: The Laguna Zóñar, Southern Spain", *Journal of Paleolimnology* 35(3), pp. 441-465.
- VALLE HERNÁNDEZ, M., RIVAS-CARBALLO, M. R., LUCINI, M., ORTIZ

- MENÉNDEZ, J. E. and TORRES PÉREZ-HIDALGO, T. (2003): "Interpretación paleoecológica y paleoclimática del tramo superior de la Turbera de Padul (Granada, España), *Polen* 13, pp. 85-95.
- VAN DER KNAAP, W. O. and 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, pp. 239-285.
- YLL AGUIRRE, E. I., ROURE NOLLA, J. M., PANTALEÓN-CANO, J. and PÉREZ-OBÍOL, R. (1994): "Análisis polínico de una secuencia holocénica en Roquetas de Mar (Almería)", *Trabajos de Palinología básica y aplicada. X Simposio de Palinología (A.P.L.E.)*, (Mateu Andrés, I., Dupré Olivier, M., Güemes Heras, J. y Burgaz, M. E., eds.), Universidad de Valencia, Valencia, pp.189-198.
- YLL AGUIRRE, E. I., ZAZO CARDEÑA, C., GOY GOY, J. L., PÉREZ-OBÍOL, R., PANTALEÓN-CANO, J., CIVIS LLOVERA, J., DABRIO GONZÁLEZ, C., GONZÁLEZ, A., BORJA, F., SOLER JAVALOYES, V., LARIO GÓMEZ, J., LUQUE, L., SIERRA SÁNCHEZ, F., GÓNZALEZ-HERNÁNDEZ, F. M., LEZINE, A. M., DENÉFLE, M. and ROURE NOLLA, J. M. (2003): "Quaternary palaeoenvironmental changes in South Spain", *Quaternary climatic changes and environmental crises in the Mediterranean Region*, (Ruiz-Zapata, M. B., Dorado Valiño, M., Valdeolillos Rodríguez, A., Gil-García, M. J., Bardají Azcárate, T., de Bustamante Gutiérrez, I. and Martínez Mendizábal I., eds.) Universidad de Alcalá de Henares, Alcalá de Henares, pp. 201-213.

MENGA 02

CONJUNTO
ARQUEOLÓGICO
DÓLMENES
DE ANTEQUERA

AÑO 2011
ISSN 2172-6175

REVISTA DE PREHISTORIA DE ANDALUCÍA · JOURNAL OF ANDALUSIAN PREHISTORY



JUNTA DE ANDALUCÍA
CONSEJERÍA DE CULTURA