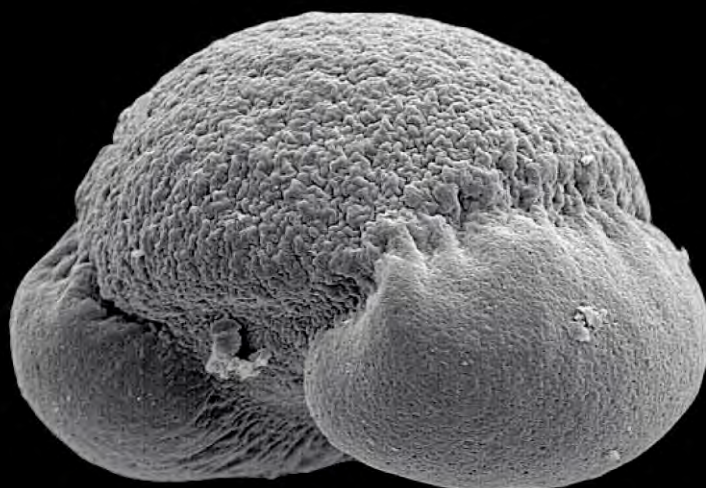


III

Paleoflora y Paleovegetación Ibérica

Holoceno

J.S. Carrión (coord.)



2022

III

Paleoflora y Paleovegetación Ibérica **Holoceno**

J.S. Carrión (coord.)

2022



COORDINACIÓN

José S. Carrión

EQUIPO EDITORIAL

José S. Carrión
Manuel Munuera
Juan Ochando
Manuel Casas-Gallego

Secretaría Técnica y Maquetación

Maximiliano Gómez-Rodríguez
Manuel Munuera
Santiago Fernández

Trabajo artístico y gráfico

Gabriela Amorós
Victoria Sánchez-Giner
Ariadna Amorós
Manuel Munuera
Manuel Fernández-Díaz
Pedro Pablo Reyes

AUTORÍA

Carrión JS, Munuera M, Ochando J, López-Sáez JA, Casas-Gallego M, González-Sampériz P, Badal E, Pérez-Díaz S, Carrión-Marco Y, Jiménez-Moreno G, López-Merino L, Burjachs F, Abel-Schaad D, Fernández S, Morales-Molino C, Alba Sánchez F, Peña-Chocarro L, Barrón E, Postigo-Mijarra JM, Gil-García MJ, Rubiales JM, Vidal-Matutano P, Aranbarri J, Ramos-Román MJ, Camuera J, Magri D, Revelles J, Altolaguirre Y, Ruiz-Zapata B, Luelmo R, Uzquiano P, Allué E, Anderson S, Dupré M, Gil-Romera G, Piqué R, García-Antón M, Amorós G, Yll R, Pérez-Jordá G, Scott L, Figueiral I, Rodríguez-Ariza MO, Morla-Jauristi C, García-Amorena I, Montoya E, Val-Peón C, Ejarque A, Riera S, Peñalba C, Fierro E, Expósito I, Pé-

ISBN: 978-84-09-44691-9

AFILIACIÓN

José Sebastián Carrión García, Universidad de Murcia
Manuel Munuera, Universidad Politécnica de Cartagena
Juan Ochando Tomás, Sapienza Università di Roma, Estación Biológica de Doñana
José Antonio López Sáez, Centro de Ciencias Humanas y Sociales, CSIC
Manuel Casas Gallego, Goethe-Universität Frankfurt, Alemania
Penélope González Sampériz, Instituto Pirenaico de Ecología, CSIC
Ernestina Badal García, Universidad de Valencia
Sebastián Pérez Díaz, Universidad de Cantabria
Yolanda Carrión Marco, Universidad de Valencia
Gonzalo Jiménez Moreno, Universidad de Granada
Lourdes López Merino, Universidad Complutense de Madrid
Francesc Burjachs i Casas, ICREA; IPHES-CERCA; Universitat Rovira i Virgili
Daniel Abel Schaad, Centro de Ciencias Humanas y Sociales, CSIC
Santiago Fernández Jiménez, Universidad de Murcia
César Morales del Molino, Universidad de Alcalá de Henares
Francisca Alba Sánchez, Universidad de Granada
Leonor Peña Chocarro, Centro de Ciencias Humanas y Sociales, CSIC
Eduardo Barrón, CN Instituto Geológico y Minero de España IGME-CSIC
José María Postigo Mijarra, Universidad Complutense de Madrid
María José Gil García, Universidad de Alcalá de Henares
Juan Manuel Rubiales, Universidad Politécnica de Madrid
Paloma Vidal Matutano, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
Josu Aranbarri Erkiaga, Universidad del País Vasco
María José Ramos Román, University of Helsinki, Finlandia
Jon Camuera Bidaurreta, University of Helsinki, Finlandia
Donatella Magri, Sapienza Università di Roma, Italia
Jordi Revelles, Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social
Yul Altolaguirre, Senckenberg Forschungsinstitut, Frankfurt, Alemania
Blanca Ruiz Zapata, Universidad de Alcalá de Henares
Reyes Luelmo Lautenschlaeger, Université Montpellier, Francia
Paloma Uzquiano Ollero, UNED, Madrid
Ethel Allué Martí, Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social
Scott Anderson, Northern Arizona University, USA
Michèle Dupré Olivier, Universidad de Valencia
Graciela Gil Romera, Philipps-Universität Marburg, Alemania
Raquel Piqué Huerta, Universidad Autónoma de Barcelona
Mercedes García Antón, Universidad Autónoma de Madrid
Gabriela Amorós, Universidad de Murcia
Riker Yll Aguirre, Universidad Rovira i Virgili
Guillem Pérez Jordá, Universidad de Valencia
Louis Scott, University of the Free State, Sudáfrica
Isabel Figueiral, Université Montpellier, Francia
María Oliva Rodríguez Ariza, Universidad de Jaén
Carlos Morla Juaristi, Universidad Complutense de Madrid
Ignacio García Amorena, Universidad Politécnica de Madrid
Encarnación Montoya Romo, Geosciences Barcelona, CSIC
Cristina Val-Peón, Aachen Universität, Alemania
Ana Ejarque Montolio, Université Clermont Auvergne, Francia
Santiago Riera Mora, Universidad de Barcelona
María Cristina Peñalba Garmendia, Universidad de Sonora, México
Elena Fierro Enrique, Universidad de Murcia
Isabel Expósito Barea, Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social
Ramón Pérez Obiol, Universitat Autònoma de Barcelona
Manuel Vieira, Lundin Energy, Noruega
Fernando Gómez Manzaneque, Universidad Politécnica de Madrid
Javier Maldonado Ruiz, Universidad Politécnica de Madrid
María Leunda, Universität Bern, Suiza
Fátima Franco Múgica, Universidad Autónoma de Madrid
Rosa María Albert Cristóbal, Universidad de Barcelona
María José Díez Dapena, Universidad de Sevilla
Ana Belén Marín Arroyo, Universidad de Cantabria
Saúl Manzano Rodríguez, Universidad de León
Federico Di Rita, Sapienza Università di Roma, Italia
Antonia Andrade Olalla, Universidad de Alcalá de Henares
Igor Parra, Observatorio de Impactos Climáticos del Levante Almeriense
Lydia Zapata Peña, Universidad del País Vasco
Ana Pérez Sanz, Instituto Pirenaico de Ecología, CSIC
Elena Grau Almero, Universidad de Valencia

rez-Obiol R, Vieira M, Gómez-Manzaneque F, Maldonado J, Leunda M, Franco F, Albert RM, Díez MJ, Marín-Arroyo AB, Manzano S, DiRita F, Andrade A, Parra I, Zapata L, Pérez A, Grau E, Alcolea M, Mesa-Fernández JM, Miras Y, Ruiz-Alonso M, Génova M, García-Alvarez S, Moreno E, Olmedo Cobo JA, Gómez Zotano J, Pardo Martínez R, Mas B, Monteiro P, Antolín F, Obea L, Martín-Seijo M, Alonso N, Amorós A, Fernández-Díaz M, Reyes PP, Sánchez-Giner V, Gómez-Rodríguez M, Rull V, Vegas-Villarrubia T, López-Bultó O, Bianco S, Trapote MC, Picornell-Ge-labert L, Sureda P, Garcés S, Camarós E, Brisset E, Servera Vives G, Girona A, Celant A, Michelangeli F, Sánchez-Morales M, Celma M, Teira L, Cueto M, López-Doriga I.

Marta Alcolea, Universidad Autónoma de Barcelona
José Manuel Mesa Fernández, Universidad de Oviedo
Yannick Miras, Université Blaise Pascal, Francia
Mónica Ruiz Alonso, Centro de Ciencias Humanas y Sociales, CSIC
Mar Génova, Universidad Politécnica de Madrid
Salvia García Álvarez, Universidad Politécnica de Madrid
Elena Moreno Amat, Universidad Politécnica de Madrid
José Antonio Olmedo Cobo, Universidad de Granada
José Gómez Zotano, Universidad de Granada
Rubén Pardo Martínez, Universidad de Granada
Bàrbara Mas, Universitat de Barcelona
Patricia Monteiro, Universidade do Algarve, Portugal
Ferrán Antolín, Basel Universität, Suiza
Laura Obea, Universidad Autónoma de Barcelona
María Martín Seijo, Universidad de Cantabria
Natàlia Alonso, Universidad de Lleida
Ariadna Amorós, Universidad de Murcia
Manuel Fernández-Díaz, Universidad de Murcia
Pedro Pablo Reyes, Universidad de Murcia
Victoria Sánchez Giner, Universidad de Murcia
Maximiliano Gómez Rodríguez, Universidad de Murcia, Grupo ECCE HOMO
Valentí Rull del Castillo, Instituto Botánico de Barcelona, CSIC
Teresa Vegas Vilarrubia, Universidad de Barcelona
Oriol López Bultó, Universidad Autónoma de Barcelona
Sabrina Bianco, Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social
Mari Carmen Trapote, Universidad de Barcelona
Llorenç Picornell-Gelabert, Universidad de Barcelona
Pau Sureda, Instituto de Ciencias del Patrimonio, CSIC
Sandra Garcés, Universidad de Barcelona
Edgard Camarós, Universidad de Cantabria
Elodie Brisset, French National Centre for Scientific Research, Francia
Gabriel Servera Vives, Universidad de las Islas Baleares
Aldara Girona, Estación Biológica de Doñana
Alessandra Celant, Sapienza Università di Roma, Italia
Fabrizio Michelangeli, Sapienza Università di Roma, Italia
Marc Sánchez Morales, Universitat Autònoma de Barcelona
Mireia Celma, Universidad de Murcia
Luis Teira, Instituto Internacional de Investigaciones Prehistóricas de Cantabria
Marián Cueto, Universitat Autònoma de Barcelona
Inés López-Dóriga, Wessex Archaeology (U.K.)

CITACIÓN

Carrión JS, Munuera M, Ochando J, López-Sáez JA, Casas-Gallego M, González-Sampériz P, Badal E, Pérez-Díaz S, Carrión-Marco Y, Jiménez-Moreno G, López-Merino L, Burjachs F, Abel-Schaad D, Fernández S, Morales-Molino C, Alba Sánchez F, Peña-Chocarro L, Barrón E, Postigo-Mijarra JM, Gil-García MJ, Rubiales JM, Vidal-Matutano P, Aranbarri J, Ramos-Román MJ, Camuera J, Magri D, Revelles J, Altolaguirre Y, Ruiz-Zapata B, Luelmo R, Uzquiano P, Allué E, Anderson S, Dupré M, Gil-Romera G, Piqué R, García-Antón M, Amorós G, Yll R, Pérez-Jordá G, Scott L, Figueiral I, Rodríguez-Ariza MO, Morla-Jauristi C, García-Amorena I, Montoya E, Val-Peón C, Ejarque A, Riera S, Peñalba C, Fierro E, Expósito I, Pérez-Obiol R, Vieira M, Gómez-Manzaneque F, Maldonado J, Leunda M, Franco F, Albert RM, Díez MJ, Marín-Arroyo AB, Manzano S, DiRita F, Andrade A, Parra I, Zapata L, Pérez A, Grau E, Alcolea M, Mesa-Fernández JM, Miras Y, Ruiz-Alonso M, Génova M, García-Alvarez S, Moreno E, Olmedo Cobo JA, Gómez Zotano J, Pardo Martínez R, Mas B, Monteiro P, Antolín F, Obea L, Martín-Seijo M, Alonso N, Amorós A, Fernández-Díaz M, Reyes PP, Sánchez-Giner V, Gómez-Rodríguez M, Rull V, Vegas-Villarrubia T, López-Bultó O, Bianco S, Trapote MC, Picornell-Ge-labert L, Sureda P, Garcés S, Camarós E, Brisset E, Servera Vives G, Girona A, Celant A, Michelangeli F, Sánchez-Morales M, Celma M, Teira L, Cueto M, López-Doriga I. 2022. *Paleoflora y Paleovegetación Ibérica III: Holoceno*. Ministerio de Ciencia e Innovación y Fundación Séneca, Murcia.

Dirección web <https://www.paleofloraiberica.org/>

© de las figuras: sus autores

© de los textos: JS Carrión

AGRADECIMIENTOS

Un tratado de esta envergadura no habría sido posible sin la colaboración y apoyo de gran cantidad de colegas e instituciones. Aparte de la Universidad de Murcia, que representa el ámbito ejecutivo del trabajo coordinador, y de los centros de investigación de todos los autores, destacamos la financiación continuada de tres entidades públicas.

En primer lugar, el **Ministerio de Ciencia e Innovación (FEDER y Agencia Estatal de Investigación)**, a través de los proyectos:

- CGL-2006-2956
- CGL-2009-6988
- CGL-2012-34717
- CGL-2015-68604
- PID-2019-1049449GB-I00

En segundo lugar, la **Fundación Séneca, Agencia Regional de Ciencia y Tecnología Región de Murcia**, a través de:

- Red temática PALEODIVERSITAS
- Proyecto 8490/PI/08
- Proyecto 20788/PI/18

Una tercera fuente de financiación ha sido el **Ministerio de Ciencia e Innovación (FEDER y Agencia Estatal de Investigación)**, a través de proyecto europeo:

- ERIC-SUMHAL, LIFEWATCH-2019-09-CSIC-4, POPE 2014-2020

Finalmente agradecemos la subvención por parte del proyecto ERC-CoG SUBSILIENCE (ref 818299) financiado por el **Consejo Europeo de Investigación**

Otros proyectos y entidades con cuyos fondos se ha contribuido a sufragar parte de las investigaciones recogidas en esta obra son:

- 2017 SGR 1040 (Generalitat de Catalunya)
- 2017 SGR 1357 (Generalitat de Catalunya)
- 2017 SGR 836 (Generalitat de Catalunya)
- A-RNM-688-UGR20 (Junta de Andalucía)
- B-RNM-144-UGR18 (Fondo Europeo de Desarrollo Regional – FEDER)
- B-RNM-404-UGR18 (Junta de Andalucía)
- CC 54.020 (Instituto Geológico y Minero de España – IGME)
- CGL2004-0048BTE (Ministerio de Ciencia y Tecnología)
- CGL2004-06212/BTE (Ministerio de Ciencia e Innovación)
- CGL2006-13327-C04-01 (Ministerio de Economía y Empresa)
- CGL2008-06005/BOS (Ministerio de Ciencia e Innovación)
- CGL2008-06042 (Ministerio de Ciencia e Innovación)
- CGL2009-07992 (Ministerio de Economía y Competitividad)
- CGL2011-27229 (Ministerio de Ciencia e Innovación)
- CGL2012-33063 (Ministerio de Economía y Competitividad)
- CGL2015-65387-C3-1-P (Ministerio de Economía y Competitividad)
- CGL2015-68604-P (Ministerio de Economía y Competitividad)
- CGL2015-69160-R - DINAMO3 (Fondo Europeo de Desarrollo Regional - FEDER)

- CGL2017-85415-R (Ministerio de Economía y Competitividad y Fondo Europeo de Desarrollo Regional – FEDER)
- CIPROM/2021/036 (Direcció General de Ciència i Investigació, Generalitat Valenciana)
- Contrato predoctoral FPU Ref. 18/03023 (Ministerio de Educación del Gobierno de España)
- CSD2007-00058 (Consolider-Ingenio 2010)
- CSO2015-65216-C2-2-P (Ministerio de Economía y Competitividad)
- CSO2017-83576-P – PALEOPINSAPO (Ministerio de Economía y Competitividad)
- ERC-AdG 230561 (AGRIWESTMED – Consejo Europeo de Investigación)
- FJC2018-037919-I (Ayuda Juan de la Cierva Formación – Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades)
- GVPROMETEO2017-060 (Conselleria de Educació, Investigació, Cultura y Deporte – Generalitat Valenciana)
- HAR2008-01984/HIST (Ministerio de Ciencia e Innovación)
- HAR2008-05256 (Ministerio de Ciencia e Innovación)
- HAR2010-15002 (Ministerio de Ciencia e Innovación)
- HAR2016-75124-P (Ministerio de Ciencia e Innovación)
- HAR2017-83656-P (Ministerio de Economía, Industria y Competitividad)
- HAR2017-85153-P (Ministerio de Ciencia e Innovación)
- P09-RNM-5280 (Junta de Andalucía – Consejería de Innovación, Ciencia y Empresas)
- P18-RT-4963 (Junta de Andalucía)
- P20-00059 (Junta de Andalucía)
- PGC2018-093925-B-C32 (Ministerio de Ciencia e Innovación y Fondo de Desarrollo Regional – FEDER)
- PID2019-104843GB-I00 (Ministerio de Ciencia e Innovación)
- PID2019-106050RB-I00 (Ministerio de Ciencia e Innovación)
- PID2019-108692GB-I00 (Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades)
- PID2019-109254GB-C21 (Ministerio de Ciencia e Innovación)
- PID2020-116598GB-I00 (Ministerio de Ciencia e Innovación)
- PID2020-118033GB-I00 (Ministerio de Ciencia e Innovación)
- Project MedCoRes n°704822 (Marie Skłodowska-Curie Action – European Commission)
- PTDC/HAR-ARQ/30413/2017 (Fundação para a Ciência e a Tecnologia)
- RTI2018-101714-B-I00 (M^e Ciencia, Innovación y Universidades)
- SU14025501 (Junta de Castilla La Mancha)
- SU151321001 (Junta de Castilla La Mancha)

Sumario

A Golada	14
Abric de la Falguera	17
Acebrón	20
Addaia	23
Aizpea	30
Albufera d'Alcúdia	34
Algendar	37
Aljibe	40
Almenara de Adaja	44
Alpiarça	48
Alsa	52
Amposta	55
Antas	59
Arbarrain	62
Arroyo de Aguas Frías	67
As Pontes	70
Atapuerca - Cueva de El Mirador-Atapuerca	73
Atxuri	80
Avenc dels Dos Forats	83
Azután	86
Baldaio	89
Banda Atlántica de Cádiz	92
Banyoles SB2	99
Barreiro	105
Basa de la Mora	106
Bassa Nera	111
Bauma del Serrat del Pont	117
Baza	122
Belate	128
Bermú	131
Besós	134
Borreguil de la Caldera	138
Borreguiles de la Virgen	142
Bosc dels Estanyons	146
Botija	150
Braña Rubia	153
Brañas de Lamela	156
Cabezo de la Cruz	159
Cabo de Gata	163
Cala Galdana	167
Cala'n Porter	171
Campo Lameiro PRD-2	175
Camporredondo	179
Can Roqueta	183
Cancela de la Aulaga	189
Cañada de la Cruz	193

Cáñar	199
Cap de Barbaria II	203
Carril de Caldereros	210
Carrizal de Cuéllar	214
Casablanca-Almenara	217
Castelejo	220
Castellet de Bernabé	223
Castelló d'Empúries	225
Castillejo del Bonete	229
Castillejos de Montefrío	233
Castillo de Calatrava	239
Cerro de la Horca	242
Cerro del Alcázar de Baeza	244
Cespedosa	247
Chan do Lamoso	252
Chaves	255
Conquezuela	260
Corteguero	266
Coudelaria de Alter do Chão	269
Cova 120	272
Cova Bonica	277
Cova de L'Or	280
Cova de la Guineu	288
Cova del Frare	292
Cova del Sardo	295
Cova des Càrritx	303
Cova Fosca	307
Coval Simó	310
Coves del Fem	315
Creixell	319
Cruz da Colada	323
Cubelles	326
Cueto de la Avellanosa	330
Cueva de la Vaquera	333
Cueva de los Murciélagos	338
Cueva del Nacimiento	341
Cueva del Toro	344
Cueva Helada A-294	350
Culazón	355
Daimiel CC-17	358
Dehesa del Camarate	360
Depresión de Baza-Huéscar	364
Depresión de Vera	368
Doña Mencía	372
El Payo	377
El Perro	381
El Quemal	384
El Raso	387

El Redondo	390
El Sabinar	395
El Sopetón	401
El Tiemblo	405
Els Vilars d'Arbeca	408
Elx	419
Eras del Alcázar de Úbeda	422
Ercávica	425
Es Grau	428
Espantalobos	432
Espertín	436
Espinosa de Cerrato	439
Esplugón	442
Estany d'Estanilles	445
Finca Galea	450
Fuente de la Leche	452
Fuente del Pino Blanco	455
Gádor	459
Garganta de las Pozas	466
Garganta del Mesto	474
Garganta del Trampal	477
Gredos	480
Haya de la Herguijuela	484
Hinojos	487
Ibiza	491
Ibón de las Ranas, Huesca	497
Ibón de Marboré	502
Iesso	506
Irún	509
Jarama	512
L'Alt de Benimaquía	516
La Bastida	518
La Cativera	524
La Cruz	527
La Draga	530
La Feixa	549
La Junta	552
La Mata	555
La Molina	558
La Mota	564
La Panera	566
Labradillos	569
Lago Burg	572
Lagoa Comprida	575
Lagoa do Marinho	579
Lagoa Travessa	582
Laguna de la Mosca	585
Laguna de la Mula	588

Laguna de las Madres	592
Laguna de las Salinas	599
Laguna de Medina	606
Laguna de Río Seco	611
Laguna Hondera	617
Lanzahíta	622
Las Ánimas	626
Las Cogotas	630
Las Dueñas	633
Las Lanchas	637
Las Médulas	640
Las Pardillas	647
Les Jovades y Niuët	650
Les Madrigueres	655
Les Palanques	659
Les Portes	663
Lillo	668
Lleida	671
Lloma de Betxí	676
Lomilla	678
Los Azules	680
Los Barruecos	684
Los Cascajos	687
Los Millares	690
Los Reales	695
Los Tornos	702
Maillo	706
Manaderos	711
Mar Menor	714
Marismas de Doñana	718
Mas Castellar de Pontós	721
Mas d'Is	727
Mazaculos	730
Mazarrón	732
Mercat del Born	745
Merón	751
Mesa de Miranda	754
Mesa de Ocaña, Toledo	757
Minferri	759
Montcortés	763
Monte Areo	771
Montes de Valsaín	775
Mornau	783
Motilla del Azuer	788
Muge	795
Navia	802
Nogal del Batán	804
Ojos de Villaverde	807

Ojos del Tremedal	814
Pala da Vella	817
Palmar y Antina	819
Palmitera 1	827
Patateros	832
Pelagallinas	835
Pelambre	838
Pena da Cadela	842
Penido Vello	845
Peña del Perro	848
Peña Negra	850
Peña Oviedo	855
Peña Parda	858
Peñalosa	861
Petón	865
Picote de San Martín	866
Pintia	869
Pocito Chico	872
Porma	876
Port Lligat	878
Pozo de la Nieve	882
Pozo do Carballal	887
Prado de las Zorras	889
Praíllos de Boissier	891
Prazo	895
Puente del Arzobispo	898
Puerto de los Valientes	901
Puerto de San Isidro	906
Puerto del Pico	909
Punta de los Gavilanes	912
Queiles y Val	916
Quintana Redonda	922
Rambla Honda	925
Rascafría	929
Riu dels Orris	932
Roñanzas	936
Roquetas de Mar	939
Salada de la Playa	942
Saldropo	946
San Benito	951
San Bernardo	954
Sandria	958
Santa Ponça	965
Serranillos	968
Ses Païsses	972
Sobrestany	979
Sondeos S7 y S11	982
Sotombo	988

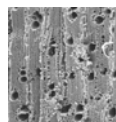
Suárbol	995
Tablas de Daimiel	998
Taravilla	1002
Tierra de Pinares	1006
Torre la Sal	1009
Torreparedones	1012
Tossal de les Basses	1016
Trampal de Viñuelas	1019
Trampal del Brezoso	1024
Tubilla del Lago	1031
Turbera de Schwejk	1038
Turbera de Sever	1040
Turbera del Pradell	1043
Turbera del Río Bullent	1046
Turberas de la Sierra de Queixa	1051
Valdeyernos	1054
Valdojos	1057
Valentia	1065
Valle Amblés	1067
Valle de Huecas	1076
Vega de Viejos	1081
Villaviciosa	1083
Xan de Llamas	1088
Zóñar	1092

SÍMBOLOS

Junto al título de cada uno de los sitios estudiados aparecen uno o varios símbolos que indican la naturaleza de los restos biológicos encontrados. Son los siguientes



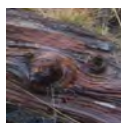
Pólenes y esporas



Carbones



Frutos y semillas



Maderas



Improntas de hojas y otras estructuras

ABREVIATURAS

¹⁴C	Carbono 14
AAR	Técnica de racemización de aminoácidos (Técnica de datación)
ACM	Anomalía Climática Medieval
AD	Después de Cristo (Anno Domini)
DC, d.C.	Después de Cristo
aff.	Affinis (identificación no completa)
AMS	Espectrometría de Masas con Aceleradores (Accelerator Mass Spectrometry)
A.N.E.	Antes de Nuestra Era
AP	Polen Arbóreo (árboles)
BC	Antes de Cristo (Before Christ)
AC, a.C.	Antes de Cristo
BP	Antes del Presente (Before Present)
c.	Circa
cal.	Calibrados
Cal Pal	Programa de calibración (radiocarbono)
cf.	confer (confróntese con)
cm	centímetros
com. pers.	Comunicación personal
CSIC	Consejo Superior de Investigaciones Científicas
°C	Grados centígrados
DO	Evento Dansgaard Oeschger
et al.	Y otros
e.p.	En prensa
ESR	Datación por resonancia de espín electrónico (Electron Spin Resonance dating)
Fm.	Formación
frag.	Fragmento
GISP2	Greenland Ice Sheet Project 2
gr.	gramos
GRIP	Greeland Icecore Project
H	Evento Heinrich
ha	Hectáreas
Indet.	Indeterminado
Indif.	Indiferenciado
INAA	Análisis por activación neutrónica instrumental
IRD	Iceberg Rafted Detritus
IRHP	Período Húmedo Íbero Romano

IRSL	Datación por luminiscencia estimulada por infrarrojos (Infrared Stimulated Luminescence dating)
It	Índice de termicidad
ka	Miles de años
km	Kilómetros
l/m²	Litros por metro cuadrado
LGM	Último Máximo Glacial (Last Glacial Maximum)
UMG	Último Máximo Glacial
m	Metros
m s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar
Ma	Millones de años
MDE	Modelos de Distribución de Especies
MEB	Microscopio Electrónico de Barrido
MIS	Estadio isotópico marino
mm	Milímetros
NPPs	Microfósiles no polínicos
N	Norte geográfico
NE	Noreste geográfico
NAP	Polen no arbóreo (arbustos, herbáceas)
OIS	Estadio Isotópico del Oxígeno
OSL	Luminiscencia Ópticamente Estimulada (Técnica de datación)
P	Precipitación
PEH	Pequeña Edad del Hielo
PMA	Precipitación Media Anual
Prof.	Profundidad
Pu	Plutonio
Ref. Lab.	Referencia laboratorio
S	Sur geográfico
s.	Siglo
SE/SO	Sureste geográfico/Suroeste geográfico
sect.	sectio (sección)
subsp.	Subespecie
t.	Tipo
TL	Datación por termoluminiscencia
UE	Unidades Estratigráficas
U-Th	Datación uranio-torio (Uranium-Thorium dating)
var.	Variedad

PRÓLOGO GENERAL

La Península Ibérica e Islas Baleares constituyen un ámbito geográfico muy estimulante para la ciencia ecológica y biogeográfica. Sin embargo, el estudio de los cambios de la diversidad biológica a lo largo del tiempo ha sido casi anecdótico hasta hace pocos años, habiéndose alojado mayoritariamente en fuentes bibliográficas muy especializadas, a menudo difícilmente accesibles. No resulta extraño, por lo tanto, que las implicaciones que se pueden extraer del estudio de los ecosistemas pasados, no hayan penetrado en las políticas de gestión del territorio y conservación de la biodiversidad. En nuestro caso, la lección más inmediata que se extrae del registro fósil es que el paisaje vegetal y la composición florística de la Península Ibérica e Islas Baleares han cambiado marcadamente en el curso de los últimos cientos, miles y millones de años. En unas ocasiones, el cambio vegetal ha venido controlado o modulado por cambios climáticos, a su vez controlados astronómicamente. Ante esto, los organismos han reaccionado de forma adaptativa o modificando su distribución geográfica. En otros casos, el estrés climático ha provocado la extinción regional, peninsular o continental de algunas especies. A una escala espacial y temporal más pequeña, las interacciones ecológicas, el historial de perturbaciones y los propios rasgos evolutivos de las especies vegetales, representan factores contingentes que deben ser tenidos en cuenta en la estima de los umbrales de vulnerabilidad e inercia de los ecosistemas peninsulares.

Lo que hoy sabemos de la originalidad florística ibérica tiene mucho que ver con su historia geobiológica. Vista en el tiempo, la Península resulta ser, reiteradas veces, un área de migración, también un escenario de reserva y supervivencia de especies, un refugio glacial en las épocas frías y áridas del Cuaternario. Iberia es zona de transición entre el Atlántico y el Mediterráneo, entre África y Eurasia, eventualmente, en épocas muy antiguas, entre el Hemisferio Sur y el Hemisferio Norte; digamos también que el extremo occidental de un gran continente y el linde noroccidental de un gran océano. A menudo, por condicionamientos tectónicos, gran parte del territorio peninsular ha estado sumergido, mientras que durante los últimos 50 millones de años, se configuran la orografía accidentada y la diversidad fisiográfica características de nuestros días. En las floras actuales hay evidencias de todos estos cambios. Y en las floras pasadas se encuentran buena parte de las explicaciones.

La serie de tres volúmenes que presentamos culmina más de una década de esfuerzo colectivo. Hemos decidido difundir toda la información recopilada y revisada críticamente en un formato de libro electrónico y acceso libre (<http://www.paleofloraiberica.org>), como corresponde a un trabajo financiado con fondos públicos. Por añadidura, se complementa con un proyecto web (<http://www.paleofloraiberica.org>) compartimentado al estilo de un sistema de información. La serie conecta con el libro *"Paleoflora Ibérica: Plioceno-Cuaternario"*, cuya primera edición, en dos volúmenes impresos, data de 2013. Sin embargo, ahora presentamos una colección más ambiciosa, en tres volúmenes y aportando información monográfica y secuenciada sobre los principales registros paleobotánicos publicados para la Península Ibérica e Islas Baleares durante el Cenozoico, lo cual comprende los últimos 66 millones de años, aproximadamente.

El ámbito paleontológico incluye secuencias palinológicas (polen, esporas y otros microfósiles), antracológicas (carbón arqueológico), carpológicas (semillas, frutos), datos sobre fitolitos y macrorrestos vegetales. Administrativamente, incluimos España, Portugal, Gibraltar y Andorra. El ámbito cronológico está enmarcado en relación con el primer volumen por las series del Paleoceno (c. 66-56 Ma), Eoceno (c. 56-34 Ma), Oligoceno (c. 34-23 Ma), Mioceno (c. 23-5,3 Ma) y Plioceno (5,3-2,58 Ma). En el segundo volumen tratamos el Pleistoceno (2,58-0,0117 Ma) y en el tercer volumen el Holoceno (11,7 ka-actualidad). Las secuencias que cubren parte del Pleistoceno y continúan en el Holoceno son señaladas en un índice general.

La selección de registros y datos paleobotánicos atiende a criterios lógicos de resolución cronológica, discriminación taxonómica, amplitud y veracidad del marco temporal, impacto ulterior de la publicación y relevancia teórica de los hallazgos. Se observará una abrumadora mayoría de registros cuaternarios y sobre todo del Holoceno reciente; obviamente por una mayor abundancia de trabajos realizados. Respecto a los textos que aquí se presentan, fueron producidos inicialmente por los autores de cada capítulo y posteriormente sometidos a una labor de revisión y homogenización de estilo por parte del equipo redactor. Muchos autores lo son de las publicaciones originales; pero habitualmente hemos trabajado en la descripción de secuencias ya publicadas por otros colegas.

Aunque la obra es extensa y excava profundo en la literatura paleobotánica de la Península Ibérica, no supone una base de datos con todas las secuencias investigadas. Tampoco están entre los autores todos los investigadores e investigadoras implicados en la producción y publicación original de los datos; en algunos casos porque ya fallecieron, en otros porque no mostraron interés en este proyecto colaborativo. Las críticas, en cualquier caso, serán bienvenidas porque ésta es una obra abierta y confiamos en su progreso tanto en lo que respecta a su marco cronológico hacia el Cenozoico, como en lo relativo a su detalle y extensión geográfica y documental.

Las ilustraciones y tablas que se presentan se han elaborado expresamente para este libro. No obstante, a menudo son adaptaciones gráficas o leves modificaciones de figuras ya publicadas en otras fuentes bibliográficas, fundamentalmente artículos de investigación en revistas científicas y actas de congresos. En todos los casos, se ha citado en el pie de figura y/o en el texto, la fuente original. Nuestro deseo ha sido transmitir la información con el máximo de claridad posible y facilitar su difusión, en todo caso sin ningún interés o beneficio pecuniario.

Los diagramas polínicos y antracológicos, así como las tablas de información paleocarpológica y sobre macrorrestos, comprenden sumarios sintéticos en los que no se listan habitualmente todos los taxones, pero sí los más significativos botánica o ecológicamente. Todos los diagramas han sido redibujados de la publicación correspondiente siguiendo un formato más o menos uniforme. Salvo contadas excepciones, se ha prescindido de cualquier intento de correlación de secuencias, ya que no pretendemos hacer planteamientos comparativos, ni a nivel diacrónico ni regional. Para ampliar información, remitimos a las fuentes originales. La obra cuenta con fotografías de algunos taxones y localidades, cuyo mérito corresponde a veces a contribuyentes que generosamente han proporcionado el material. Su autoría, no obstante, se cifra en el lateral de cada ilustración. Vaya por delante nuestra gratitud.

Deseamos finalmente señalar que esta colección de libros carece de interés o pretensión comercial. Su objetivo es facilitar la difusión pública y gratuita de conocimientos científicos, con fines investigativos, divulgativos, académicos y formativos.

José S. Carrión
Septiembre 2022



A GOLADA

Cordillera Cantábrica, Lugo
Holoceno reciente (3390 años BP)

El depósito de A Golada ($42^{\circ} 42' 20''$ N, $07^{\circ} 00' 00''$ O; 1100 m s.n.m.) corresponde a una turbera de ladera originada por la ruptura de una capa freática, en una pendiente recubierta de materiales coluviales poco cohesionados. Se encuentra en las cercanías de la localidad lucense de Pedrafita do Cebreiro, aunque dentro de provincia de Lugo, en el eje de la Cordillera Cantábrica y en los inicios de lo que se conoce como complejo montañoso de los Montes de Cebreiro. La vegetación sobre la zona de muestreo se encuentra constituida por brezales húmedos con *Erica tetralix* y *Calluna vulgaris*, existiendo un importante estrato mus-

cinal de esfagnos sobre la turbera. La vegetación alrededor del yacimiento está dominada por brezales xerófilos (*Erica australis*) en mezcla con escobonales de *Cytisus striatus*, *Cytisus scoparius* y *Genista florida*. En las cercanías también aparecen pinares de repoblación de *Pinus sylvestris*, y en las vaguadas, abedules (*Betula alba*), junto con bosquetes de árboles planocaducifolios (*Alnus glutinosa*, *Acer pseudoplatanus*, *Prunus avium*, *Ulmus minor* y *Fraxinus excelsior*).

El estudio palinológico Muñoz-Sobrinho *et al.* (1997) comprende una secuencia de 265 cm de profundidad,



Figura 1. Vista panorámica del entorno de Pedrafita do Cebreiro en las proximidades a A Golada (Foto: P. Arlote)

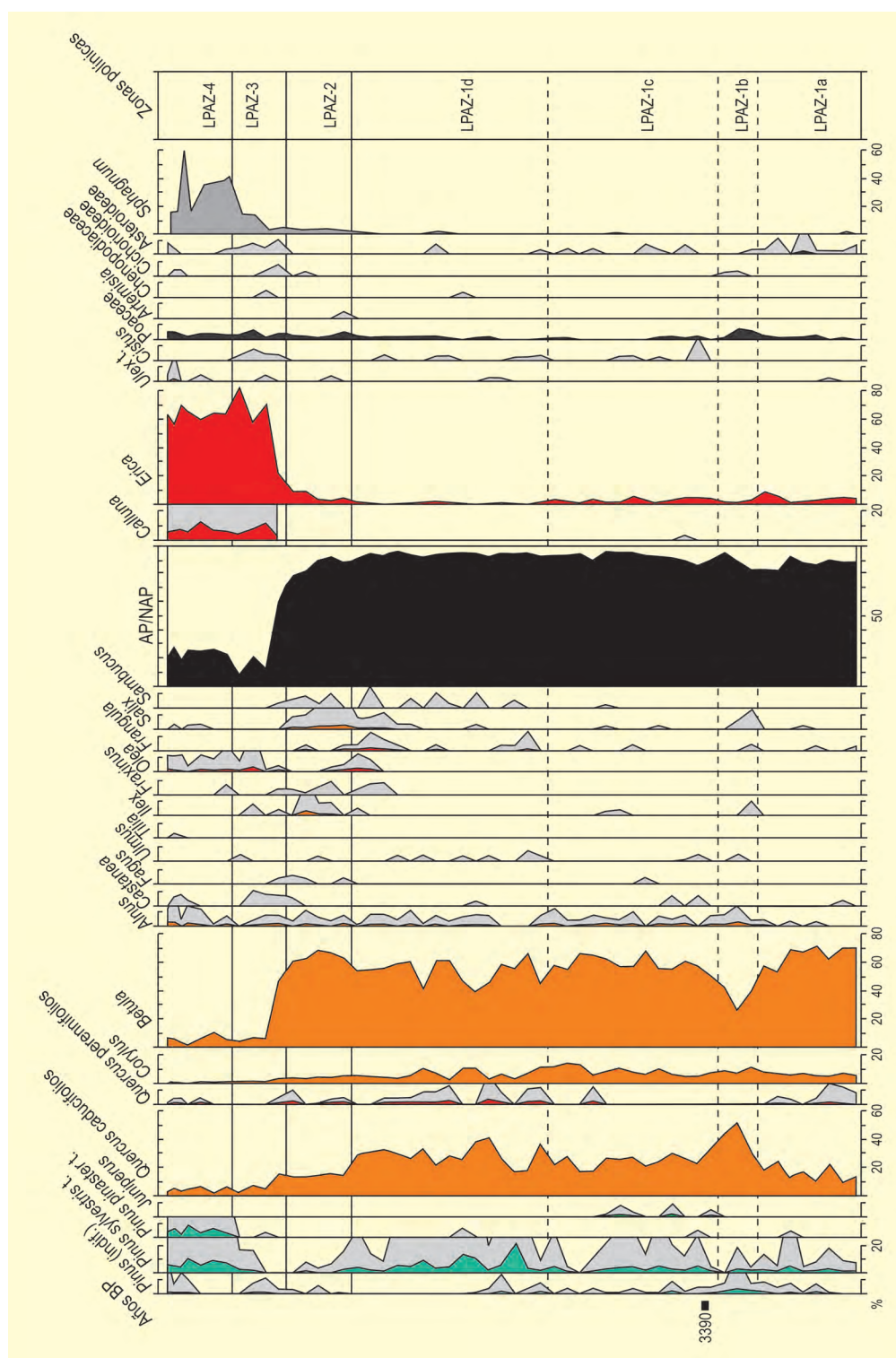


Figura 2. Diagrama polínico de la turbera de A Golada. Redibujado de Muñoz-Sobrino *et al.* (1997)

que corresponden estratigráficamente a niveles de aproximadamente un metro de turba fibrosa que descansan sobre otro medio metro de turba humificada. A partir del metro y medio aparece un nivel que se convierte progresivamente en arcilloso. En la secuencia po-

línica (Fig. 2) puede apreciarse una zonación clara con un cambio brusco en el Holoceno final, que se atribuye a la posible existencia de un hiato al compararlo con otras secuencias circundantes. El elemento arbóreo, compuesto mayoritariamente por *Betula* y *Quercus*

cede su dominancia alrededor de 2000 años BP a brezales y otras formaciones arbustivas con Ericaceae.

En la base del diagrama aparece una dominancia de polen de *Betula* acompañado por *Quercus* (mayoritariamente caducifolio). Alrededor de los 210 cm de profundidad (LPAZ1b), *Quercus* alcanza su máximo en la secuencia. La datación radiocarbónica de macrorrestos de *Quercus* caducifolio hallados a 210 cm de profundidad fechó ese momento en 3390 años BP aproximadamente.

El polen arbóreo se mantiene prácticamente constante a lo largo de la mayor parte de la secuencia (Zonas LPAZ1-LPAZ2), oscilando alrededor del 90% del total. *Corylus* también acompaña la fase de dominio arbóreo y, aunque los porcentajes son bajos, el polen de *Alnus* y *Pinus* tipo *sylvestris* está presente a lo largo de toda la secuencia. Aparecen también puntualmente otros caducifolios mesófilos (*Castanea*, *Fagus*, *Ulmus*, *Tilia* y *Fraxinus*) y solo se registra polen de *Juniperus*, en por-

centajes muy bajos, en un corto periodo de tiempo posterior a 3390 años BP.

La zona superior (LPAZ3), correspondiente al Holoceno final, registra un descenso muy acusado de AP a la par que una expansión de *Calluna* y, sobre todo, de *Erica*. Este cambio se debe a la intensa actividad antrópica que resultó de una severa deforestación.

El registro y la fase de deforestación es más o menos sincrónico con otras secuencias de las montañas de Ancares y oeste de la Cordillera Cantábrica (Brañas de Lamela, Suarbol, A Cespedosa y Porto Ancares), aunque los primeros indicios de actividad antrópica se registran unos milenios antes en yacimientos situados a menor altitud, como Pozo do Carballal.

Más información

Muñoz-Sobrino *et al.* (1997), Ramil-Rego *et al.* (1998b, 2000), Muñoz-Sobrino (2001)



ABRIC DE LA FALGUERA

Barranc de Les Coves, Alcoy, Alicante
Holoceno (8240-4660 años cal BP)

El Abric de la Falguera es una cavidad de 16 x 6 m que se abre sobre una pared en la margen derecha del Barranc de les Coves (Figs. 1 y 2), tributario del río Polop y localizado en una de las estribaciones más septentrionales del Parque Natural del Carrascal de la Font Roja (Alcoi, Alicante) a 38° 40' 22" N, 00° 33' 59" O y 860 m s.n.m. Actualmente, el barranco permanece inactivo durante la mayor parte del año, pero constituye un enclave húmedo y umbroso colonizado por una densa vegetación meso-mediterránea entre la que destacan *Quercus rotundifolia* y *Pinus halepensis* y más esporádicamente, *Fraxinus ornus*, *Quercus faginea*, *Prunus avium* y *Ficus carica*. El cortejo arbustivo actual está formado fundamentalmente por *Quercus coccifera*, *Juniperus phoenicea*, *Rosmarinus officinalis*, *Ulex parviflorus* y *Cistus albidus*, además de algunas lianas y trepadoras, como *Hedera helix* y *Rubia peregrina*. La vegetación arbórea se localiza exclusivamente en el fondo del barranco y contrasta con las vertientes más expuestas a la insolación, cubiertas por un matorral bajo, algunas de ellas abanacadas y ocupadas por cultivos.

Los primeros trabajos de excavación en el abrigo se llevaron a cabo en 1981 por el Museu Arqueològic Municipal "Camil Visedo i Moltó", pero fue entre 1998 y 2001 cuando se realizó la excavación sistemática en la que se recuperaron los restos paleobotánicos y que ha permitido establecer de forma sólida la secuencia arqueológica. El Abric de la Falguera estuvo ocupado esporádicamente desde el Mesolítico hasta la Edad del Bronce, aunque los niveles más potentes del yacimiento corresponden a cronologías del Meso-lítico-Neolítico.

Los resultados antracológicos (Fig. 3) han dado lugar a varias publicaciones (Carrión-Marco 1999, 2002, 2005, 2006a,b; García & Aura 2006). El registro comienza en un momento de dominio de *Juniperus* y *Quercus* perennifolios, acompañados por *Quercus* caducifolios (Fase Antracológica 7, datada en 7526 años BP). La presencia de *Juniperus* puede corresponder a cierta reminiscencia



Figura 1. Vista del Barranc de les Coves desde su entrada (Foto: O.García)



Figura 2. Entorno del abrigo desde la cabecera del Barranc de les Coves (Foto: Yolanda Carrión-Marco)

de las formaciones de coníferas preholocenas, ya enmascarada por la clara progresión de taxones mesófilos.

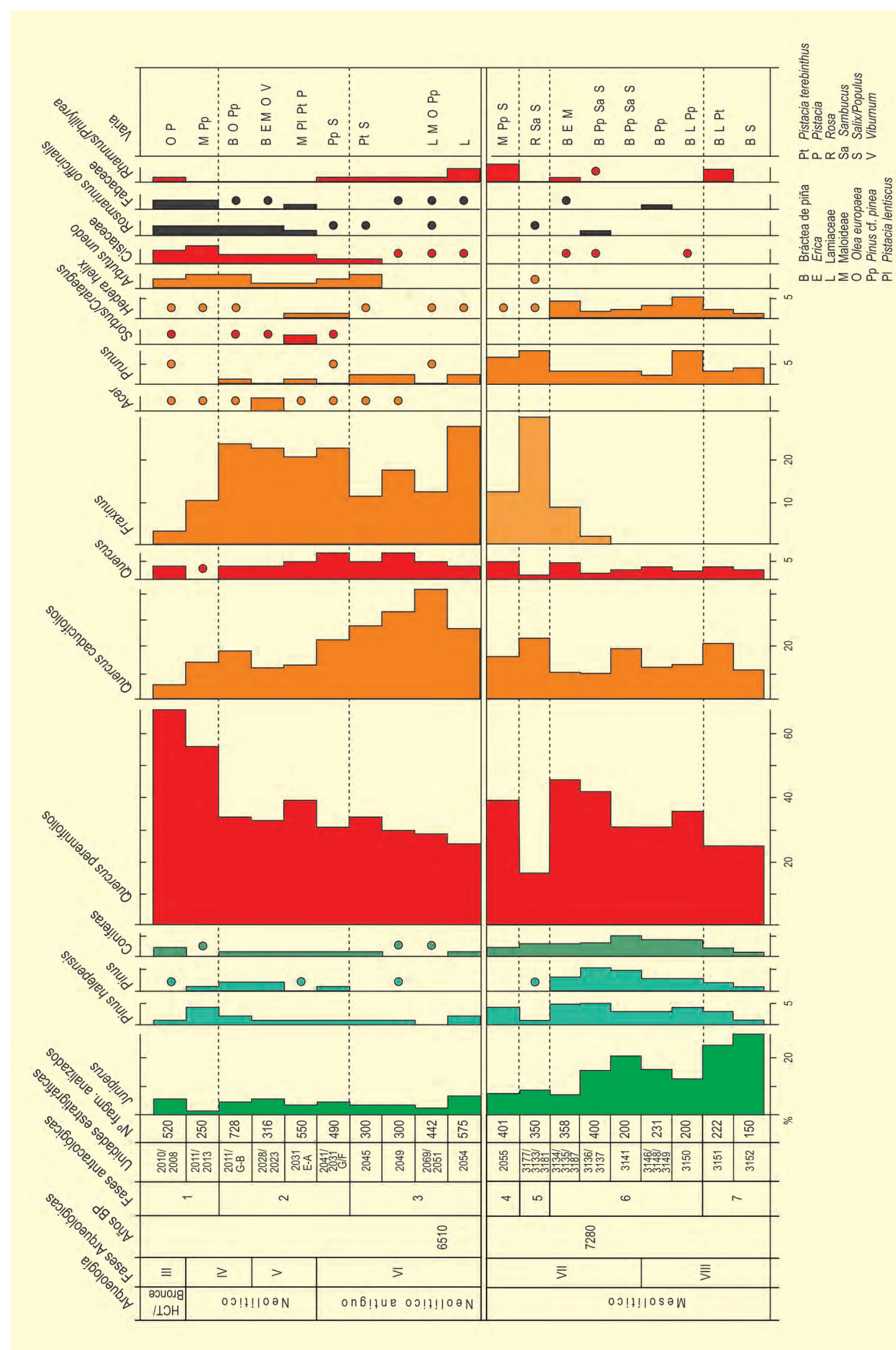
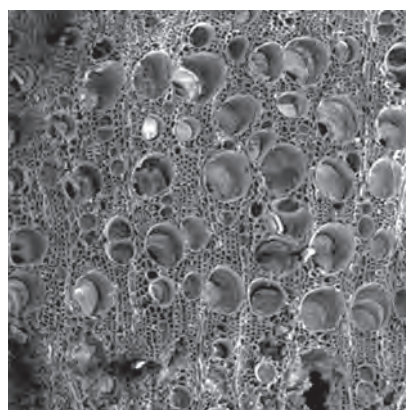
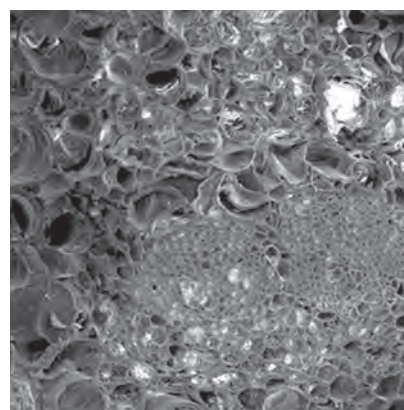


Figura 3. Diagrama antracológico de los sectores 2 y 3 del Abric de la Falguera. Redibujado de Carrión-Marco (2002)

Tabla 1. Dataciones radiocarbónicas del Abric de la Falguera (García & Aura 2006)

Reg. Lab.	Fase	Años BP	Años cal. BP	Contexto	Muestra	Método
AA-2295	VIII	7410 ± 70	8240	Mesolítico	Semilla <i>Olea europaea</i>	AMS
AA-59519	VIII	7526 ± 44	8340	Mesolítico	Bráctea piña	AMS
Beta-171910	VII (hogar)	7280 ± 40	8100	Mesolítico	Carbón pino	AMS
Beta-142289	VI	6510 ± 80	7420	Neolítico antiguo	<i>Triticum monococcum</i>	AMS
AA-60625	VI	5833 ± 65	6640	Neolítico antiguo	<i>Capra pyrenaica</i>	AMS
AA-60627	VI	5655 ± 54	6440	Neolítico antiguo	Hueso <i>Ovis/Aries</i>	AMS
AA-60626	V	4388 ± 53	4980	Neolítico final	Hueso <i>Ovis/Capra</i>	AMS
AA-59518	V	4140 ± 120	4660	Neolítico final	<i>Triticum monococcum</i>	AMS

**Figura 4.** Imagen al M.E.B. del corte transversal de un carbón de fresno (Foto: Yolanda Carrión-Marco)**Figura 5.** Imagen al M.E.B. del corte tangencial de un carbón de fresno (Foto: Yolanda Carrión-Marco)**Figura 6.** Imagen al M.E.B. del corte transversal de una escama de piña de *Pinus halepensis* (Foto: Yolanda Carrión-Marco)

La presencia de *Prunus*, *Rhamnus-Phillyrea*, *Hedera helix*, *Pistacia terebinthus*, *Salix-Populus* y *Sambucus*, así como los ya altos porcentajes de *Quercus* denotan la existencia de una formación forestal bien desarrollada. La ausencia de los taxones arbustivos que estarán presentes en fases posteriores parece indicar que los espacios más abiertos estarían ocupados preferentemente por coníferas.

La Fase Antracológica 6, datada en 7280 años BP, constituye el dominio de *Quercus* perennifolios, mientras que los caducifolios se mantienen con porcentajes más modestos. *Juniperus* y el resto de coníferas continúan teniendo una importante presencia. Al final de esta fase irrumpe la curva de *Fraxinus*, que había estado totalmente ausente hasta el momento, lo que probablemente revela el efecto del aumento de la temperatura y la humedad que se produce con el denominado periodo Atlántico. La etapa óptima de la vegetación se da entre las fases antracológicas 5 y 3, cuyo inicio está datado en 6510 años BP, momento en el que se aprecia un aumento notable de los caducifolios,

representados en el binomio *Quercus-Fraxinus*, mientras que las curvas de *Quercus* perennifolios y de *Juniperus* experimentan una visible reducción.

En la Fase Antracológica 2, se inicia la progresión de *Quercus* perennifolios y, en menor medida, *Acer*, *Arbutus unedo*, *Cistaceae*, *Rosmarinus officinalis* y *Fabaceae*, mientras que los *Quercus* caducifolios inician un descenso continuo. Esta tendencia se acentúa en la Fase Antracológica 1, con el dominio definitivo de *Quercus* perennifolios y de los arbustos característicos del bosque mediterráneo actual, lo que puede ser un efecto de la pérdida de humedad edáfica y/o ambiental, con escasa circulación de agua por el barranco, a la que se debe de añadir el impacto de la actividad humana en la zona, con evidente orientación ganadera.

Más información

Carrión-Marco (1999, 2002, 2005, 2006a,b), García & Aura (2006)



ACEBRÓN

Complejo del Abalario, Almonte, Huelva
Holoceno (4600 años BP – actualidad)

El Charco del Acebrón ($37^{\circ} 04' 02''$ N, $06^{\circ} 33' 03''$ O; 25 m s.n.m.) (Figs. 1 y 2) es una laguna que se sitúa en el complejo de humedales onubenses del Abalario, en los límites interiores del Parque Nacional de Doñana, a 6 km al norte de Matalascañas, Huelva. Se trata de un complejo que se ha

visto fuertemente influenciado por la geodinámica dunar, al igual que ocurre con Las Madres y que viene alimentado por los arroyos de La Rocina y La Cañada.

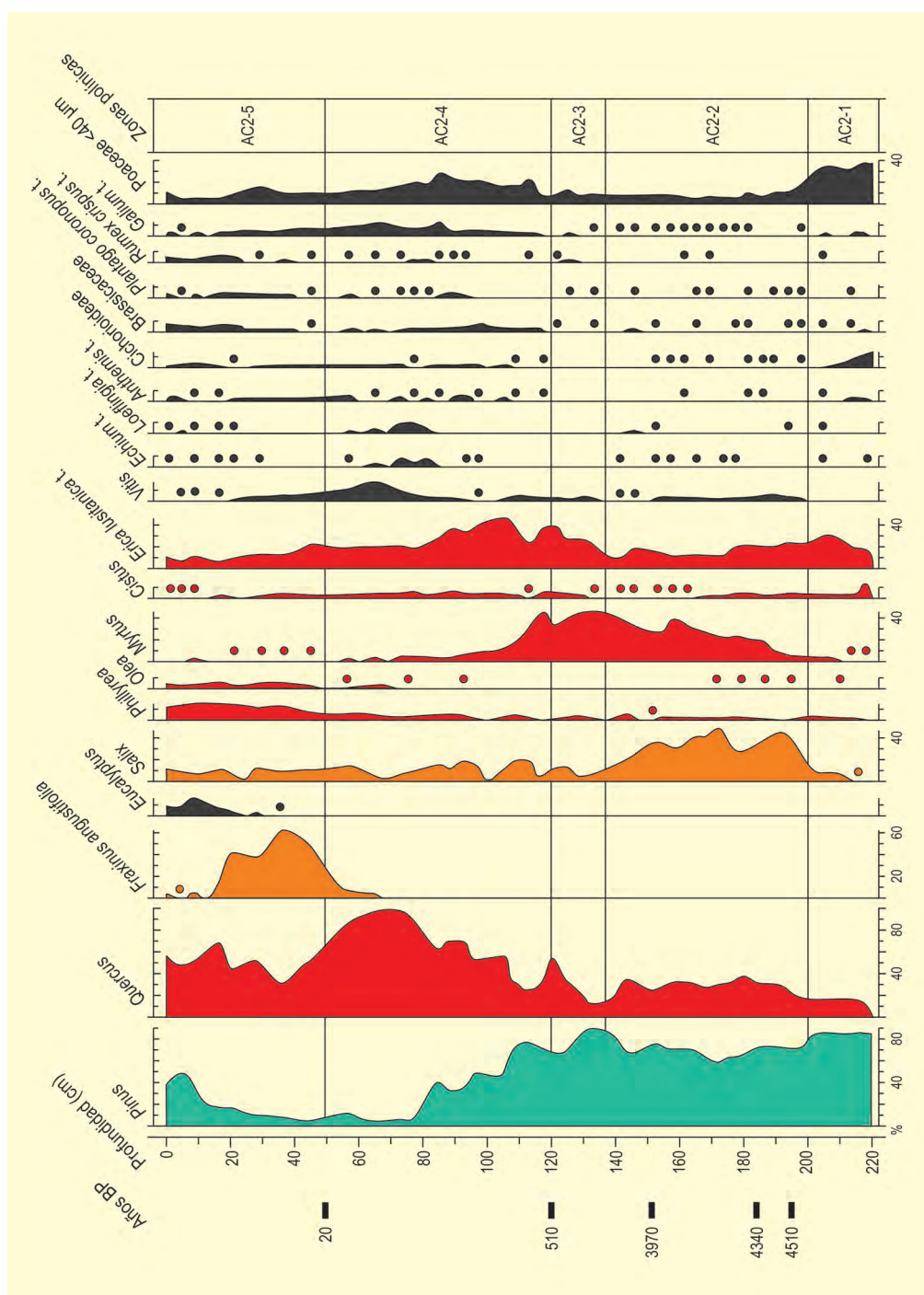
La vegetación actual incluye alcornoques y helechos, así como pinares, eucaliptos y matorral. Entre las



Figura 1. Vistas del Charco del Acebrón, Huelva (Fotos: Pablo García Murllo)

Tabla 1. Dataciones de la secuencia del Acebrón (Stevenson & Moore 1988, Stevenson & Harrison 1992)

Ref. Lab.	Prof. (cm)	Años BP	Años cal. BP	Material	Muestra
OxA-857	48	20 ± 80	150	Madera	AC1
OxA-858	110	510 ± 80	560	Madera	AC2
OxA-856	159	3970 ± 110	4440	Madera	AC2
OxA-855	194	4340 ± 80	5150	Madera	AC2
BETA-9093	199	4510 ± 80	5150	Turba	AC2

**Figura 2.** Diagrama polínico de la secuencia AC2 de Acebrón. Redibujado de Stevenson & Harrison (1992)

especies más características tenemos *Pinus pinea*, *Quercus suber*, *Pistacia lentiscus*, *Phillyrea angustifolia*, *Olea europaea* var. *sylvestris*, *Erica ciliaris*, *Myrtus communis*, *Arbutus unedo*, *Halimium halimifolium*, *Cistus salvifolius*, *Frangula alnus*, *Ulex minor*, *Osmunda regalis* y *Pteridium aquilinum*. Los higrófitos e hidrófitos más relevantes son *Salix atrocinerea*, *Fraxinus angustifolia*, *Cladium mariscus*, *Phragmites australis*, *Carex pseudocyperus* y varias especies más de cárices.

Stevenson & Moore (1988) obtuvieron dos testigos (AC1, AC2) en la zona turbosa marginal a la laguna. A continuación hacemos una descripción sucinta del registro palinológico sobre el segundo testigo (AC2, Fig. 2), cuya cronología más antigua supera los 4500 años (Tabla 1). La investigación se vio acompañada de un estudio de la lluvia polínica local.

Durante la zona polínica AC2-1 (anterior a 4500 años BP) se distingue un alto porcentaje de gramíneas, Cichorioideae y *Pinus*.

La zona AC2-2 (4510-3900 años BP) mantiene porcentajes de *Pinus* relativamente elevados mientras decrece Poaceae. Es, sin embargo, una zona caracterizada por incrementos moderados en *Quercus*, *Phillyrea* y *Cistus*, y muy acentuados en *Myrtus*, *Erica*, *Salix* y *Vitis*.

La fase siguiente (AC2-3), cuya cronología no está bien definida, supone un descenso de *Salix* y *Quercus*, así como un aumento inicial de *Pinus* seguido de *Erica*.

Estas condiciones se revierten durante AC2-4 (posterior a 510 años BP), caracterizada por un fuerte descenso en *Myrtus*, *Pinus*, *Erica* (progresivo), así como un nuevo incremento de *Vitis*, Poaceae y otros elementos herbáceos como boragináceas, asteráceas, brasicáceas y rubiáceas, sugerentes de cierta ruderalización.

La fase más reciente (AC2-5, posterior a 20 años BP) registra la plantación de *Eucalyptus*, los máximos en *Phillyrea*, *Plantago* y *Rumex*, así como *Fraxinus angustifolia*, este último plausiblemente ligado a la arboricultura.

Según Stevenson & Moore (1988) y Stevenson & Harrison (1992), esta diacronía vegetal es sugerente de acción antrópica desde el principio. Se postula la acción del fuego, alteraciones en el drenaje de la cuenca, así como agricultura prehistórica (*Vitis*) en un contexto de dehesa, al igual que ocurre con lo descrito en la Laguna de las Madres (Stevenson & Harrison 1992). Se señala también la ausencia de *Juniperus* en todo el registro polínico del Acebrón.

Más información

Stevenson & Moore (1988), Stevenson & Harrison (1992)



ADDAIA

Norte de Menorca, Islas Baleares
Holoceno (~6100 años cal BP – actualidad)

Las Salines d'Addaia se localizan en el noroeste de Menorca, en el municipio de Es Mercadal, formando parte del Parque Natural de S'Albufera des Grau. Estas salinas fueron explotadas desde 1845 hasta 1990. La superficie total de la zona húmeda actual es de 46 Ha, en su mayoría inundada todo el año, aunque cuenta también con zonas de inundación temporal (Fig. 1).

La vegetación está dominada por plantas crasas típicas del saladar (amarantáceas), y un matorral denso en territorios más elevados constituido por brezos (*Erica*), lentiscos (*Pistacia lentiscus*), oleáceas como acebuches (*Olea europaea* var. *sylvestris*) y falso aladierno (*Phillyrea media*) entre otras.

En septiembre de 2008 se recuperó una secuencia sedimentaria de 286 cm mediante el uso de sonda rusa de 50x5 cm. El sondeo se realizó en la zona central de la laguna (39° 59' 23" N, 4° 12' 21" E; 0 m s.n.m), donde se pudo obtener la mayor potencia sedimentaria sobre la roca madre.

Las dataciones radiocarbónicas calibradas se muestran en la tabla 1. El modelo cronológico se basa en cuatro dataciones radiocarbónicas, incorporando la fecha de 2008 años AD para la superficie moderna de la secuencia. Las dataciones radiocarbónicas indican que la sedimentación de la laguna comenzó a finales del 5º milenio cal BC y que se produjo una sedimentación continua durante los últimos 6100 años. La descripción de las facies sedimentarias se muestra en la tabla 2.

La secuencia polínica muestra los cambios de vegetación y las dinámicas de antropización durante el Holoceno medio y reciente (Fig. 2). Se han identificado un total de 4 fases ambientales, que incluyen tres zonas y seis subzonas polínicas.

La primera fase ambiental (zona Add-1a) muestra las dinámicas de la vegetación antes del impacto humano y corresponde al período entre ~4100-3500 años cal BC. La vegetación mesófila fue dominante durante el Holoceno medio en el área de Addaia. Los datos paleobotánicos de este periodo indican la existencia de



Figura 1. Panorámica de Ses Salines d'Addaia (Foto: G. Servera Vives)

Tabla 1. Dataciones radiocarbónicas AMS de la secuencia de Addaia. Curva de calibración usada: IntCal20 (Servera-Vives *et al.* 2018)

Ref. Lab.	Prof. (cm)	Material	Edad BP	Edad calibrada (2 σ)
Beta - 287626	88-95	carbón	1970 $\pm$ 40	48 cal BC - 131 cal AD
Beta - 300340	110-115	<i>Cerastoderma</i>	2620 $\pm$ 30	825-773 cal BC
Beta - 300341	175-180	semillas	3840 $\pm$ 40	2458-2199 cal BC
D-AMS 013331	275-277	polen	5148 $\pm$ 31	3997-3936 cal BC

un medio forestal cerrado en un contexto de escasa o nula actividad humana. En este momento, hay una prevalencia de comunidades litorales y de formaciones forestales de carácter mesófilo (*Corylus*, *Buxus*, *Quercus* caducifolios, etc.). La presencia de un ambiente forestal cercano al humedal también se evidencia a través de la presencia de hongos saprófitos y/o parásitos como *Kretzschmaria deusta* y *Brachysporium*, los cuales podrían estar relacionados con la proximidad de los árboles huéspedes o con la presencia de madera en descomposición en los alrededores de la zona de perforación. Las formaciones de avellanos probablemente estuvieran restringidas a la parte interior de la isla y a valles profundos, donde predominaban condiciones más húmedas y suelos más profundos. Los altos valores de *Buxus* indican la relevancia de las formaciones de boj en esta isla durante el Holoceno inicial y medio. Aunque *Buxus balearica* no se encuentra en Menorca en la actualidad, sigue estando presente en otras islas de las Baleares como Mallorca y Cabrera.

La identificación de macrorestos de *Juniperus phoenicea* y la concentración de estomas en la secuencia de Addaia revelan la presencia de sabinas a nivel local, y subrayan el papel significativo de esta especie en las comunidades litorales durante este periodo, probablemente en sustrato rocoso o arenoso. Esta formación vegetal también fue observada en otras secuencias de polen de Menorca, específicamente en Cala en Porter, Algendar, Cala Galdana, Son Bou, Hort Timoner y Es Grau. Los indicadores polínicos de antropización (IPA) son escasos durante esta fase, entre los que cabe destacar la baja presencia de *Papaver*, *Asphodelus albus* t., *Plantago lanceolata* t., *Rumex* y *Artemisia*. Estos valores débiles de IPA seguramente no deberían ser interpretados como evidencia de actividades humanas debido a la falta de cambios en otros indicadores como los macrocarbones, NPPs o el descenso de los valores de polen arbóreo.

Los valores notorios de los taxones mesófilos como *Corylus*, *Quercus* caducifolios y *Buxus* en las secuencias de las Gimnesias (Mallorca y Menorca) indican la prevalencia de unas condiciones climáticas más húmedas y con lluvias más regulares que en el régimen mediterráneo actual. En las secuencias de las Baleares, el óptimo mesofítico parece acabar al final del 6º milenio cal BC (~7 ka cal BP), coincidiendo con el inicio de una tendencia progresiva a la sequía confirmada por el aumento de polvo procedente del Sáhara en el sur de la Península Ibérica. Este cambio en las condiciones climáticas coincide con un descenso relativo de los árboles mesófilos y de los arbustos en las secuencias de Mallorca y Menorca.

La segunda fase ambiental (zonas ADD-1b y ADD-1c) corresponde a las primeras evidencias polínicas de actividades agropastorales (~3500-2100 años cal BC). Esta fase ambiental registra un paisaje vegetal similar al anterior, con vegetación costera dominada por *Juniperus* y bosques formados por *Buxus*, *Quercus* caducifolios, *Quercus ilex* t. y *Corylus*. Entre ~3500 y 2650 años cal BC (zona ADD-1b), se registra una diversificación de los indicadores polínicos de antropización, con las primeras apariciones de taxones de cultivo, algunas malas hierbas y taxones nitrófilos como *Urtica* t. y *Rumex acetosa* t. Este hecho es coetáneo del ligero descenso del polen de boj y de pino, así como del aumento de algunos taxones de prados y heliófilos como Scrophulariaceae, Fabaceae, *Astragalus* t., *Lotus* t. y Rubiaceae, sugiriendo el inicio de actividades agropastorales en un contexto de prácticas móviles que no implica un retroceso permanente del bosque, como lo muestra la disminución puntual de los valores de polen arbóreo. En este sentido, la diversificación de los hongos coprófilos como *Podospora*, *Sordaria* o *Trichodelitschia* apunta a una presencia más intensa de herbívoros en la zona húmeda. Estas deforestaciones en los alrededores de Addaia podrían haber producido un aumento de la erosión

del suelo como lo indica el aumento de las esporas de hongo endomicorrízico *Glomus* cf. *fasciculatum*. La secuencia de Es Grau, que se encuentra a solo 8 km de Addaia, registra en este periodo un marcado aumento de polen de *Olea*, *Plantago*, Poaceae, *Erica* y Cerealia t. (~3300 años cal BC), siendo interpretado como el principio de la vegetación de transición a las formaciones de maquis del noreste de Menorca e indica la creación de claros, un hecho que se observa también ligeramente en Addaia. Ambas secuencias sugieren la presencia de actividades agropastorales del Neolítico al final del 4º milenio cal BC.

Desde ~2650-2100 años cal BC (subzona ADD-1c), la progresiva disminución de los bosques de boj y roble sucede simultáneamente al incremento de los taxones nitrófilos y ruderales, principalmente *Asphodelus* y *Plantago major/media* t., y ya en menor medida de *Urtica* t., *Rumex*, *Rumex acetosa* t., *Polygonum aviculare* t. y *Artemisia*. Por otro lado, un aumento de los hongos coprófilos (incluyendo *Sporormiella*, *Sordaria*, Sordariaceae, *Cercophora* y *Coniochaeta* cf. *lignaria*) confirma la presencia de herbívoros cerca de la laguna. Además de esto, el incremento de hierbas y la recurrencia de partículas de macrocarbones en esta subzona sugieren la creación de claros con finalidades pastorales durante el periodo Calcolítico. Esta fase de aumento de la antropización en base a los resultados polínicos se corresponde con el momento científicamente aceptado hasta la fecha para la colonización y ocupación definitiva de las Islas Baleares. En conjunto, todas estas evidencias indican la primera transformación humana del entorno insular alrededor del final del 4º milenio cal BC, aunque se necesitan más datos arqueológicos y paleoambientales para evaluar la dimensión del impacto de los humanos en el paisaje insular.

La tercera fase ambiental (subzonas ADD-2a y ADD-2b) supone la expansión de las actividades agropastorales y la transformación profunda del paisaje (2100 años cal BC-270 años cal AD). En ~2100 años cal BC (subzona ADD-2a) se documenta un profundo cambio en el paisaje, el cual implica una sustitución de la vegetación mesófila por una formación de maquias y garrigas mediterráneas dominada por olivos silvestres, brezos, lentiscos y estepas. La disminución simultánea de *Pinus* y *Juniperus* indica un cambio en la vegetación litoral. Por otra parte, la diversificación de los taxones herbáceos

heliófilos como *Anthemis* t., *Aster* t., *Carduus* t., *Cirsium* t. o *Lotus* t. sugiere también la existencia de zonas abiertas o clareadas. En este sentido, las actividades agropastorales estaban presentes como indican la expansión y la diversificación de apófitos (principalmente *Plantago lanceolata* t., *Plantago major/media*, *Trifolium arvense* t. y *Sinapis* t.), mientras que la expansión de hierbas apunta a una mayor apertura del paisaje. Además, la frecuencia de incendios a escala regional parece aumentar de manera simultánea al descenso de los taxones caducifolios y mesófilos, así como al aumento de los indicadores polínicos de antropización. Todos estos datos sugieren que la gestión forestal y las actividades agropastorales podrían jugar un papel clave en la construcción de un paisaje cultural en mosaico formado por maquias, garrigas, zonas de pasto y campos de cultivo. Por otro lado, los valores notables y la diversificación de los hongos coprófilos (*Sporormiella*, *Podospora*, *Sordaria*, *Cercophora* o *Delitschia*) destacan el desarrollo de las actividades pastorales cerca de la laguna durante este periodo, ya que la fauna endémica (*Myotragus balearicus*) probablemente habría ya desaparecido en estos momentos. Como se ha indicado para la subzona ADD-1c (~2650-2100 años cal BC), los valores significativos de macrocarbones sugieren la mayor frecuencia de quemadas/incendios tanto por causas antrópicas para la generación de pastos como por una tendencia climática más árida.

El cambio generalizado en la composición y estructura de la vegetación en toda la isla de Menorca ocurre simultánea o ligeramente posterior a la expansión de los taxones heliófilos y podría indicar la creación de claros por parte de las comunidades prehistóricas. En este contexto se desarrollaría también la vegetación pionera postincendio como sería el caso de brezos, gramíneas o cistáceas, la cual sería coetánea al incremento de ciertos taxones cultivados y apófitos (Cerealia t. o *Plantago*). La expansión de los taxones nitrófilos y ruderales coincidiendo con el cambio de vegetación ha sido registrada en otras secuencias del norte y sur de Menorca (secuencias de Es Grau, Cala en Porter y Algendar). Según estas secuencias, las especies de *Plantago* aumentan en la transición entre el Holoceno medio y tardío en los diagramas de las Gimnesias, hecho que se puede considerar como probable indicador de alteración humana por su coincidencia con otros IPA en los diagramas polínicos.

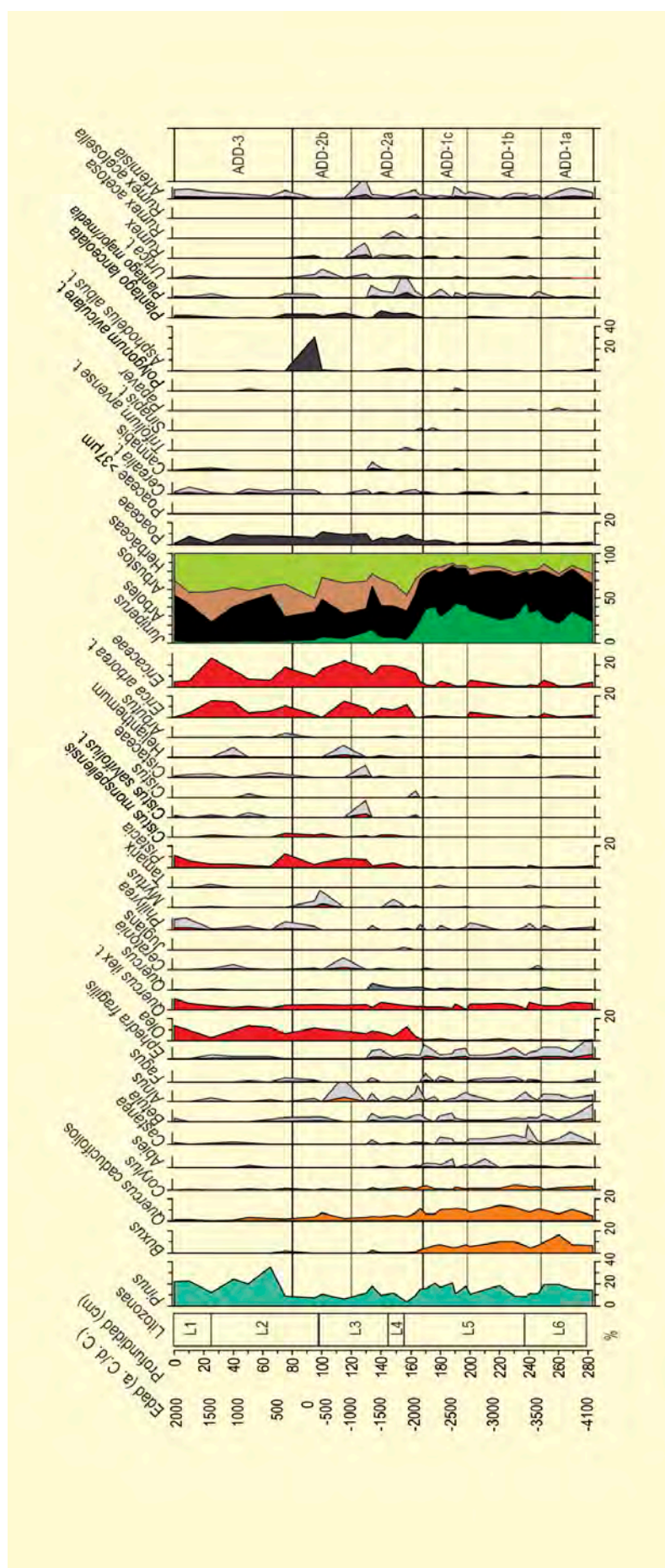


Figura 2. Diagrama porcentual de Addaia mostrando curvas seleccionadas de polen, microfósiles no polínicos y macrocarbones. Se incluyen igualmente la litología y el análisis de rarefacción. Modificado de Serva-Vives *et al.* (2018)

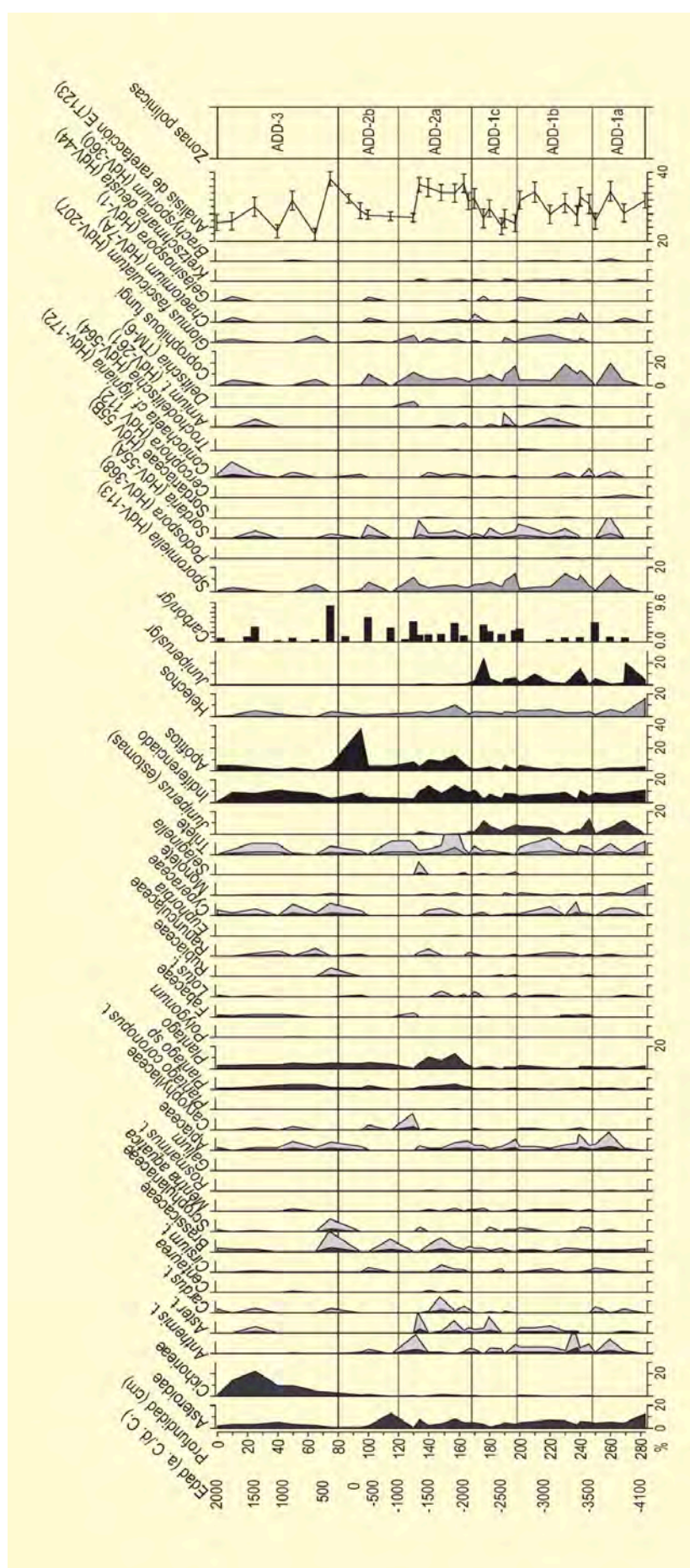


Figura 2. Continuación

Tabla 2. Facies sedimentarias de la secuencia de Addaia

Facies sedimentarias	Prof. (cm)	Descripción
Litozona 1	25-0	Arcillas rojizas. Abundancia de <i>Cerithium</i> , <i>Cerastoderma</i> , Foraminifera e <i>Hydrobites</i>
Litozona 2	100-25	Arenas bioclásticas en matriz de arcillas rojizas, con creciente contenido orgánico. Abundancia de <i>Cerithium</i> , <i>Cerastoderma</i> , Foraminifera e <i>Hydrobites</i>
Litozona 3	150-100	Arenas bioclásticas en matriz de limos con contenido creciente de materia orgánica. Abundancia de <i>Cerithium</i> , <i>Cerastoderma</i> , Foraminifera e <i>Hydrobites</i>
Litozona 4	157-150	Nivel limo-arenoso con abundante malacofauna. Presencia de ostrácodos, <i>Hydrobites</i> e <i>Planorbidae</i>
Litozona 5	242-157	Arcillas finas y limos bioclásticos rojizos. Presencia de ostrácodos, <i>Hydrobites</i> e <i>Planorbidae</i>
Litozona 6	286-242	Arenas finas bioclásticas en matriz arcillosa. Presencia de ostrácodos, <i>Hydrobites</i> e <i>Planorbidae</i>

Las dataciones radiocarbónicas disponibles y los indicadores agropastorales en las secuencias de polen de Menorca indican una transición más gradual al cambio del paisaje, probablemente con una variabilidad micro-regional donde las actividades humanas también podrían jugar un papel clave. Por otro lado, la expansión de las comunidades vegetales adaptadas a la sequía y el incremento general de las alteraciones humanas, en un contexto de condiciones climáticas más secas y estacionales, parece explicar el aumento de los incendios, tal y como se ha observado en otras secuencias más al sur de 40° N. En este sentido, las comunidades prehistóricas utilizaron el fuego para generar espacios abiertos para practicar la ganadería, promoviendo los claros que progresivamente ocuparon las formaciones más adaptadas al clima más seco, como son las maquias y las garrigas. Parece probable que las divergencias microregionales para el cambio paisajístico registrado puedan estar relacionadas con diferentes ritmos de antropización, factores microclimáticos/topográficos y la proximidad a refugios de vegetación termo-mediterránea en la isla, en un contexto de sequía y estacionalidad creciente a partir de la transición del Holoceno medio al reciente.

Durante la Edad del Bronce final y la Edad del Hierro (subzona ADD-2b), se observa un retroceso en los bosques de pinos, que ocurre simultáneamente a un aumento de matorrales (incremento de los valores de polen de lentisco y de brezo). La persistencia de incendios/quemas forestales sugiere el uso del fuego para la expansión de las actividades pastorales en la zona, también evidenciado por los valores moderados de

apófitos como *Plantago lanceolata* t., *Asphodelus*, *Rumex* o *Urtica* t. y hongos coprófilos. De todos modos, se intuye una ligera disminución de la frecuencia pastoral cerca de la laguna en base a una menor diversidad de IPA y hongos coprófilos durante la segunda mitad del primer milenio cal BC (zona superior ADD-2b, Edad del Hierro final o periodo Postalayótico) y en la época romana, coincidiendo con un descenso de la frecuencia de incendios. Por otro lado, la aparición de polen de cereales evidencia la existencia de actividades agrícolas a escala regional, mientras que el aumento de polen de algarrobo en la Edad del Bronce final y en la Edad del Hierro (periodos Naviforme y Talayótico) apunta a la posible difusión de la arboricultura del algarrobo en la zona. Por lo tanto, esta fase ambiental pone de relieve la complejidad de las relaciones entre humanos, clima y medioambiente, principalmente en el Holoceno tardío. En este sentido, parece que las maquias, las garrigas y los claros son favorecidos por la acción humana, en un contexto de sequía y estacionalidad crecientes que favorecen la inflamabilidad de la vegetación y la sustitución de las comunidades mesófilas por una vegetación termófila mejor adaptada a las nuevas condiciones climáticas.

La cuarta fase ambiental (zona ADD-3) corresponde a las dinámicas de vegetación en fases históricas en el entorno de Addaia, más concretamente entre ~270 años cal AD y la actualidad. La segunda mitad del primer milenio cal AD (periodo vándalo) registra una cierta recuperación en la cobertura forestal, principalmente de *Pinus* y *Olea*, y la disminución de algunos arbustos termomediterráneos como *Cistus monspeliensis*

t., *Pistacia* y *Ericaceae*. Esta recuperación forestal también se asocia a la disminución de las quemas durante este periodo y el descenso de diversos apófitos. Sin embargo, se registran otros taxones herbáceos (*Poaceae*, *Asteroidae* y *Cichorieae*) con valores moderados que sugieren cierto mantenimiento de las zonas abiertas.

Desde ~900 a 1100 años cal AD (momento de las conquistas musulmana y cristiana), se registra una reducción de los bosques de pino y acebuches, mientras que los encinares y los matorrales (principalmente las estepas y los lentiscos) aumentan progresivamente. La expansión de los bosques de *Quercus ilex* se registra juntamente con la expansión del acebuche/olivo en la secuencia de Es Grau (noreste de Menorca) en ~900-1100 años cal AD, sugiriendo que el encinar y el acebuche/olivo han sido favorecidos por las comunidades humanas durante este periodo de conquistas. La recuperación de algunos apófitos, el aumento notable de *Cichorieae*, la presencia de *Sporormiella* y la concentración de macrocarbones sugieren la existencia de actividades pastorales a escala local. La curva de *Cichorieae* tiene una interpretación compleja en lo que respecta a las relaciones con la presencia humana: por una parte, puede reflejar tanto la presencia de comunidades heliófilas resistentes a la sequía, mientras que por otra puede relacionarse con la presencia de hábitats abiertos secundarios creados para usos pastorales. En las secuencias de sedimentación natural, el polen de *Cichorieae* asociado a un aumento de *Poaceae*, normalmente refleja una extensión de los prados secos durante un clima árido y un impacto humano creciente durante el Holoceno tardío. En este sentido, los datos paleoam-

bientales obtenidos en Addaia describen un cambio hacia las prácticas agropastorales que conllevaron el desarrollo de pastos secos desde la conquista cristiana.

En conclusión, el estudio "multi-proxy" de la secuencia de Addaia revela la compleja historia de las interacciones entre humanos, clima y vegetación durante el Holoceno medio y tardío en un medio insular mediterráneo, que a su vez refleja como la llegada de nuevos contingentes de población contribuyen a la generación de nuevos paisajes en un entorno con condiciones climáticas cambiantes. La secuencia de Addaia es coherente con otros estudios paleoambientales realizados en las Gimnesias, indicando que durante el Holoceno medio predomina un medio forestal con comunidades mesófilas ampliamente extendidas, las cuales se vieron favorecidas por unas condiciones más húmedas que en la actualidad y con un escaso/nulo impacto antrópico. La primera llegada de humanos a las Islas Baleares sigue siendo difícil de detectar tanto a través de datos arqueológicos como paleoambientales. Sin embargo, el estudio "multi-proxy" de Addaia proporciona nuevos datos que apoyan la posibilidad de un descubrimiento y frecuentación de las Baleares durante el Neolítico, que implicaría prácticas agropastorales móviles, como lo demuestra la expansión de una vegetación de tipo abierto o semiabierto dominada por maquias y garrigas coincidiendo con la expansión de indicadores polínicos de antropización. Esta frecuentación humana de la isla parece ser especialmente evidente desde el final del cuarto hasta el comienzo del tercer milenio cal BC.

Más información

Servera-Vives *et al.* (2018)



AIZPEA

Pirineo occidental, Arike, Navarra
Holoceno (8570 – >5000 años cal BP)

Aizpea es un pequeño abrigo que se sitúa en la vertiente sur del Pirineo occidental al final de un cañón del río Irati en el municipio de Arike en Navarra (42° 56' 47" N, 01° 15' 20" O; 720 m s.n.m.). El abrigo se encuentra muy próximo al río, a unos 30 m de distancia horizontal y a unos 10 m por encima del mismo. Se trata de una zona límite entre la vegetación atlántica, que se desarrolla con la altitud y la proximidad al mar, la mediterránea, que se extiende hacia el sur y la pirenaica que se extiende hacia el este. Corresponde a una zona de ombrotipo hiperhúmedo, con más de 1400 mm de precipitación media anual. Las temperaturas medias del invierno son frías (0-1 °C) y los veranos son frescos (21-23 °C). La localización de Aizpea en un medio topográficamente xérico, así como la orien-

tación (sur-suroeste) de la ladera condicionan también el tipo de vegetación que allí se instala. En la actualidad el entorno del abrigo está dominado por formaciones de roble pubescente (*Quercus humilis*) y boj (*Buxus sempervirens*) (Loidi & Bascones 1995).

El yacimiento se hallaba muy alterado cuando comenzó la excavación, que se realizó bajo la dirección de A. Cava. Solo quedaba intacta una superficie de unos 8 m² dispuestos en una banda estrecha a lo largo de la pared del fondo del abrigo. Aizpea cuenta con una secuencia de tres niveles: a (superficial y en gran parte estéril), b (desde el Mesolítico final en la base hasta el Neolítico), y c (base de la estratigrafía del abrigo, arqueológicamente estéril) (Barandiarán & Cava 2001).



Figura 1. Proximidades al Abrigo de Aizpea en Arike (Foto: Sebastián Pérez)

Tabla 1. Dataciones radiocarbónicas del abrigo de Aizpea basadas en materiales óseos. La edad calibrada se tomó como el punto medio del intervalo de probabilidad (95,4 %, 2 σ)

Ref. Lab	Años BP	Años cal. BP	Años cal. BP	Muestra	Método
GrN-18421	6370 $\pm$ 70	7171-7423	7306	12-13	Convencional
GrN-16622	6830 $\pm$ 70	7571-7826	7670	17-18	Convencional
GrN-16621	7160 $\pm$ 70	7850-8161	7983	21	Convencional
GrN-16620	7790 $\pm$ 70	8411-8851	8570	30	Convencional

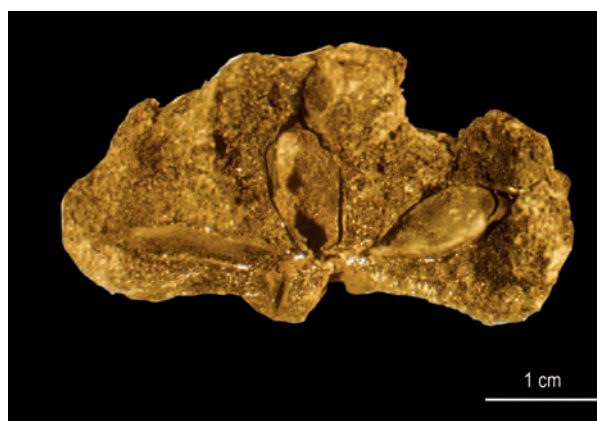


Figura 2. Pomo mesolítico carbonizado (*Malus sylvestris/Sorbus domestica*) (Foto: Lydia Zapata)

Se han realizado diversos estudios arqueobotánicos en este yacimiento, tanto palinológicos (Iriarte 2001) como antracológicos y carpológicos (Zapata 2001, Zapata *et al.* 2002) que dan información tanto de las especies vegetales que formaban parte del bosque circundante como de la relación con las mismas de los seres humanos que vivían en el abrigo en el nivel b (Mesolítico final-Neolítico (Figs. 3 y 4).

El estudio palinológico (Fig. 3) fue realizado por Iriarte (2001) y en él se analizaron 18 muestras recogidas en una columna estratigráfica correspondiente al nivel b (cuadros 8A/8B). En el diagrama puede observarse cómo el estrato arbóreo tuvo al inicio de la secuencia una presencia más importante (con porcentajes superiores al 50%), que al final de la misma, en donde se observa una clara disminución de los porcentajes arbóreos en las muestras más recientes (33-40%). El principal componente del estrato arbóreo fue el avellano (*Corylus avellana*), aunque su representación decrece progresivamente mientras aumenta la importancia de otros taxones como *Tilia*, *Alnus* y *Quercus* caducifolia. Por consiguiente, aumenta la representación del robledal mixto en la mitad

superior del diagrama, probablemente de *Quercus robur*, sin que en general se observen cambios drásticos en la composición del paisaje vegetal en su conjunto.

El análisis antracológico y carpológico del mismo yacimiento fue realizado por Zapata (2001). En la secuencia antracológica la autora ha diferenciado tres zonas diferentes (Fig. 4). La Zona 1 (8570-7983 años cal BP) se caracteriza por los altos porcentajes de *Prunus spinosa*, la presencia de *Pinus* y de varios taxones mesófilos (*Alnus*, *Fraxinus*, *Quercus* y *Corylus*), así como de *Rhamnus*. En cambio, en la Zona 2 (7983-7306 años cal BP) desaparecen los carbones de *Pinus*, disminuye la frecuencia de *Prunus spinosa*, aumenta la de *Quercus* y se documenta la presencia de *Taxus* y *Buxus*. Por último, en la Zona 3 (a partir de 7306 años cal BP), *Taxus* y *Buxus* son los taxones más frecuentes al inicio de la zona, mientras que *Quercus* y *Taxus* decrecen hasta desaparecer al final de la misma a la vez que aumentan los valores de *Buxus*. Las muestras palinológicas 1-18 (las más superficiales de la Fig. 3) se corresponden, aproximadamente, con las antracológicas 7-22.

Entre las plantas recolectadas documentadas en el registro carpológico, los hallazgos se concentran en el nivel b y destaca la presencia de cáscaras de avellana, así como de pomos de rosáceas de dos tipos, tanto de pequeño tamaño (en torno a 6-8 mm de $\varnothing$) del género *Sorbus*, como de mayor tamaño (en torno a 17-20 mm de $\varnothing$) clasificados como *Malus sylvestris/Sorbus domestica* (Fig. 2) (Zapata 2001, Zapata *et al.* 2002).

Se recuperó, así mismo, el enterramiento mesolítico de una mujer de unos 30 años de edad en el momento de su muerte, con una datación de entre 7430-7569 años cal BP. Diversos análisis químicos así como el estado de la dentadura sugieren que el consumo de proteína animal de esta persona fue bajo y que

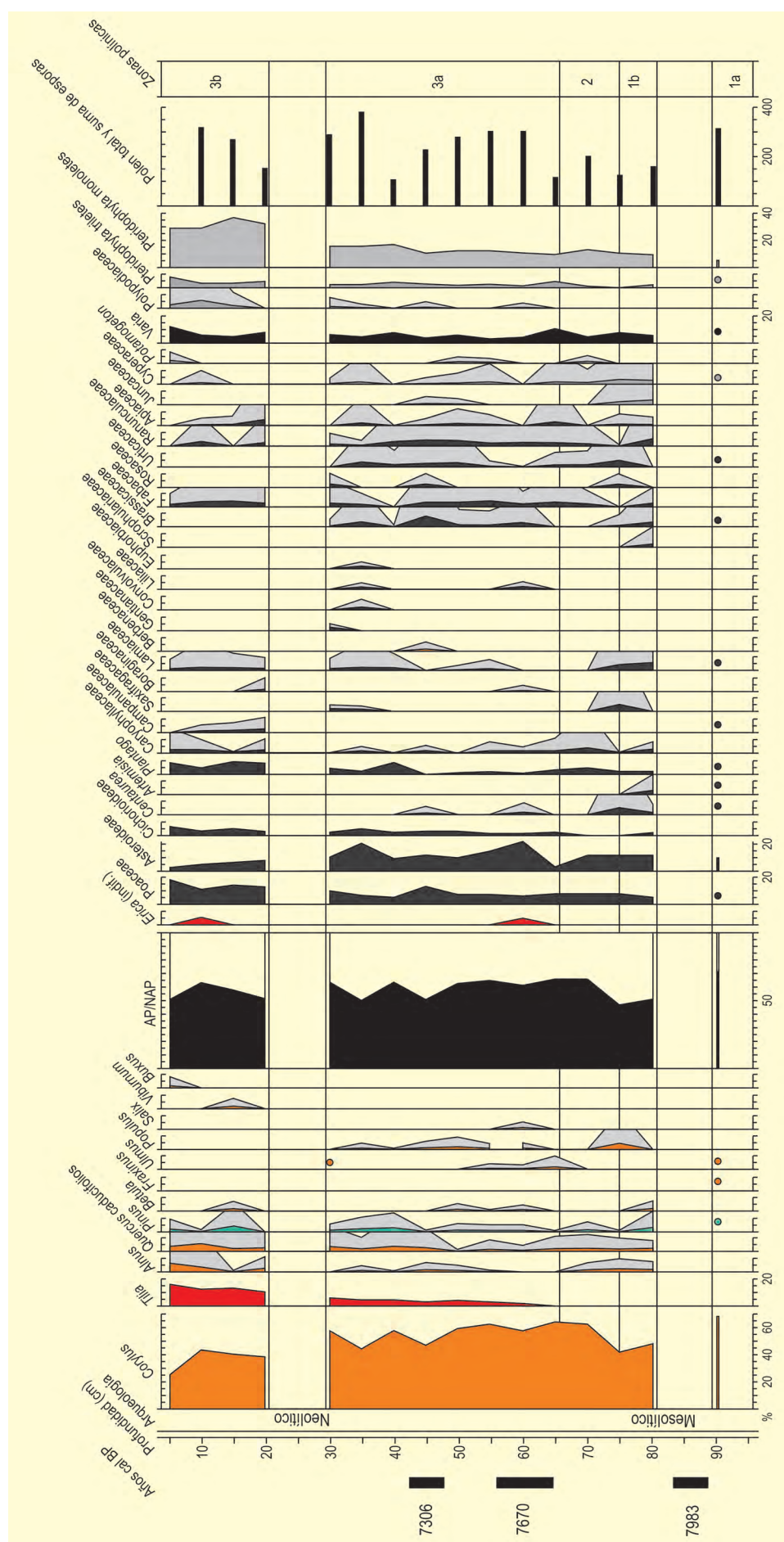


Figura 3. Diagrama polínico del abrigo de Aizpea. Modificado de Iriarte (2001)

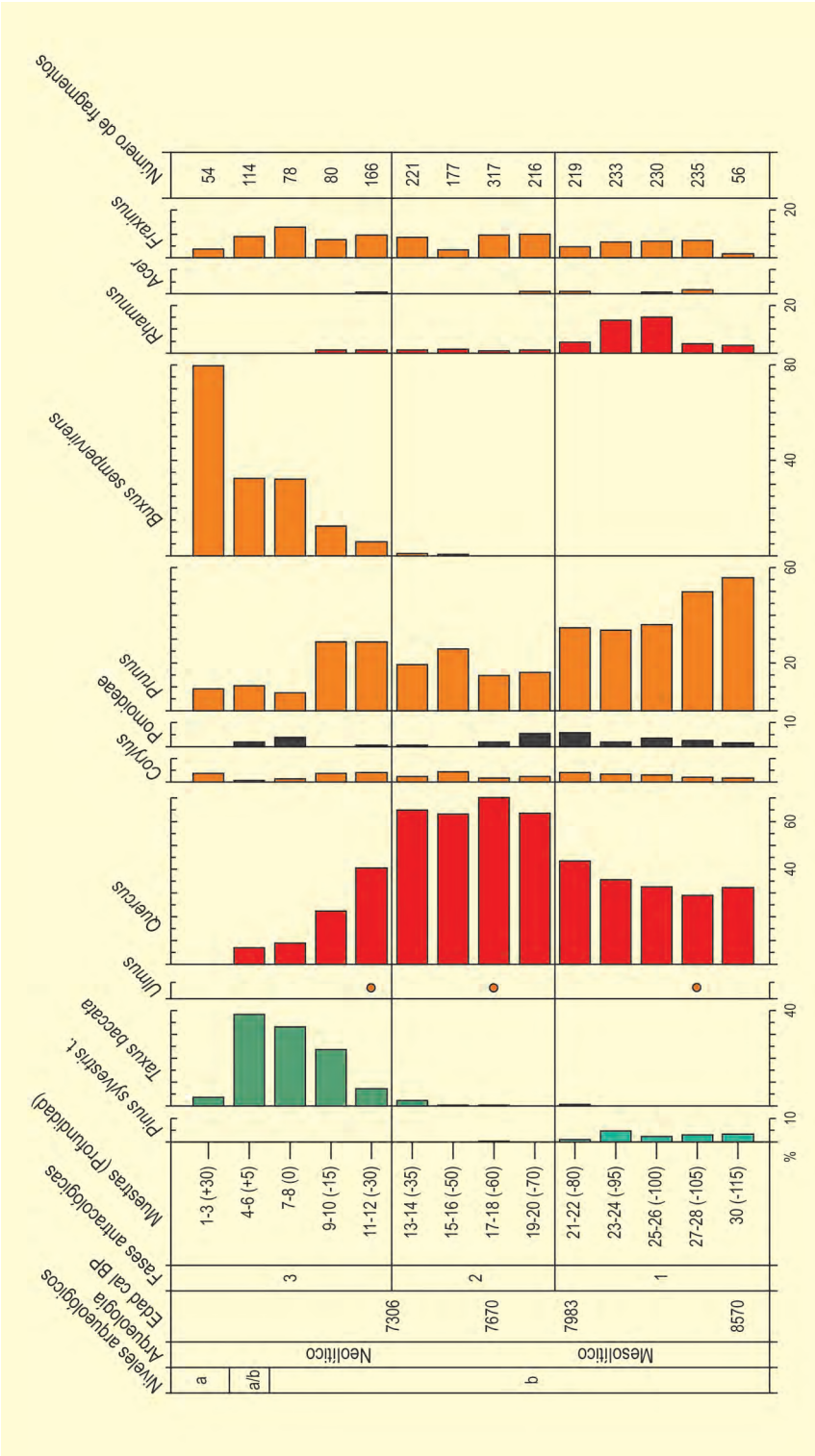


Figura 4. Diagrama antracológico de Aizpea. Modificado de Zapata (2001)

los alimentos vegetales constituyeron la parte principal de su dieta (De la Rúa *et al.* 2001).

Más información
Iriarte (2001), Zapata (2001), Zapata *et al.* (2002)



ALBUFERA D'ALCUDIA

Mallorca

Holoceno (7876 años cal BP – subactual)

Se trata de un depósito natural de marjal situado al noreste de la isla de Mallorca (39° 47' 48" N, 03° 06' 24" E; 1 m s.n.m.; Fig. 1). El testigo se obtuvo mediante máquina de sondear a rotación, con recuperación continua de los sedimentos. El clima actual de la zona es seco-subhúmedo y mesotérmico, típicamente mediterráneo, con una temperatura media anual de unos 17°C y precipitaciones del orden de 653 mm anuales. Su vegetación pertenece al piso termomediterráneo, con formaciones de carrasca (*Clematidi cirrhosae-Querceto rotundifoliae*) y de algarrobo (*Cneorotricocci-Ceratonieto siliquae*). A media altitud (piso mesomediterráneo) prosperan los encinares (*Cyclamini balearici-Querceto ilicis*) y series del arce y el quejigo (*Aceri-Quercu fagineae*).

Este depósito es uno de los primeros que se analizaron en las Islas Baleares y denota un cambio abrupto en la paleovegetación de la isla, hace ahora unos 6000-7000 años (Fig. 2). En su parte más antigua (zona A) aparecía en el litoral y alrededor de la laguna una vegetación dominada por *Juniperus*, *Ephedra*, *Corylus* y *Alnus*, mientras que más al interior existían formaciones abiertas y mixtas de *Quercus* caducifolios, *Quercus* perennifolios, *Pinus* y *Buxus*. Más adelante, sin conocer las causas exactas del cambio, aunque probablemente relacionado con la llegada del hombre a la isla, se produce un cambio bastante radical en la vegetación, pues en sus primitivas formaciones arbóreo-arbustivas ahora pasan a dominar *Quercus* perennifolios, *Olea* y *Pinus*, con formaciones



Figura 1. Perspectiva aérea de la albufera d'Alcudia (Foto: Francesc Burjachs)

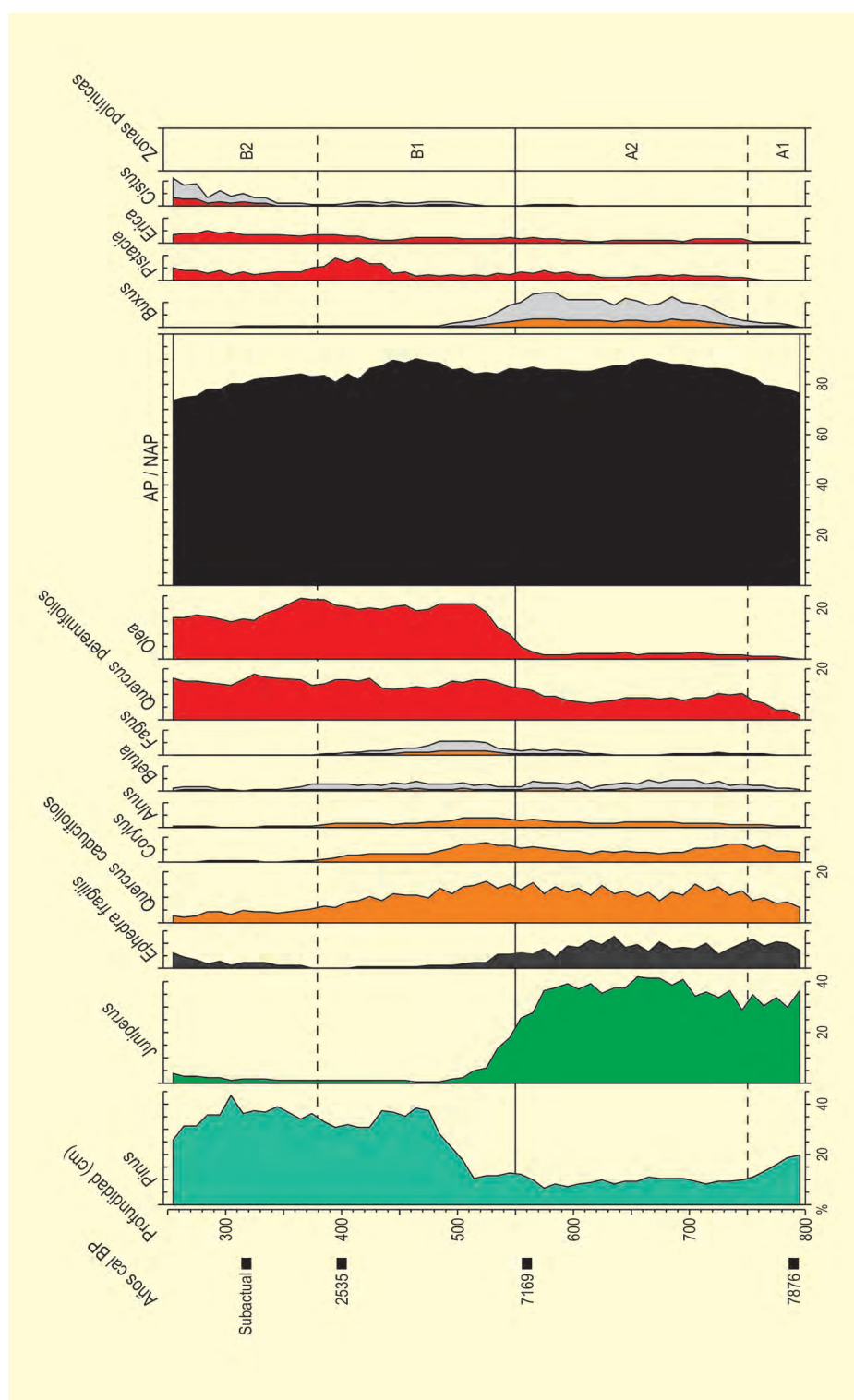


Figura 2. Diagrama polínico del sondeo d'Alcudia. Redibujado de Burjachs et al. (1994, 1997)

arbustivas de *Pistacia* (zona B1) y *Erica-Cistus* (zona B2).

Todo parece indicar, aparte del impacto que pudo provocar el hombre, una tendencia a la aridez acusada por el descenso de taxones mesófilos actualmente ex-

tinguidos tales como *Corylus*, *Alnus*, *Betula*, *Tilia*, *Fagus* y *Quercus* caducifolios, existiendo la posibilidad de la presencia insular de *Carpinus* y *Abies*.

La importancia biogeográfica de este depósito radica en que se pone de manifiesto el hecho de que en

Tabla 1. Dataciones radiocarbónicas del sondeo de la albufera d'Alcudia (Mallorca). Burjachs *et al.* (1994, 1997)

Ref. Lab.	Prof. (cm)	Años BP	Años cal. BP	Material	Método
Beta-69333	315	107,7 ± 0,7	—	Sedimento	AMS
Beta-69334	395	2440 ± 60	2535 ± 128	Sedimento	AMS
Beta-69335	555	6270 ± 70	7169 ± 94	Sedimento	AMS
Ua-2732	785	7060 ± 110	7876 ± 105	Sedimento	AMS

la isla de Mallorca habían existido especies arbóreas que actualmente están extinguidas. Además, revela cuán importante es efectuar análisis paleopalino-lógicos en las islas, pues éstas, al presentar una superficie limitada, suponen un buen medio para detectar peque-

ños cambios ambientales, difíciles de identificar en dominio continental.

Más información

Burjachs *et al.* (1994, 1997)



ALGENDAR

Ciudadella de Menorca, Menorca
Holoceno (9534 años cal BP – actualidad)

Algendar (39° 56' 58" N, 03° 58' 05" E; 21 m s.n.m.) es un pequeño curso fluvial del sur de la isla de Menorca. La zona final de este riachuelo se encajona entre abruptos relieves rocosos miocénicos propios de esta parte de la isla (Fig. 1). El lugar de sondeo polínico se localiza en una zona elevada cercana a la desembocadura. En estas zonas litorales, en la llegada de los barrancos al mar, es frecuente encontrar zonas de agua dulce procedente de los propios riachuelos o de las abundantes cuevas naturales que allí se abren. Esta zona de la isla presenta un clima templado con temperaturas que registran ligeras variaciones a lo largo del año y en el que el elemento más característico es el viento. El régimen de precipitaciones se sitúa entre los 500 y los 600 mm anuales aunque las nieblas húmedas, muy propias de esta zona, contri-

buyen a un aumento poco desdeñable de la disponibilidad hídrica.

Hoy día las formaciones forestales más importantes son los pinares de *Pinus halepensis* y el encinar baleárico, junto con matorrales de romero, brezales y lotos, instaurados en las zonas más húmedas de la isla. En áreas más degradadas se desarrollan praderas de cardo blanco (*Galactites tomentosa*). La vegetación riparia autóctona está constituida principalmente por el sauce gatillo (*Vitex agnus-castus*) y la hierba doncella (*Vinca major*), especies que son sustituidas por tarayales halófilos a medida que nos acercamos a la costa. A nivel local se dan formaciones herbáceas higrófilas con lentejas de agua (*Lemna minor*) y berraza (*Apium nudiflorum*).



Figura 1. Barranco de Algendar, Menorca (Foto: M. Ruiz Díaz)

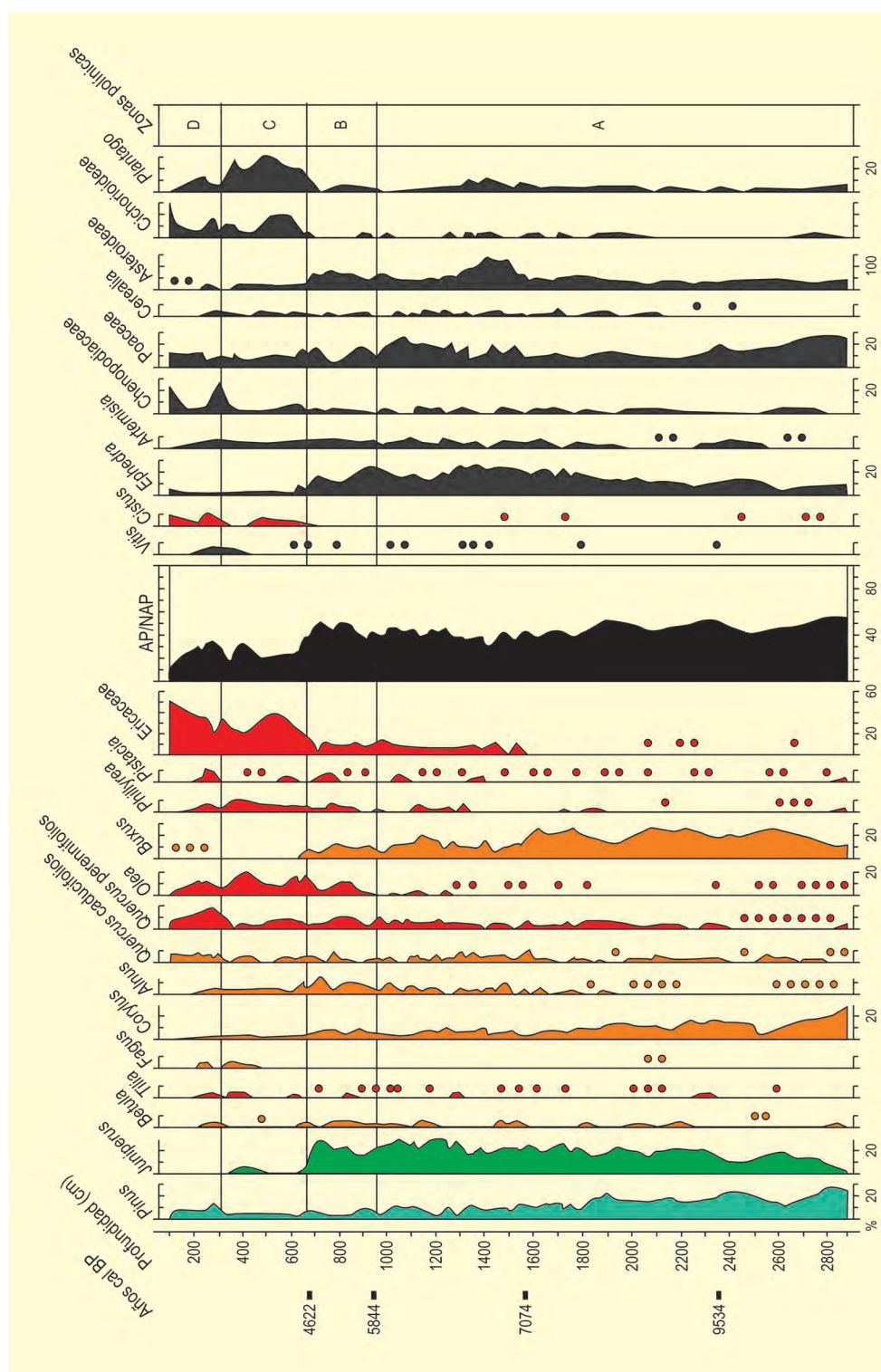


Figura 2. Diagrama polínico sintético de Algendar. Redibujado de Yll et al. (1994b, 1997)

En la secuencia polínica (Fig. 2), con un total de 28,80 m, constituidos en su mayor parte por arcillas orgánicas, se observan dos momentos claramente diferenciados (Yll et al. 1994b, 1997). La parte inferior (zona A) comprende aproximadamente la primera mitad del Holoceno (se dispone de una datación de 9534 años cal

BP a los 23,45 m de profundidad) y acaba a los 9,35 m en un momento datado en 5844 años cal BP (Tabla 1). Esta zona se caracteriza fundamentalmente por el dominio de *Buxus* y *Corylus* (géneros prácticamente inexistentes en la actualidad en la isla) con importantes presencias de *Juniperus*, de *Quercus* (tanto de tipo pe-

Tabla 1. Dataciones radiocarbónicas de la secuencia de Algendar (Menorca). La edad calibrada (CALIB 6.0; Stuiver *et al.* 1998, Stuiver *et al.* 2005) se ha tomado en el punto medio del intervalo de probabilidad (95,4%, 2 σ). Yll *et al.* (1997)

Ref. Lab.	Prof. (cm)	Años BP	Años cal. BP	Método
Beta-80371	670	4090 $\pm$ 60	4622	AMS
Beta-80372	935	4940 $\pm$ 50	5844	AMS
Beta-80373	1560	6170 $\pm$ 70	7074	AMS
Beta-80374	2345	8550 $\pm$ 50	9534	AMS

renne como caduco) y de *Ephedra fragilis*. Es también la que registra los valores más elevados de polen arbóreo y mayor frecuencia polínica absoluta.

Posteriormente, entre 5844 y 4785 años cal BP, la zona B define los síntomas del brusco cambio que registra el paisaje de la isla y que se manifiesta por el arranque de la curva de *Olea* y de las ericáceas, que definirán el paisaje de la isla en esta segunda mitad del Holoceno (Yll *et al.* 1996). Simultáneamente, se detecta una progresiva disminución de *Buxus* y *Corylus*, aunque los valores de *Juniperus* todavía se mantienen muy elevados. La sustitución de *Buxus* y *Corylus* por *Olea* es un fenómeno exclusivo de las Islas Baleares (Burjachs *et al.* 1994, Yll *et al.* 1994b) y la historia de estos taxones representa un ejemplo único de la complejidad del cambio de la vegetación durante el Holoceno (Pérez-Obiol *et al.* 1996, 2003, Pérez-Obiol & Yll 2002). En Algendar se observa una tendencia general a la baja en las concentraciones polínicas a partir del momento de incremento de la curva de ericáceas. Esta reducción de la productividad polínica se relaciona con una disminución de la biomasa vegetal, la caída de las curvas debería interpretarse como el reflejo del establecimiento de zonas abiertas a causa de un cambio en las condiciones ambientales o debido a la influencia humana.

Las dos zonas superiores (C y D) del diagrama, reflejan el nuevo paisaje instalado durante los cinco últimos milenios en la isla. Hacia la mitad del Holoceno es claramente visible la sustitución de las formaciones mesófilas y caducifolias por otras de carácter más termófilo. En Algendar, un valle cerrado, *Quercus perennifolia* se convierte en un elemento importante en la recuperación forestal tras la práctica desaparición de los elementos do-

minantes durante la primera mitad del Holoceno. Un hecho común a todas las secuencias del sur de la isla es el incremento, en el segmento superior de la secuencia, de los valores de quenopodiáceas, probablemente relacionado con el desarrollo de las zonas marismáticas litorales a causa de los cambios eustáticos. Son destacables los bajos porcentajes de *Pinus* durante toda la secuencia, lo que, teniendo en cuenta la gran capacidad de dispersión de sus granos de polen, implicaría que son el resultado del transporte a larga distancia desde los pinares continentales, o su deposición local a partir de una presencia muy escasa y dispersa de pinos en la isla.

Los mecanismos que controlan los cambios vegetales en Algendar parecen de naturaleza climática, aunque no se excluyen las posibles influencias antrópicas provocadas por el inicio de la colonización de la isla durante el Neolítico (Pantaleón-Cano *et al.* 1995, 2001, Pérez-Obiol *et al.* 2000, 2001, Yll *et al.* 1995, 1999, 2001). Durante los últimos 2000 años la acción antrópica marca su influencia en el paisaje menorquín. Esta influencia, no siempre bien representada en los diagramas polínicos, se intuye especialmente por la extensión de los marcadores antrópicos indirectos y un aumento generalizado de las condiciones edáficas, representadas por un máximo de Asteraceae y *Pseudoschizaea*. En cualquier caso la progresiva instalación del clima mediterráneo se acentúa todavía más por la colonización romana y especialmente por la musulmana y cristiana, fenómenos que configuran definitivamente el paisaje balear tal como lo conocemos en la actualidad.

Más información:

Yll & Pérez-Obiol (1992), Yll *et al.* (1994b, 1995, 1997, 2001)



ALJIBE

Parque Natural de Los Alcornocales, Alcalá de los Gazules, Cádiz
Holoceno reciente (1140 años cal BP)

El sitio estudiado palinológicamente (36° 31' 21" N, 05° 38' 49" O; ~400 m s.n.m.) se corresponde con una zona semiturbosa de la Sierra del Aljibe, en el Parque Natural de Los Alcornocales (Cádiz), localizada en el piedemonte occidental de la elevación de El Picacho (Figs. 1 y 2). En esta zona, el nivel freático aflora hasta la superficie desembocando en la aparición de la Laguna del Picacho. La estructura geológica subyacente a esta laguna estacional está constituida por grandes unidades de areniscas oligomiocénicas inmersas en una matriz de margas eocénicas y arcillas pleistocénicas (Blanco *et al.* 1991, Gutiérrez *et al.* 1996). El clima es de tipo mediterráneo, pero con ciertas particularidades debidas a su localización geográfica, determinando temperaturas suaves y regulares durante todo el año y un régimen de precipitaciones muy particular, que con frecuencia puede superar los 2000 mm anuales.

La vegetación próxima a la laguna está constituida por un bosque abierto de *Quercus suber* (Fig. 5) con un matorral de brezales (*Erica*, *Calluna*) y leguminosas como *Stauracanthus boivinii* y un estrato basal de helófitos (Cyperaceae y Juncaceae) junto a gran cantidad de especies herbáceas de pequeño porte. Bordeando la cubeta de agua, incluso en su zona central, encontramos higrófitos como *Myriophyllum alterniflorum*, *Illecebrum verticillatum*, *Callitriche* y *Ranunculus peltatus*. La calidad del pastizal convierte a la zona en un lugar utilizado para el pastoreo del ganado. A esta presión ganadera hay que añadir una alta presión antrópica ya que es lugar de tránsito para senderistas y, además, se localiza cerca de un área recreativa.

El estudio polínico (Fig. 4) llevado a cabo por Gutiérrez *et al.* (1996, 1997) presenta los únicos datos dispo-



Figura 1. El Picacho, muy próximo a la turbera del Aljibe en el Parque Natural de los Alcornocales (Foto: J. Miguel)



Figura 2. Turbera del Aljibe (Foto: M. Gutiérrez)

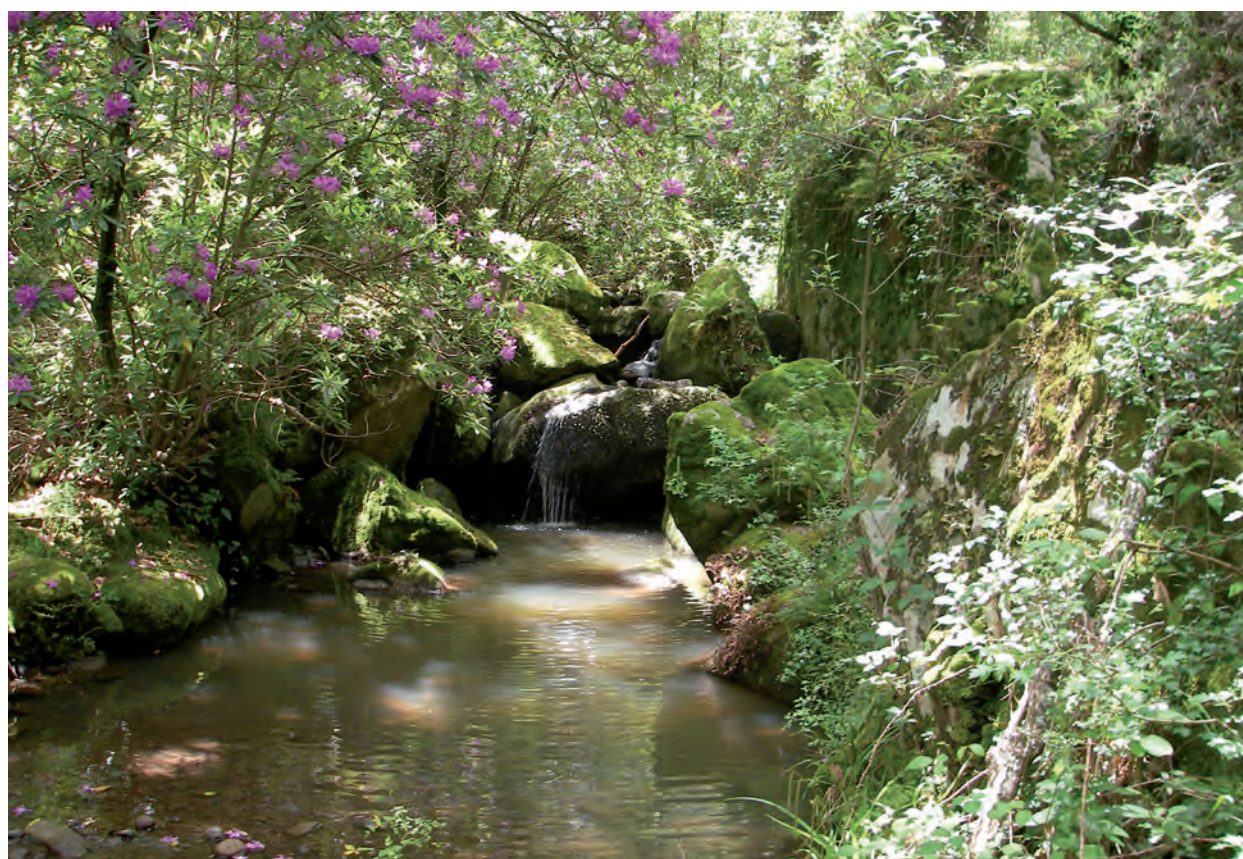


Figura 3. Bosque en galería o canutos del Parque Natural de los Alcornocales. En primer plano, a la izquierda, el paleoendemismo terciario *Rhododendron ponticum* subsp. *baeticum* (Foto: Elena Fierro)



Figura 5. Alcornoque (*Quercus suber*) en pleno Parque Natural (Foto: Elena Fierro)

Con porcentajes inferiores al 5% se detecta la presencia discontinua de *Pinus*, *Corylus* y *Celtis*, con este último experimentando un progresivo aumento a partir de los 20 cm de profundidad y alcanzando valores próximos al 20% al final de la secuencia. El matorral estaría constituido, como ahora, fundamentalmente por brezales. Los taxones herbáceos y los acuáticos muestran continuas oscilaciones en sus curvas especialmente a los 110, 90, 70, 60 y 20 cm que podrían indicar cambios en la superficie de la laguna y en el nivel del agua. La secuencia, por tanto, está dominada por el componente local, tanto en lo que respecta a la vegetación del entorno como en el propio contexto paleolimnológico. Este componente, podría enmascarar posibles cambios en la vegetación del conjunto del Parque.

Más información

Gutiérrez *et al.* (1996, 1997)



ALMENARA DE ADAJA

Cuenca del río Duero, Puras, Valladolid
Holoceno (2795 años cal BP – actualidad)

El bodón de Almenara de Adaja ($41^{\circ} 11' 31''$ N, $04^{\circ} 40' 05''$ O, 784 m s.n.m.) se localiza en la Meseta Norte, en la cuenca del Duero, cercano a las localidades de Almenara de Adaja y Puras, en la provincia de Valladolid. Con fines a un estudio palinológico, se efectuó un sondeo en un pequeño lavajo de carácter endorreico, de apenas 20 x 10 m, con una lámina de agua de carácter esporádico, cuya vegetación característica está formada por pastizales hidrohigrófilos de juncáceas y ciperáceas (Figs. 2 y 3), mientras que en los alrededores se localizan cultivos de cereal. La vegetación regional corresponde a paisajes dominados por pinares, tal y como alude el nombre de 'Tierra de Pinares' que se da a la comarca. En general, los pinos (principalmente *Pinus pinaster* y *P. pinea*, con *P. nigra* y *P. sylvestris* de forma relictual) crecen sobre sustratos arenosos pliocuaternarios, mientras las frondosas (*Quercus ilex* y *Q. faginea* y de manera esporádica *Q. pyrenaica*) lo hacen sobre sustratos terciarios (Franco-Múgica *et al.* 2005).

López-Merino *et al.* (2009a) obtuvieron un registro de 610 cm de potencia mediante una sonda industrial hidráulica (Fig. 1). Se efectuaron seis dataciones para la totalidad del sondeo. Desafortunadamente cuatro de ellas, entre 240 y 610 cm, no contuvieron la cantidad de materia orgánica necesaria para ser datadas. En cambio, para el tercio superior (0-240 cm) sí fue posible obtener dos dataciones, que quedan recogidas en la tabla 1. Las muestras para el análisis polínico se tomaron cada 10 cm, aunque del total analizado tan solo las de los 240 cm superiores resultaron fértiles.

El diagrama polínico de Almenara de Adaja (Fig. 4) cubre los últimos 2800 años y se ha dividido en seis zonas polínicas (AD-1 a AD-6). En general, se observan fluctuaciones en los porcentajes arbóreos y en la curva de Cyperaceae, siendo las zonas polínicas impares características por descensos en los porcentajes arbóreos



Figura 1. Sondeo del bodón de Almenara de Adaja (Foto: José Antonio López-Sáez)

y de Cyperaceae y las pares por el incremento de ambos. Gracias a las curvas arbóreas, de ciperáceas y de los microfósiles no polínicos se han podido identificar distintos períodos climáticos con alternancia entre episodios más térmicos y otros más fríos. Estos eventos ponen de manifiesto la variabilidad climática del Holoceno final, normalmente enmascarada por el impacto humano y por la escasa resolución de los registros para este tramo. Adicionalmente, de la base al techo de la secuencia polínica se observan indicadores antrópicos, aunque en distinto grado, al igual que un diferente desarrollo de los cultivos cerealísticos. Aunque estos síntomas antrópicos se detecten desde la Edad del Hierro, es desde época romana cuando se establecen las trans-

Tabla 1. Dataciones radiocarbónicas del bodón de Almenara de Adaja. Las calibraciones se han realizado con el programa CALIB 5.0.2 utilizando los datos de la curva INTCAL04 (Reimer *et al.* 2004). La edad calibrada se tomó como el punto medio del intervalo de probabilidad (68,3 %, 1 σ). López-Merino *et al.* (2009a)

Ref. Lab.	Prof. (cm)	Años BP	Años cal. BP (1 σ)	Años cal. BC/AD (1 σ)	Años cal. BP (cal. BC/AD)	Método
Ua-24520	95-100	1550 $\pm$ 40	1451	434-556 cal. AD	1451 (499 cal. AD)	AMS
Ua-24521	234-240	2675 $\pm$ 100	2795	979-674 cal. BC	2795 (846 cal. BC)	AMS



Figura 2. Pequeña inundación en el bodón de Almenara de Adaja (Foto: José Antonio López-Sáez)



Figura 3. Vista del bodón de Almenara de Adaja (Foto: José Antonio López-Sáez)

formaciones del paisaje que conformarán de una manera paulatina esta zona como un espacio altamente agrícola y ganadero.

Durante la Edad del Hierro (AD-1) se observa una disminución progresiva del estrato arbóreo, que en cualquier caso es bajo durante toda la secuencia. La presencia del tipo esporal 119, junto con las zigósporas de zygnematáceas, sugiere que la laguna ya poseía entonces una pequeña lámina de agua de carácter temporal. Cyperaceae muestra porcentajes bajos y variables, indicando un ambiente menos húmedo que el que se observa en la fase posterior. En la siguiente fase (AD-2), ya en época romana, se observa un fuerte incremento tanto del componente arbóreo como de las ciperáceas, que muestran los valores más altos de toda la secuencia en el intervalo 2025-1650 años cal BP. El hecho de que las quercíneas incrementen sus porcentajes en detrimento de *Juniperus* sugiere unas condiciones climáticas más húmedas y cálidas; mientras que la desaparición de *Pinus pinaster* y el aumento de *Pinus sylvestris* quizás estén relacionados con una gestión antrópica del territorio. La presencia del tipo fúngico 200,

y del tipo 179 (probablemente un invertebrado acuático), ponen de manifiesto la permanencia de una lámina de agua estacional.

En la zona polínica AD-3 (c. 300-800 años cal AD, 1650-1150 años cal BP) se observa cómo los porcentajes arbóreos disminuyen con respecto a la fase anterior, siendo ahora más importantes *Juniperus* y *Pinus pinaster*. Las ciperáceas disminuyen, indicando desecación, aunque el tipo 200 sigue evidenciando cierto encharcamiento estacional. Las condiciones pasarían de eutróficas en AD-2 a mesoeutróficas en esta zona, tal y como indican también *Spirogyra* y *Closterium idiosporum*. Este último microfósil, correspondiente a zigósporas, además de indicar condiciones mesoeutróficas, tiene preferencia por aguas frías. Este episodio climático más frío y seco, parece correlativo del Período Frío Altomedieval.

Entre c. 800-1450 años cal AD (1150-500 años cal BP, AD-4) se asiste a una lenta recuperación arbórea, que va en paralelo con un incremento de los porcentajes de Cyperaceae. Estos hechos estarían indicando la vuelta

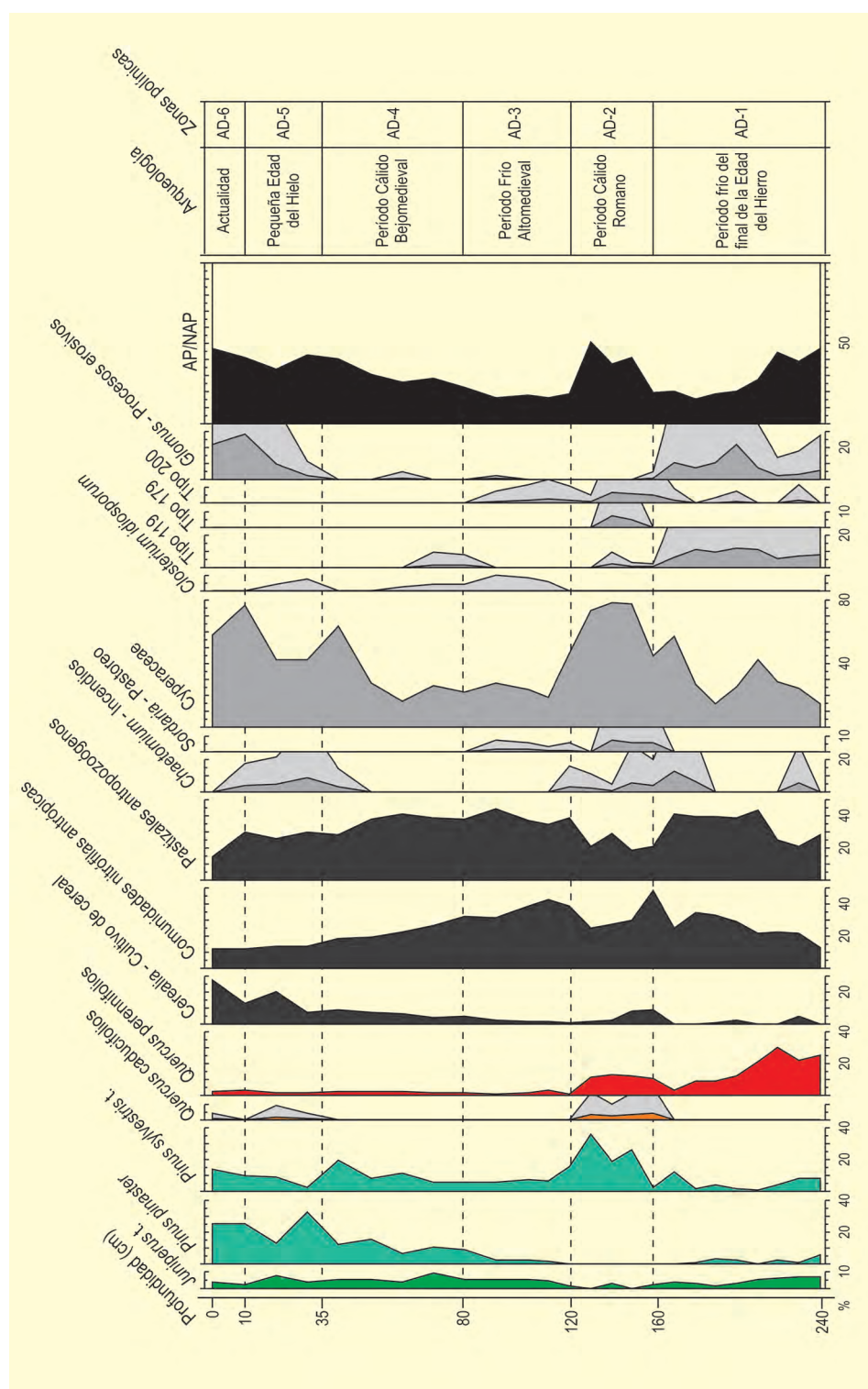


Figura 4. Diagrama polínico sintético del bodón de Almenara de Adaja. Redibujado de López-Merino et al. (2009a)

a unas condiciones climáticas más favorables. En este sentido, el tipo 119 sigue indicando la permanencia de un sistema acuático más o menos estacional, mientras que la desaparición de *Closterium idiosporum* señalaría una subida de la temperatura del agua, que estaría relacionada con el trasvase a unas condiciones más tér-

micas. Esta fase podría ser correlativa del Período Cálido Bajomedieval.

Tras el anterior se ha descrito la ocurrencia de la Pequeña Edad del Hielo. En el bodón de Almenara de Adaja se constata hacia c. 1450-1800 años cal AD (500-

150 años cal BP) una disminución de la temperatura del sistema acuático en la zona polínica AD-5, como puede inferirse con la nueva presencia de *Closterium idiosporum*, mientras que la curva de ciperáceas fluctúa, mostrando una fase más seca entre dos húmedas. Desde 1800 años cal AD hasta la actualidad (AD-6) se estabilizan las curvas de arbóreos y ciperáceas, mientras que la desaparición de *Closterium idiosporum* marcaría una subida de las temperaturas.

En cuanto a la actividad antrópica, la zona de Almenara de Adaja debe su fama arqueológica a la existencia de una villa romana con ricos mosaicos, bajo la cual existen numerosas huellas de una ocupación humana más o menos interrumpida entre el Neolítico y la Edad del Hierro. La secuencia palinológica presentada tiene su origen en los momentos iniciales de la Edad del Hierro. Los datos procedentes del bodón concuerdan con diversos análisis palinológicos llevados a cabo en yacimientos vallisoletanos de la Primera y Segunda Edad del Hierro, en concreto con los de El Soto de Medinilla, El Cerro de La Mota y La Era Alta (Mariscal 1995, Ruiz-Zapata 1995, Yll 1995b), los cuales también dan cuenta de un paisaje sumamente deforestado con abundancia de pastos graminoides y nitrófilos, presencia de pino haciendo referencia al paisaje regional, palinomorfos indicativos de presión pastoral, documentación palinológica más o menos esporádica de cerealicultura, bajo porcentaje de pastos húmedos y un clima fundamentalmente seco. La aparición de cereal queda también confirmada por estudios carpológicos (Hopf 1973, Cubero 1995). Para la época romana (AD-2), aunque muy importante en la zona debido a la existencia de la villa, no se poseen otros estudios ambientales. El carácter agropecuario de los asentamientos romanos queda refrendado por el hecho de que la curva de polen de cereal se hace constante, y no intermitente como durante la Edad del Hierro. Otro hecho que ratifica el carácter agropecuario de estas villas es que se constata la persistencia de la ganadería detec-

tada durante la Edad del Hierro, pero mucho más intensificada. Esta intensificación puede inferirse de la presencia de las esporas de *Sordaria*, hongo coprófilo. Este uso agropecuario también puede estar relacionado con la generalización de la ocurrencia de esporas de *Chaetomium*, hongo de ecología carbonícola, usado como indicador de incendios, probablemente antrópicos cuando, como en este caso, hay una relación muy estrecha entre su presencia y la antropización del paisaje. Tras la caída del Imperio se produjo el abandono de las estructuras de esta villa y de otras cercanas, aunque se ha podido constatar una continuidad en su ocupación posterior. En el diagrama polínico se observa que, aunque las actividades agropecuarias continúan (AD-3 y AD-4), se produce un descenso de la importancia de las mismas hasta época ya más reciente (AD-5 y AD-6). Hace unos 450 años es cuando pueden apreciarse de nuevo las evidencias de indicadores de incendios (*Chaetomium*), incendios que servirían para la apertura de los paisajes (que estaría relacionada con la proliferación de las clamidosporas de *Glomus*, indicador de procesos erosivos) y utilización de esos espacios para la proliferación de los campos de cultivo, creando los paisajes que podemos observar hoy día tan típicos de las llanuras castellanas. El uso del fuego para la apertura del espacio forestal se detecta desde el inicio del diagrama, aunque se intensifica en dos períodos. El primero de ellos es en cronología romana, donde la apertura de espacios se ha utilizado tanto para la instalación de campos de cultivo de cereal como para crear pastos de uso ganadero. Mientras que en el segundo de los períodos, ya en época reciente, la apertura del paisaje ha creado espacios tanto para la intensificación de los cultivos de cereal como para repoblaciones forestales, tal y como muestran de nuevo los altísimos porcentajes de polen de cereal y la proliferación moderna de *Pinus pinaster*.

Más información

López-Merino *et al.* (2009a)



ALPIARÇA

Santarém, Portugal
Holoceno (c. 6000-1500 años BP)

La región de Alpiarça, que se encuentra situada en la Cuenca Baja del Tajo (Fig. 1), presenta depósitos cenozoicos que se atribuyen al Mioceno superior/Plioceno. Teixeira (1952) describió en Vale de Carros unos niveles de arcillas blancas con fósiles vegetales bien conservados (39° 13' 60" N, 08° 35' 0" O; 20 m s.n.m.), fundamentalmente impresiones foliares y fragmentos de tallos. Algunos niveles poseen una gran riqueza en restos foliares, que llegan a presentarse acumulados unos sobre otros. Desafortunadamente, presentan una muy baja diversidad, habiéndose podido únicamente determinar tres especies: *Populus tagana*, *Acer trilobatum* y *Salix scalabitana*.

En la zona de Alpiarça se efectuaron estudios palinológicos en las terrazas pleistocenas del río Tajo. En los años 80, van Leeuwen & Janssen (1985) analizaron dos sondeos de forma preliminar (Figs. 2 y 3). Los sedimentos muestreados fueron arcillas, turbas arcillosas y turbas con fragmentos de maderas. En ambos sondeos se verifica la dominancia de plantas de ambientes húmedos. Además, de base a techo se observa una disminución de los valores de *Pinus* y *Quercus* y, de forma contraria, un incremento de los porcentajes de granos de polen de plantas herbáceas. El espectro polínico evidencia la transformación de un ambiente forestal abierto con robles a uno estepario.



Figura 1. Río Tajo a su paso por las proximidades de Alpiarça, Portugal (Foto: BA. Ferreira Santarém)

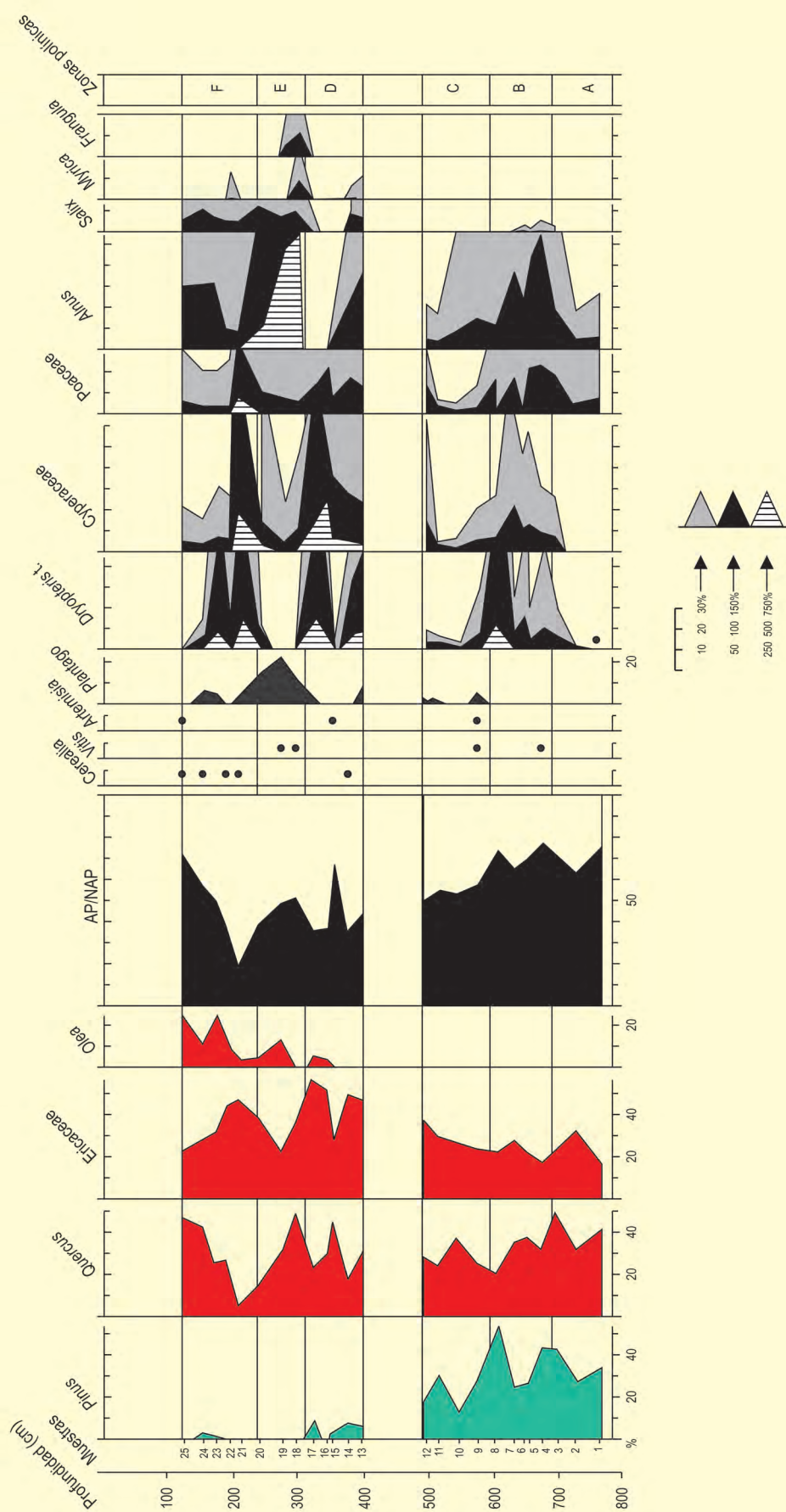


Figura 2. Diagrama polínico sintético de Alpiarça I. Redibujado de van Leeuwen & Janssen (1985)

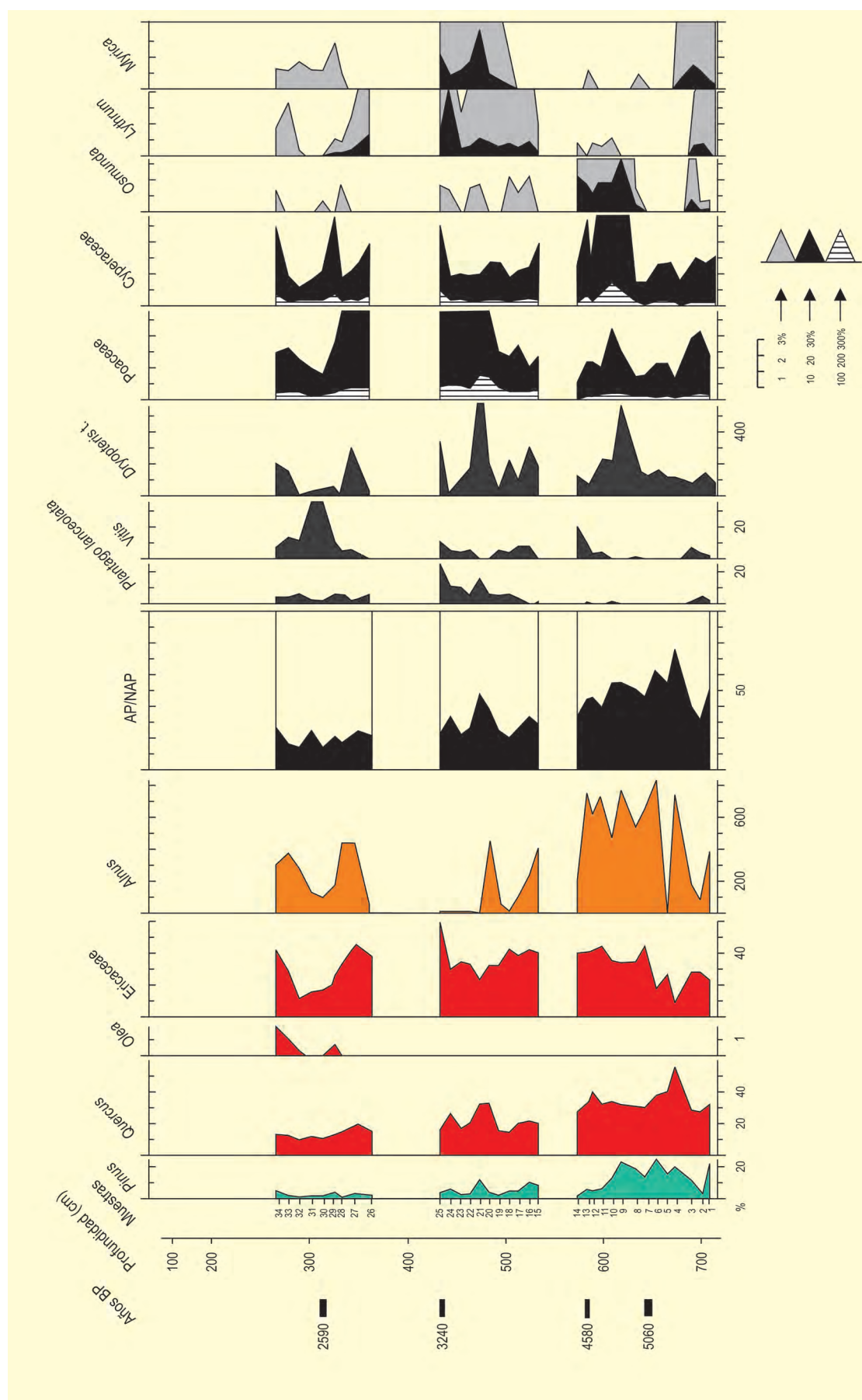


Figura 3. Diagrama polínico sintético de Alpiarça II. Redibujado de van Leeuwen & Janssen (1985)

En la base del sondeo II (Fig. 3), se han encontrado valores elevados de taxones no arbóreos, mientras que en la parte media se muestran bajos porcentajes de *Pinus*, lo que parece evidenciar que en las proximidades del depósito estos árboles no debieron desarrollarse y su polen fue transportado desde grandes distancias. A techo del sondeo se observan valores máximos de taxones no arbóreos, de *Vitis* y una disminución de los de *Quercus*, apareciendo por primera vez *Olea*. Los taxones propios de zonas palustres muestran bajos porcentajes y se encuentran fundamentalmente representados por *Alnus*, *Myrica* y *Lythrum*. En el sondeo I (Fig. 2) también se ha verificado la presencia de *Isoetes* y Cyperaceae, lo que podría estar relacionado con las

variaciones del nivel de agua del curso del Tajo. Los autores que realizaron el trabajo palinológico preliminar de esta zona relacionaron los valores elevados de *Vitis* con el resultado de actividades humanas en las proximidades. La carencia de marcadores estratigráficos no ha permitido extraer más conclusiones sobre la vegetación de esta zona. Es necesario realizar nuevos sondeos así como dataciones radiométricas para poder obtener conclusiones más relevantes sobre la evolución de la vegetación cuaternaria en la Cuenca Baja del Tajo.

Más información

Teixeira (1952), van Leeuwen & Janssen (1985)



ALSA

Parque Natural Saja-Besaya, Molledo, Cantabria
Holoceno (4895-365 años cal BP)

La turbera de Alsá ($43^{\circ} 07' 4''$ N, $04^{\circ} 01' 00''$ O; 560 m s.n.m.) (Figs. 1 y 3) se localiza en el piso colino, cercana a la localidad de Bárcena de Pie de Concha, en la vertiente septentrional del Portillo de Jume-dre y Pico de Oreño, dentro del Parque Natural Saja-Besaya. Esta zona se encuentra en la cuenca del río Besaya, próxima al embalse de Alsá, en la zona centro occidental de Cantabria. La turbera se emplaza en una zona hundida de 1 km² sobre depósitos de origen glaciar. El Parque Natural contiene una de las mejores muestras de bosque atlántico caducifolio de la Cordillera Cantábrica. Entre las especies arbóreas dominantes destacan *Quercus robur* y *Fagus sylvatica*, aunque también ocupan grandes extensiones las formaciones arbustivas y pastizales de uso agropecuario.

Mariscal (1993) realizó un estudio polínico de 14 muestras de un perfil de 260 cm de profundidad en el que se efectuaron tres dataciones radiocarbónicas (Tabla 1). Estas dataciones contextualizan la turbera cronológicamente y sitúan su origen hace unos 4895 años cal BP. En el diagrama polínico (Fig. 2) se diferen-

ciaron tres zonas polínicas relacionadas con los cambios en las curvas de los distintos taxones arbóreos y herbáceos.

La zona I corresponde a una cronología de entre 4895-3740 años cal BP, y se caracteriza por la presencia de *Pinus* como taxón arbóreo dominante, aunque con una clara pérdida de importancia del mismo a favor de las formaciones boscosas mixtas de planocaducifolios. La autora fija, por lo tanto, esta zona como la transición entre el Altántico y el Subboreal, produciéndose fluctuaciones entre las distintas formaciones boscosas. Entre estas fluctuaciones, el patrón general tiende al detrimento del pinar en favor del bosque mixto, fundamentalmente con *Quercus*, *Betula*, *Corylus* y *Acer*. Junto con estos taxones es importante remarcar que comienzan las curvas continuas de *Alnus*, *Fagus* y *Ulmus*. En la zona II (3740-3015 años cal BP) se reconoce un mayor desarrollo forestal (80-90% de polen arbóreo), siendo el bosque mixto anteriormente señalado el componente más importante del paisaje y el pinar una formación en claro retroceso.



Figura 1. Vista panorámica de la turbera en Alsá (Foto: F. Fernández Saiz)

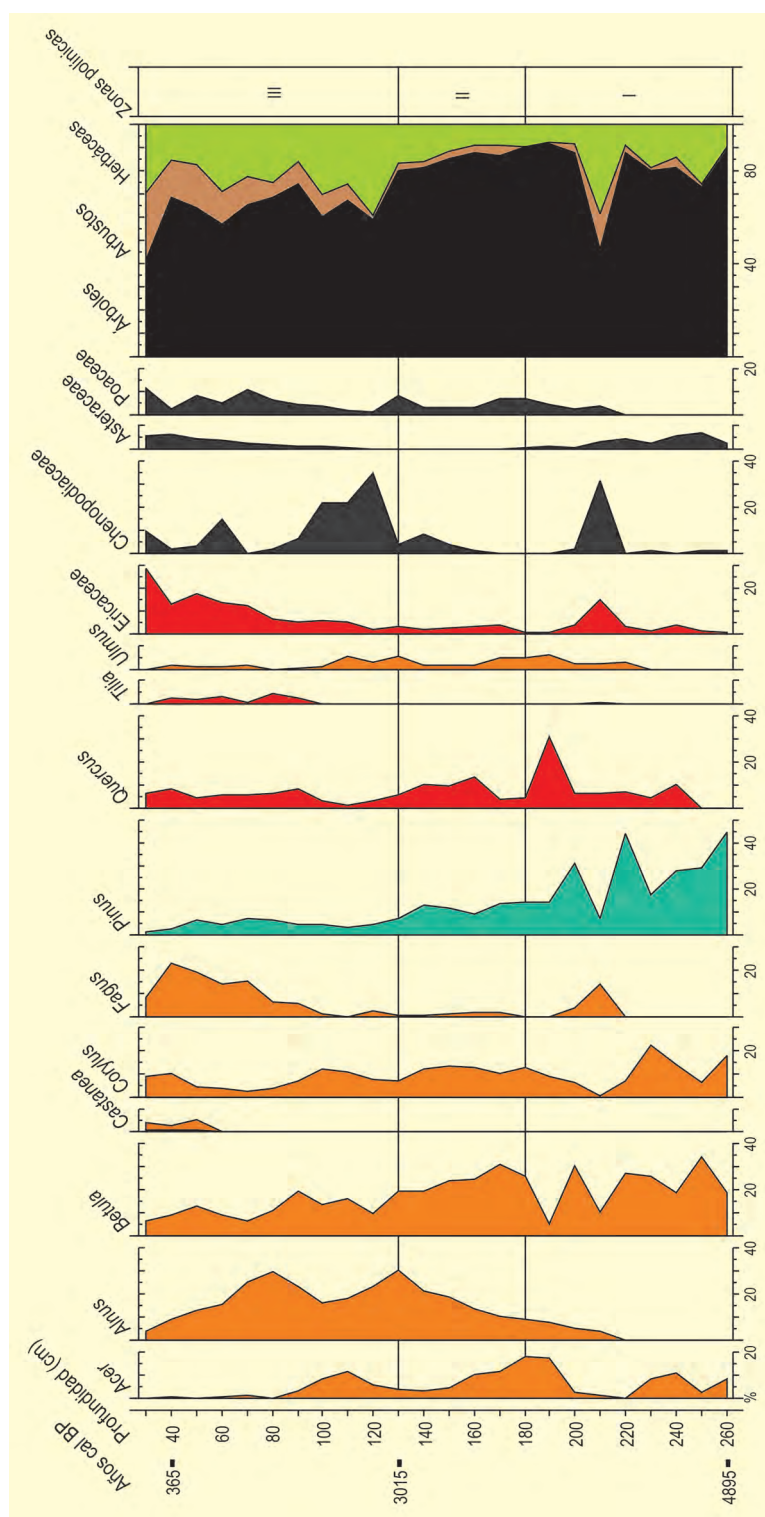


Figura 2. Diagrama polínico sintético de la turbera de Alsa. Modificado de Mariscal (1993) según datos de la *European Pollen Database*

Tabla 1. Dataciones radiocarbónicas del perfil polínico de la turbera de Alsa (Cantabria). Las calibraciones se han realizado con el programa CALIB 5.0.2 utilizando los datos de la curva INTCAL04 (Reimer *et al.* 2004). La edad calibrada se tomó como el punto medio del intervalo de probabilidad (95,4 %, 2 σ). Dataciones obtenidas de *European Pollen Database*

Ref. Lab.	Prof. (cm)	Años BP	Años cal. BP	Años cal. BP	Método
CSIC-670	40	280 $\pm$ 50	485-0	365	Convencional
CSIC-671	130	2880 $\pm$ 50	3202-2870	3015	Convencional
CSIC-672	260	4310 $\pm$ 60	5211-4652	4895	Convencional



Figura 3. Parajes de Alsa (Foto: F. Fernández Saiz)



Figura 4. Detalle de la turbera (Foto: F. Fernández Saiz)

La zona III abarca los últimos 3000 años. Durante este período se generaliza la antropización, la cual había sido escasa con anterioridad. El proceso implica una disminución de los porcentajes arbóreos. Aun así, se produce la expansión del hayedo, lo cual, probablemente, está en relación con las prácticas humanas. Las herbáceas que más incrementan sus valores son gramíneas, quenopodiáceas y compuestas. Además de esto último, se observa un aumento de la extensión de los brezales.

Más información

Mariscal (1993)



AMPOSTA

Delta del río Ebro, Tarragona
Holoceno (8000 años cal BP – actualidad)

También denominado “Ebre” o “Pilar 8” este depósito se encuentra ubicado en la periferia del delta del Ebro (40° 42’ 54” N, 0° 34’ 56” E; 8 m s.n.m.; Fig. 1), alcanzando el sondeo los 19 m de pro-

fundidad. El clima de esta zona es típicamente mediterráneo, con pronunciados períodos de sequía durante el verano y dos máximos pluviométricos equinocciales. La temperatura media anual es de 16,3 °C y las precipi-



Figura 1. a: Delta del río Ebro desde la sierra del Montsià. Vegetación actual de monte bajo. Obsérvese el ejemplar de *Buxus sempervirens* en la esquina derecha de la foto, abajo. (Foto F. Burjachs). b: Sierra del Montsià vista desde el delta. (Foto https://es.wikipedia.org/wiki/Parque_natural_del_Delta_del_Ebro). c: L'Encanyissada, un enclave en el delta del Ebro. (Foto https://es.wikipedia.org/wiki/Parque_natural_del_Delta_del_Ebro)

Tabla 1. Dataciones radiocarbónicas de la secuencia de Amposta (Tarragona). Calibraciones según Bronk Ramsey (2009) (OxCal v4). El modelo de edad se basa en la interpolación lineal de las medianas de las edades calibradas. Pérez-Obiol *et al.* (2011)

Ref. Lab.	Prof. (cm)	Años BP	Años cal. BP	Método
Beta 63784	450	1210 ±80	1135	convencional
Lv-2064	535	1420 ±65	1332	convencional
Beta 63785	750	2170 ±70	2177	convencional
Lv-2065	825	2890 ±50	3029	convencional
Beta 63786	1010	4570 ±80	5248	convencional
Lv-2066	1080	5170 ±140	5937	convencional
Lv-2067	1275	6410 ±100	7333	convencional
Beta 63787	1710	7900 ±80	8749	convencional
Lv-2068	1860	7960 ±110	8819	convencional

taciones de 550-600 mm, con máximos de 900 mm en el macizo de Els Ports de Tortosa-Beseit, donde pervive un pequeño hayedo, el más meridional de la fachada mediterránea de la Península Ibérica.

La vegetación de la zona está representada por bosques de *Quercus ilex* (Fig. 2) y *Pinus* (*P. nigra*, *P. halepensis*), con monte bajo a base de *Chamaerops humilis*, *Juniperus oxycedrus*, *Quercus coccifera*, *Buxus sempervirens*, *Rhamnus alaternus*, *Phillyrea latifolia*, *Pistacia lentiscus*, *P. terebinthus*, *Ulex parviflorus*, *Genista scorpius*, *Cistus albidus*, *C. salviifolius*, *Rosmari-*

nus officinalis, *Ruscus aculeatus*, *Lonicera implexa*, *Hedera helix*, *Smilax aspera*, etc. Mientras que en las zonas húmedas del delta encontramos especies higro-higrófitas, tales como *Phragmites australis*, *Typha*, *Lythrum salicaria*, *Iris pseudacorus*, *Scirpus maritimus*, *Plantago crassifolia*, *Juncus acutus*, *Suaeda maritima*, *Salicornia patula*, *Nymphaea alba*, *Potamogeton*, *Arthrocnemum fruticosum*, etc. Ejemplares leñosos de la vegetación de ribera son *Populus alba*, *P. nigra*, *Salix alba*, *S. cinerea*, *Alnus glutinosa*, *Ulmus minor*, *Fraxinus*, *Nerium oleander* y *Tamarix gallica*.

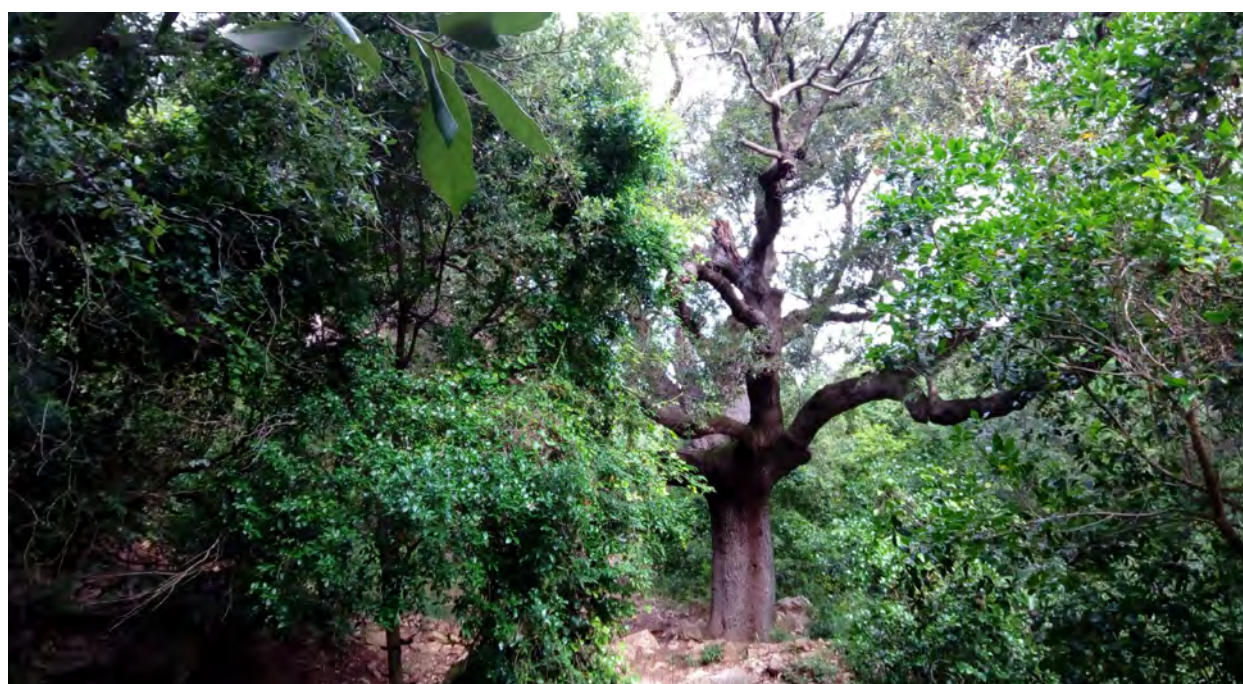


Figura 2. Fragmento de encinar relicto en la Sierra del Montsià, contiguo a la Fuente del Bugar, históricamente preservado de los incendios forestales (Foto: F. Burjachs)

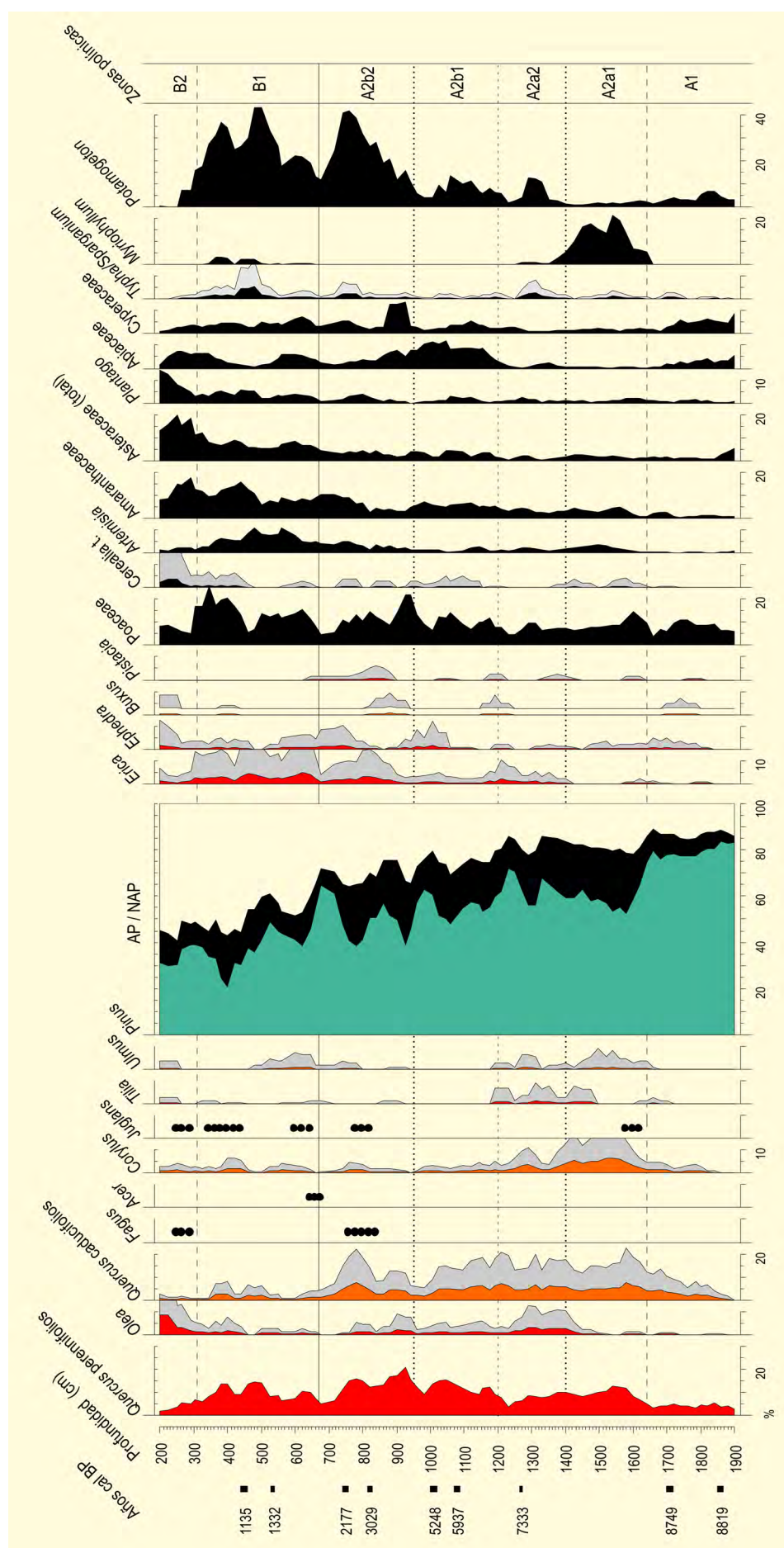


Figura 3. Diagrama polínico de la secuencia de Amposta. Análisis de R. Yll. Redibujado de Perez-Obiol et al. (2011)



Figura 4. Ejemplar catalogado (“faig pare”) de *Fagus sylvatica* en el macizo de Els Ports de Tortosa-Beseit, que forma parte del hayedo más meridional de la fachada mediterránea de la Península Ibérica (Foto: F. Burjachs)

La secuencia polínica ha permitido reconstruir la historia vegetal de esta zona desde hace unos 9000 años cal BP hasta la actualidad (Fig. 3). Durante todos estos años y a esta latitud de la fachada mediterránea de la Península Ibérica, los pinos y las encinas siempre han dominado por encima de los robles, de las comunidades más mesófilas.

En la base de la secuencia (zona A1) dominan claramente los pinares (*Pinus*) por encima del resto de taxones, indicando probablemente el árido episodio 8.2. Finalizada aquella crisis climática, la zona A2a1 coincide con el óptimo del Holoceno, cuando se asumieron máximos valores para los taxones mesófilos (*Quercus* ca-

ducifolios, 11 %; *Corylus*, 8 %; *Ulmus*, 2 %; con presencia de *Tilia*, *Juglans*, *Alnus*, *Salix*, *Fraxinus*. Cabe remarcar la importancia local de *Myriophyllum*. Durante la zona A2a2 parte de los taxones méxicos (*Corylus*, 6 %) tienden a disminuir sus valores, mientras que los xéricos (*Olea*) y arbustivos (*Erica*) se extienden.

El cambio de zonas entre A2a y A2b se debe a que la cubierta arbórea (AP), que estaba estabilizada en más de un 80 %, ahora muestra una tendencia a decrecer, hasta un 70 %. Las proporciones del bosque mixto entre pinos, encinas y robles se mantienen, mientras los árboles méxicos tienden a decrecer. La zona A2b1 se caracteriza por la importancia local de Apiaceae y de *Potamogeton*, que ya en la zona anterior había superado a *Myriophyllum*. La zona A2b2 muestra la expansión de arbustos (*Erica*, *Buxus*, *Pistacia*) y de los árboles méxicos (*Juglans*, *Ulmus*, *Tilia*), así como del taxón local *Potamogeton*. Cabe remarcar la aparición en el espectro polínico de *Fagus* cf. *sylvatica*, que actualmente aún pervive de manera relictual en las montañas de Els Ports de Tortosa-Beseit (Fig. 4).

La parte superior del diagrama (zona B) se corresponde con los últimos 1800 años, en donde continua la tendencia a decrecer la cubierta arbórea en beneficio del monte bajo (*Erica*, *Buxus*, *Ephedra*, cf. *Myrtus*) y de las herbáceas (Amaranthaceae, Asteraceae, Poaceae). Cabe remarcar la presencia de *Acer* cf. *granatense* en la transición entre las zonas A y B, taxón aun presente en la vegetación regional de esta zona.

Finalmente, la parte subcreciente del diagrama (B2) muestra un aumento en el tipo Cerealia, que marcaría el inicio del cultivo de arroz en el delta y de la perturbación de sus marismas (retroceso de Poaceae -cf. *Phragmites*-, de *Typha/Sparganium*, de las acuáticas *Potamogeton* y *Myriophyllum* y aumento de ruderales/adventicias, tales como Asteraceae, *Plantago* y Amaranthaceae).

Más información

Pérez-Obiol et al. (2011)



ANTAS

Vera, Almería
Holoceno (9824-1485 años cal BP)

La secuencia de Antas ($37^{\circ} 12' 30''$ N, $01^{\circ} 49' 25''$ O; 4 m s.n.m.) está localizada en el sector nororiental de la provincia de Almería, en el curso inferior del río Antas, en la cuenca de Vera (Fig. 1). La zona está incluida en la unidad estructural constituida por el Sistema Bético. Entre los diversos macizos se localizan las cuencas neógenas y cuaternarias rellenas con materiales alóctonos desde el Mioceno hasta el Cuaternario. En la franja litoral, las temperaturas medias anuales oscilan entre los 18°C y los 21°C , mientras que las precipitaciones están entre los 250 y los 300 mm anuales.

En el área litoral, en el piso climático termomediterráneo, se extienden comunidades arbustivas compuestas por *Maytenus senegalensis*, *Pistacia lentiscus*, *Rhamnus lycioides*, *Chamaerops humilis*, etc. En las

zonas de menor pluviometría encontramos un matorral dominado por *Periploca laevigata*, *Pistacia lentiscus* y *Olea europaea* var. *sylvestris*. Hacia el interior, en áreas de bioclima semiárido, se desarrolla el matorral esclerófilo de *Pistacia lentiscus*, *Olea europaea* var. *sylvestris* y *Chamaerops humilis*. La presencia de las formaciones más forestales, muy limitadas y dispersas, queda relegada en la actualidad a alturas interiores con una vegetación dominada por *Lavandula lanata* y *Thymus longifolius* y la presencia ocasional de *Quercus rotundifolia*.

La secuencia sedimentaria recuperada, con un total de 23,75 m, se compone básicamente de arcillas y limos más o menos orgánicos con un nivel turboso de unos 2 m sobre las gravas y arenas de la base. Se han realizado



Figura 1. Laguna en la desembocadura del río Antas (Foto: MA. Garcés Lobo)

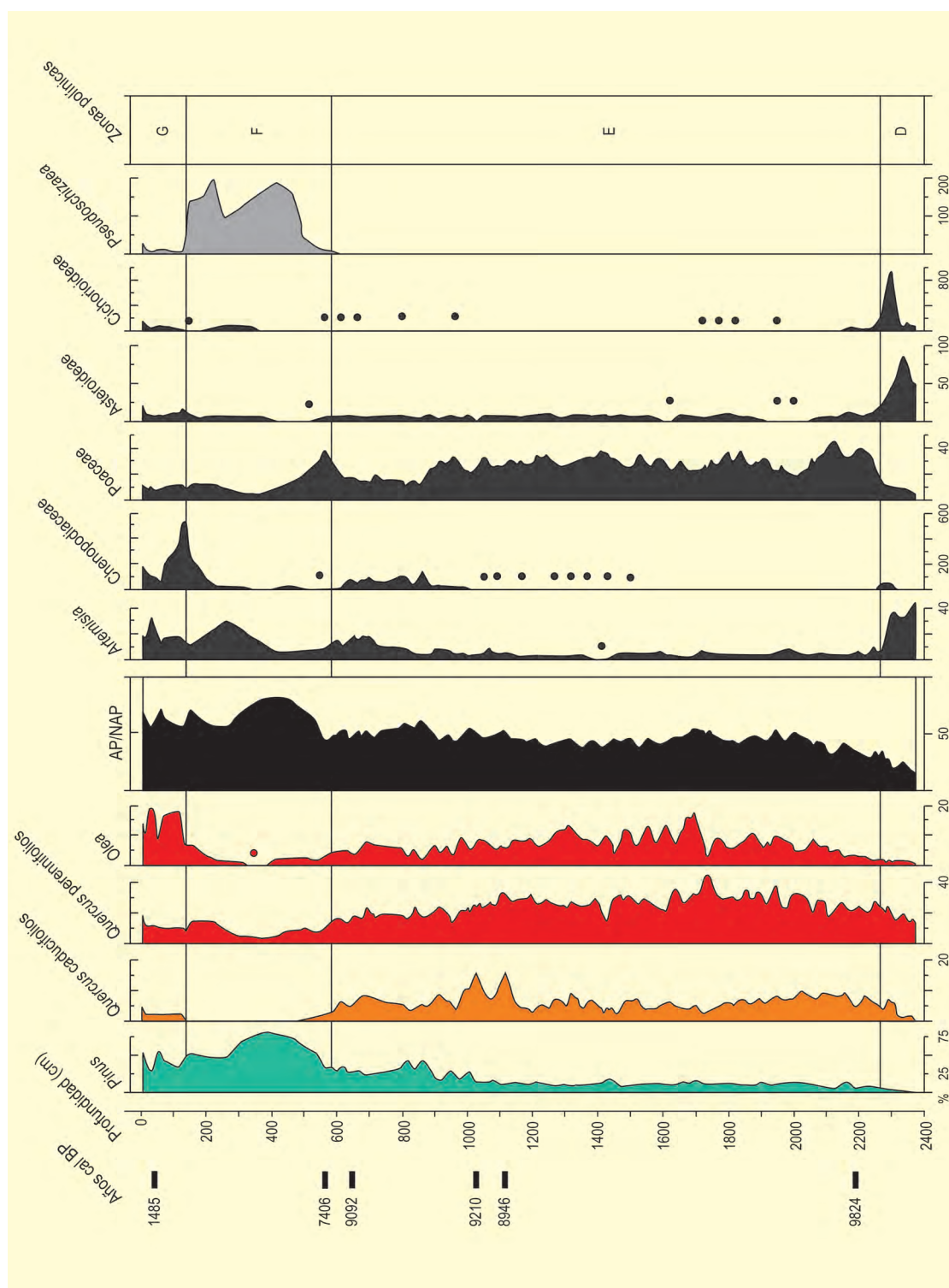


Figura 2. Diagrama polínico de la secuencia de Antas, Almería. Redibujado de Pantaleón-Cano *et al.* (2003)

un total de 6 dataciones (Tabla 1), que comprenden la totalidad del Holoceno y el final del Tardiglacial (Pantaleón-Cano 1997, Pantaleón-Cano *et al.* 1999, 2003). El diagrama polínico define cuatro zonas bien diferenciadas (Fig. 2). El metro inferior (zona D), antes de 9824 años cal BP y que representaría los momentos fi-

nales del Tardiglacial, muestra un registro polínico donde el único taxón forestal importante es *Quercus* perennifolio y el espectro está dominado totalmente por las compuestas. En la siguiente zona (zona E), hasta los 5,7 m (7406 años cal BP), los taxones forestales aumentan hasta representar la mitad de los granos

Tabla 1. Dataciones radiocarbónicas de la secuencia de Antas (Almería). La edad calibrada (CALIB 6.0; Stuiver *et al.* 1998, Stuiver *et al.* 2005) se ha tomado en el punto medio del intervalo de probabilidad (95,4%, 2 σ). Todas las dataciones se han realizado sobre muestras de sedimento orgánico. Pantaleón-Cano *et al.* (2003)

Ref. Lab.	Prof. (cm)	Años BP	Años cal. BP	Método
Beta-80375	4	1390 $\pm$ 100	1485	AMS
Beta-80376	570	6280 $\pm$ 60	7406	AMS
Beta-92459	645	8210 $\pm$ 250	9092	Convencional
Beta-80377	1025	8070 $\pm$ 90	9210	Convencional
Beta-92460	1115	7730 $\pm$ 100	8946	Convencional
Beta-65348	2190	8690 $\pm$ 150	9824	Convencional

determinados, gracias básicamente a *Pinus*, ya que *Quercus* resta muy estable. El retroceso de los valores estépico viene acompañado también por un aumento de las especies arbustivas como *Pistacia* y la oscilación de los taxones higrófilos indicando la instalación de humedales. Durante estos momentos, las comunidades arbustivas se desarrollarían ampliamente en las zonas bajas mientras que formaciones forestales de carácter más mesófilo tendrían cierta importancia en las áreas montañosas interiores.

Durante el periodo comprendido entre los 7400 años cal BP y los 1,5 m (zona F) los componentes arbustivos y forestales muestran un gran retroceso en relación al incremento del polen de *Pinus*, que ocupa una gran parte del espectro polínico. Simultáneamente, la presencia masiva de *Pseudoschizaea*, junto a la expansión de taxones indicativos de procesos edáficos y la reducción de los higrófilos indicaría un aumento de los procesos erosivos que acompañaría la reducción de la cobertura vegetal del territorio, de los humedales y de la disponibilidad hídrica. Durante esta fase, la situación cambia radicalmente de forma que todos los componentes del espectro polínico muestran grandes transformaciones, reflejando el establecimiento de unas condiciones ambientales esencialmente áridas y la definitiva instalación de las comunidades estépicas como el elemento más característico del paisaje almeriense (Pantaleón-Cano *et al.* 1996b,

Yll *et al.* 1995, 1996, 2002).

Los espectros polínicos correspondientes a la parte final del Holoceno (zona G) invierten la tendencia anterior, mostrando una cierta recuperación de las concentraciones polínicas paralela a la disminución de la presencia de *Pseudoschizaea*. La gran presencia de *Chenopodiaceae* se relaciona con la formación de los cordones litorales halófilos que existen actualmente en las zonas estudiadas. Las diferencias respecto a la zona precedente deberían considerarse probablemente como el resultado de cambios en el balance hidrológico de los territorios estudiados de forma que el ritmo de deposición sedimentario, inversamente proporcional a las concentraciones polínicas, experimentaría una notable reducción. En este fenómeno estaría implicado tanto un progresivo incremento de la xericidad ambiental como alteraciones debidas a la intervención humana sobre el medio, máxime cuando durante estos momentos existen indicadores tales como la expansión de *Olea* que permitirían, por vez primera en las secuencias estudiadas, observar claramente elementos atribuibles a la existencia de actividades agrícolas en los territorios de estudio (Yll *et al.* 1999, Pantaleón-Cano *et al.* 2003).

Más información

Yll *et al.* (1995, 1996, 1999, 2002), Pantaleón-Cano *et al.* (1999, 2003), Pantaleón-Cano (1997)



ARBARRAIN

Sierra de Elguea-Urkilla, Gipuzkoa
Holoceno (8300 años cal BP – actualidad)

La turbera de Arbarrain (42° 53' 80" N, 02° 14' 92" O, 1004 m s.n.m.) se localiza en la Sierra de Elguea-Urkilla (Gipúzcoa), en el topónimo del mismo nombre. Se trata de una turbera minerotrófica, actualmente delimitada por la construcción de un camino forestal, que tiene una extensión de 1,3 ha (Fig. 1). El clima de esta zona es tipo atlántico, con precipitaciones medias de más de 1500 mm y temperaturas medias de 13,4 °C. La vegetación actual está compuesta por formaciones hidro-higrófilas de *Molinia caerulea*, *Narthecium ossifragum*, *Ranunculus flamula*, *Carex echinata*, *Erica ciliaris*, *E. tetralix*, *Viola palustris*, etc. Las cercanías están densamente ocupadas por hayedos acidófilos, predominando *Fagus sylvatica*, *Ilex aquifolium*, *Vaccinium myrtillus*, *Deschampsia flexuosa*, *Blechnum spicant*, *Oreopteris limbosperma*, etc. En altitudes inferiores, en

suelos arenosos de la ladera norte, los bosques están dominados por *Quercus pyrenaica* con *Ilex aquifolium*, *Crataegus monogyna*, *Erica arborea*, *Juniperus communis*, *Calluna vulgaris*, *Ulex europaeus*, *Pteridium aquilinum*, entre otros. En la ladera sur, más soleada y seca dominan *Quercus faginea*, *Acer campestre*, *Viburnum lantana*, *Ligustrum vulgare*, *Hedera helix* y *Helleborus viridis*.

El estudio palinológico evidencia una secuencia iniciada hace 8365 años (Tabla 1) dividida en 4 zonas polínicas (Fig. 2). La más antigua (ARB-1a, 8365-5400 años cal BP) señala la presencia de un bosque caducifolio bien desarrollado (valores máximos de polen arbóreo de 84 %), con *Corylus* y *Quercus* caducifolio como principales componentes, junto a otros taxones como *Alnus*, *Betula*, *Fraxinus*, *Salix* y *Tilia*, y la presencia dis-



Figura 1. Turbera de Arbarrain, Sierra de Elguea-Urkilla (Foto: Sebastián Pérez Díaz)

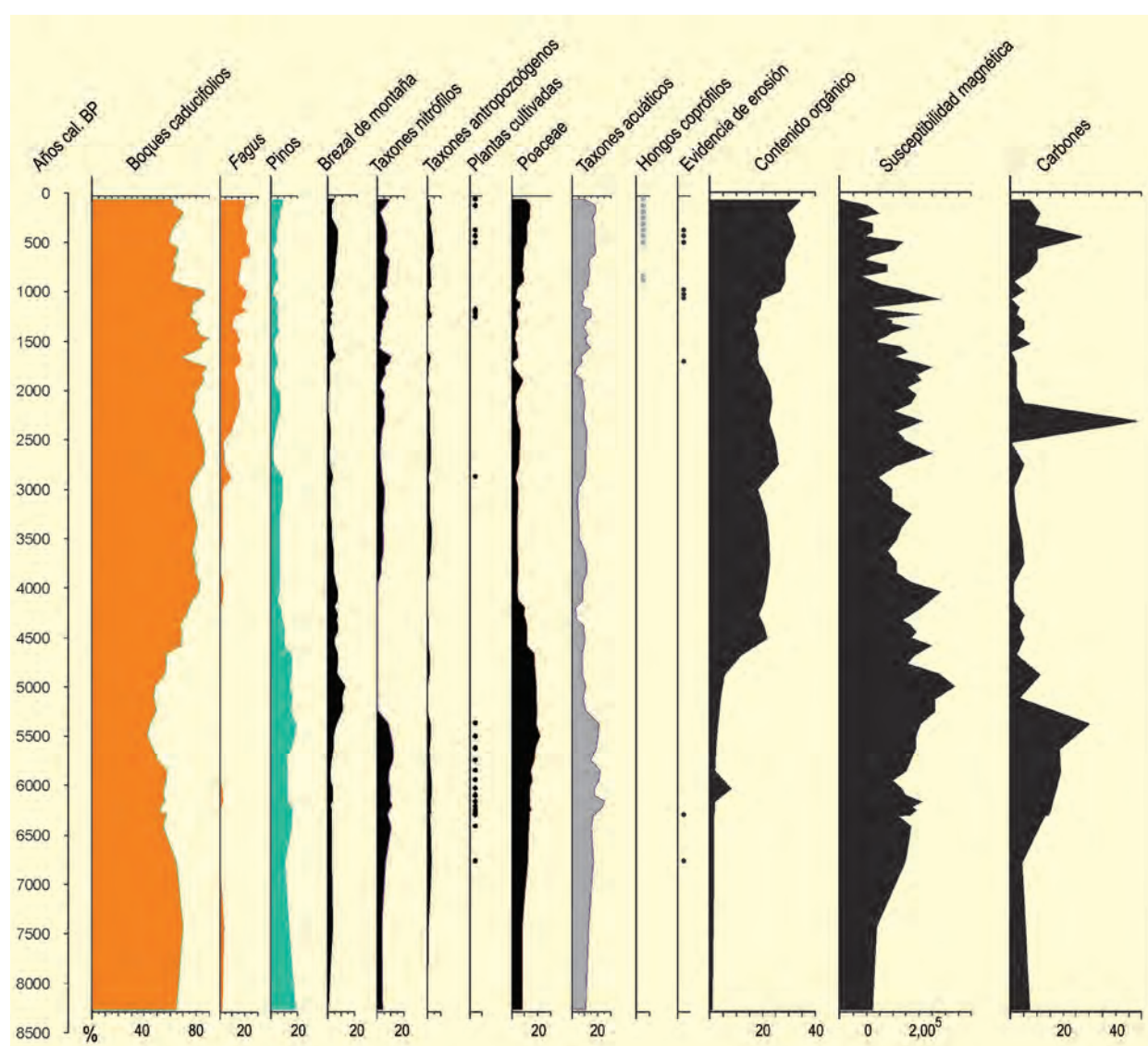


Figura 3. Diagrama palinológico sintético y registro de contenido orgánico, susceptibilidad magnética y microcarbones de la turbera de Arbarrain. Redibujado de Pérez Díaz *et al.* (2018)

muestra una tendencia ascendente en la curva de susceptibilidad magnética (Fig. 3), que está probablemente relacionada con algún tipo de proceso erosivo que se originaría por la deforestación antes mencionada. Del mismo modo, el aumento de la curva de microcarbones sugiere el uso del fuego como herramienta para abrir espacios utilizados por las primeras comunidades agrícolas. De esta forma, las primeras apariciones de polen de cereal se fechan en ~6800 años cal BP, pero con valores bajos (<1 %), lo que sugiere un cultivo regional. Todas esas evidencias sugieren la existencia de actividades antrópicas.

El inicio de la siguiente zona polínica (ARB1b), entre ~5400-5200 años cal BP, señala claramente un aumento

en los indicadores de antropización. La deforestación antes mencionada es ahora más acusada, con valores decrecientes en el registro de polen arbóreo. Paralelamente, un aumento de Poaceae, comunidades nitrófilas y taxones antropozógenos sugiere espacios abiertos más extensos, probablemente debido a actividades antrópicas. El incremento en los valores de los brezales de *Erica arborea* también podría reforzar la evidencia de un mayor impacto humano. De la misma forma, se detecta la presencia de una curva continua de cereal.

Sin embargo esta antropización no es progresiva ni lineal. La mayor parte de la zona polínica ARB-1b (~5200-4000 años cal BP) manifiesta un retroceso de

los indicadores de actividades humanas. El polen arbóreo aumenta alcanzando valores del 88 %, con una particular expansión de taxones caducifolios. En paralelo, los taxones nitrófilos prácticamente desaparecen, al igual que los cereales y los taxones antropozoógenos. Poaceae muestra ahora una tendencia decreciente, a diferencia de los brezales, que actúan como elemento colonizador en los espacios abiertos. Otra evidencia de esta menor presión humana sobre el paisaje es la disminución de los valores de microcarbones (Fig. 3), lo que se manifiesta fundamentalmente a lo largo del Calcolítico.

Durante la Edad del Bronce se documentan algunos cambios paisajísticos en las montañas de la región vasco-cantábrica, principalmente relacionados con la expansión de *Fagus sylvatica*. En Arbarrain, desde ~4000 años cal BP (zona polínica ARB-2a), el haya

muestra una curva continua, que alcanza hasta el 5 % ~2900 años cal BP. Este valor, junto con la determinación de macro-restos de madera de *Fagus sylvatica* a 45 cm de profundidad (~2400 años cal BP), implica definitivamente la presencia regional de bosques dominados por hayas. En esta misma zona polínica, el diagrama de polen de Arbarrain muestra una nueva fase de antropización, que se manifiesta por la intensificación de las actividades pastorales locales y algunos indicadores de perturbaciones asociadas con incendios (*Chaetomium*, *Asphodelus albus*). Este incremento de la antropización es la tónica durante la Edad del Hierro, Romanización y Alta Edad Media, intensificándose en la parte más reciente de la secuencia (zona polínica ARB 2b).

Más información

Pérez Díaz *et al.* (2018)



ARROYO DE AGUAS FRÍAS

Sierra de Gredos, El Hornillo, Ávila
Holoceno (1730 años cal AD – actualidad)

La turbera del Arroyo de Aguas Frías (40° 16' 4" N, 5° 7' 1" O; 1120 m s.n.m.) se localiza en la vertiente meridional del Macizo Central de la Sierra de Gredos, en la denominada Sierra del Arenal (Figs. 1 y 3). La vegetación de la zona corresponde a pinares de *Pinus pinaster* relativamente abiertos, entre los que prosperan castaños, robles, encinas y quejigos, e incluso algunos ejemplares de *P. nigra*, que se hacen más abundantes a mayor cota donde entran en ecotono con *P. sylvestris*. Gran parte de este territorio ha sido cultivado con cerezos (*Prunus avium*).

Entre 1730 y 1890 años cal AD (AAF-1), la vegetación del entorno del Arroyo de Aguas Frías estuvo dominada por un denso pinar, probablemente de *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* por la cota altitudinal en la que se sitúa la turbera, enriquecido en encinas, robles, quejigos y abedules, con alisos formando parte de los bosques riparios, cultivándose el olivo hacia los fondos de valle y el piedemonte serrano (Fig. 2). En este periodo

se documentan actividades de cerealicultura entre 1730 y 1810 años cal AD.

El final del siglo XIX e inicio del XX (1890 años cal AD-actualidad, AAF-2) estuvieron marcados por elevados valores de macrocarbones (CHAR), con picos máximos identificados hacia 1886, 1893, 1900, 1918 y 1924, y posteriormente en 1974 y 1980 años cal AD. El pico hacia 1893 años cal AD es muy significativo, pues a partir de esta fecha se produce un cambio drástico en el paisaje de la zona. En primer lugar, se documenta un descenso muy brusco de los valores de *Pinus nigra/sylvestris*, y en paralelo un ascenso notable de los de *P. pinaster*, *Cytisus/Genista* y hongos coprófilos (*Sordaria*, *Sporormiella*, *Cercophora*), coincidente con picos de *Asphodelus albus*. Evidentemente, este reemplazo en la especie de pino dominante en el territorio está relacionado con la recurrencia de incendios en la base de la zona polínica AAF-2, sobre los cuales el pino resinoso tiene mayor capacidad resiliente y adaptabili-



Figura 1. Sierra del Arenal. En este tramo de la vertiente meridional del Macizo Central de Gredos conviven tres especies de pino (*Pinus pinaster*, *P. nigra* y *P. sylvestris*) y otras tres de quercíneas (*Quercus pyrenaica*, *Q. ilex* y *Q. faginea*)

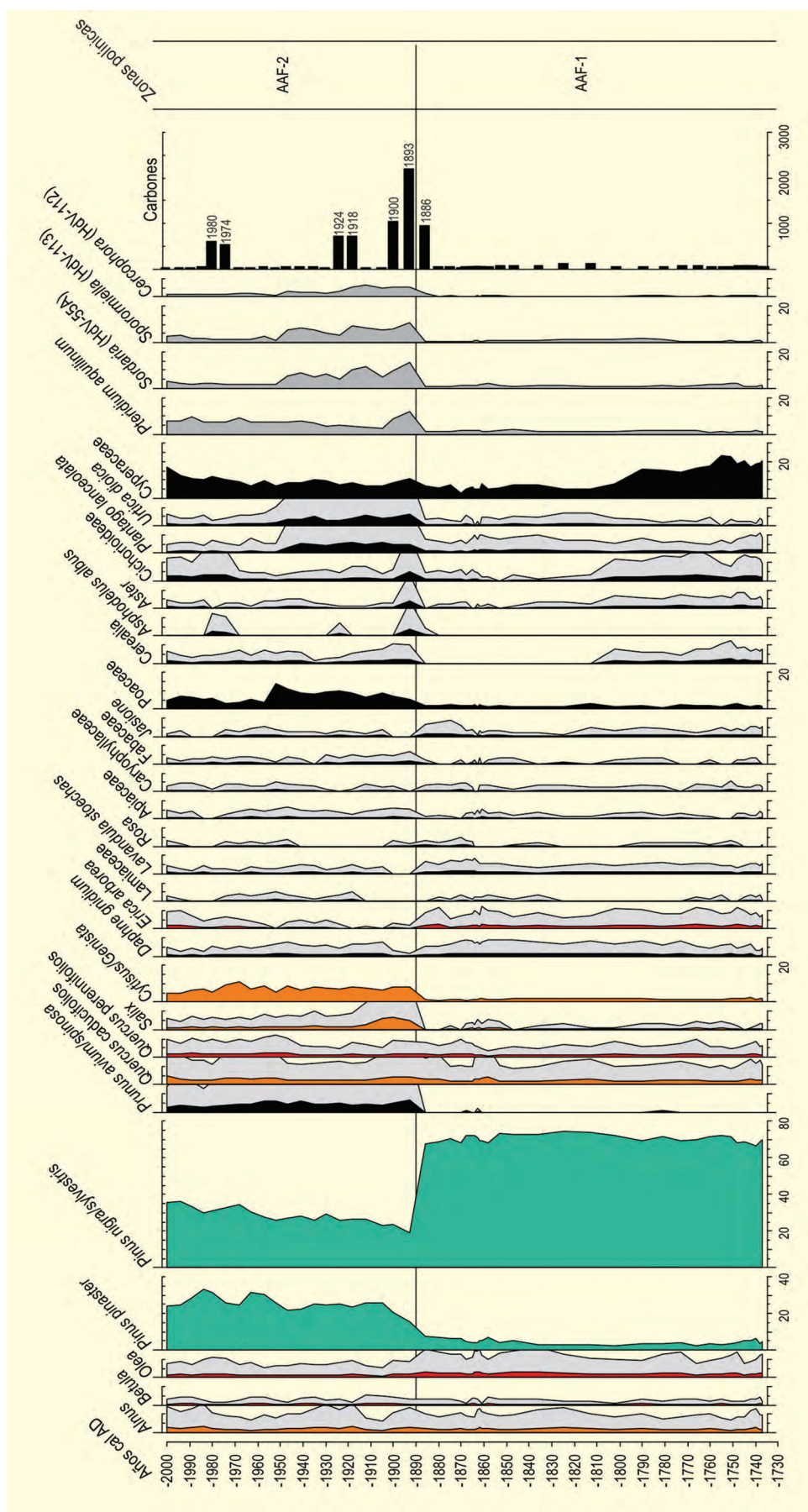


Figura 2. Diagrama palinológico de la turbera del Arroyo de Aguas Frías. Redibujado de Camarero et al. (2019)

Tabla 1. Dataciones radiocarbónicas de la turbera del Arroyo de Aguas Frías (Camarero *et al.* 2019)

Ref. Lab.	Prof. (cm)	Años BP	Años cal. AD
CNA-111	50	230 ± 30	1532-1950
CNA-112	37	143 ± 20	1669-1944
CNA-113	33	75 ± 30	1691-1923
CNA-114	25	67 ± 20	1696-1919
CNA-115	19	10 ± 30	1690-1960

**Figura 3.** Turbera del Arroyo de Aguas Frías

dad a una dinámica de fuegos de intensidad media que el pino cascalbo. A su vez, estos hechos probablemente tengan que ver con un cambio en los usos del suelo en la Sierra del Arenal, vinculados ahora a la explotación pastoril del entorno según se desprende del aumento de hongos coprófilos y herbáceas antropozógenas.

Hasta el año 1836 cal AD, la organización de La Mesta controlaba y gestionaba el paso de ganados por las montañas de la Sierra de Gredos, y en particular la explotación de las zonas de pasto en la Sierra de Arenal. Toda vez que esta organización desapareció, los bosques se empezaron a explotar sin control, incrementándose su uso pastoril desmedido, como parece ma-

nifestarse con claridad en el registro polínico de Arroyo de Aguas Frías a finales del siglo XIX.

Otra circunstancia que puede explicar la historia de la vegetación en la Sierra del Arenal, en este marco temporal, fue la puesta en escena del cultivo del cerezo sobre los suelos fértiles de la sierra, entre 500 y 1100 m s.n.m. aproximadamente. En la secuencia polínica del Arroyo de Aguas Frías se vislumbran perfectamente estos hechos toda vez que *Prunus avium/spinosa* es documentado a partir de 1890 años cal AD en adelante de forma ininterrumpida.

Más información

Camarero *et al.* (2019)



AS PONTES

Abadín, Lugo
Holoceno (7140 años cal BP – actualidad)

El yacimiento de As Pontes se localiza en las inmediaciones del núcleo de Abadín (Lugo), en un punto periférico de A Terra Chá (43° 21' N, 07° 29' O; 466 m s.n.m.) (Fig. 1). La apertura de una zona de obra para la construcción de un gaseoducto puso al descubierto un interesante perfil edáfico que mostraba la existencia de, al menos, dos niveles de paleosuelos con características diferentes y cinco niveles edáficos. Un nivel 1 superficial, de época contemporánea. Un nivel 2 más profundo e igual adscripción crono-lógica. Un nivel 3 correspondiente al primer paleosuelo, con notables marcas de arado, posiblemente de época medieval o moderna. Un nivel 4 con estructuras de combustión. Y, finalmente, un segundo paleosuelo o nivel 5, donde pudo recogerse cierto material lítico, y podría presuponerse que representaría el primer momento de ocupación del área de estudio, en una época probablemente asociable al Neolítico final. En dicho perfil fueron estudiadas palinológicamente 11 muestras: MU 1 a 6 en el nivel 1, MU 7 del nivel 2, MU 8-9 del nivel 3, MU 10 para el nivel 4 y MU 11 en el nivel 5.

La secuencia polínica (López-Sáez *et al.* 2003a,b, Fig. 2) arranca a mediados del Holoceno (nivel 5), mostrando la existencia de formaciones forestales relativamente bien conservadas, donde los elementos más representativos son *Quercus* caducifolios y *Corylus* entre los taxones arbóreos, y *Rhamnus* entre los arbustivos. También presentes, aunque en menores porcentajes, pueden citarse el aliso y los pinares montanos. Entre las herbáceas cabe destacar el alto porcentaje de las gramíneas y *Polypodium vulgare*. Entre los microfósiles no polínicos es muy significativa la presencia del tipo 10, *Anthostomella fuegiana* y *Coniochaeta xylariispora*, cuya presencia conjunta podría ser indicativa de condiciones locales de mayor sequedad dentro de un ambiente generalmente húmedo. Inicialmente este paleopaisaje debería corresponder a la primera ocupación del área durante el Neolítico final.

A partir de 5400 años cal BP cabe señalar cierto aumento en los valores de *Corylus*, y la primera aparición en el diagrama polínico de *Betula* y *Populus*. La vege-



Figura 1. Paisaje de Terra Chá donde se sitúa el yacimiento de As Pontes (Foto: E. Gacía Garrido)

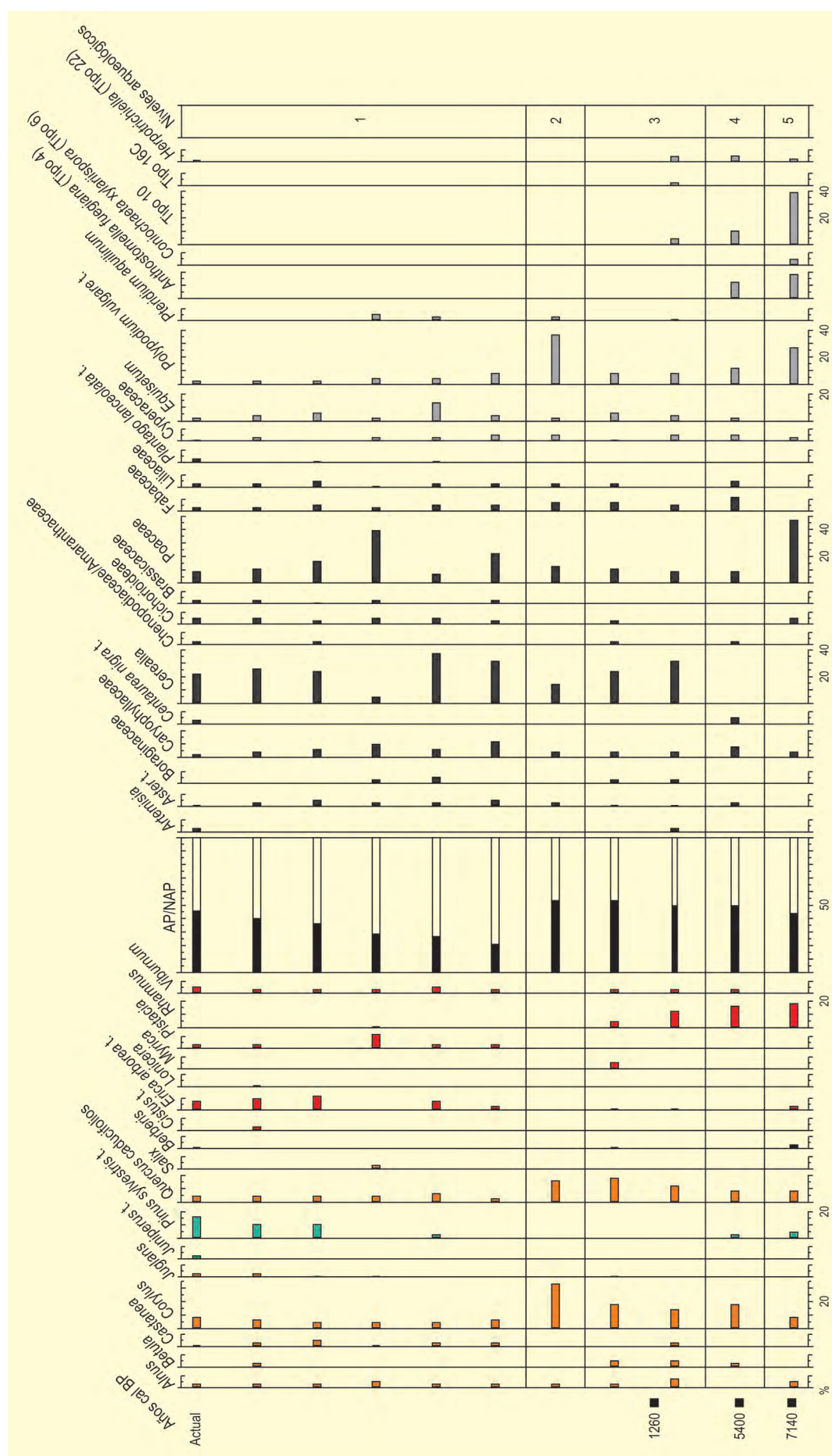


Tabla 1. Dataciones radiocarbónicas del perfil edáfico de As Pontes

Ref. Lab.	Nivel	Años BP	Años cal. BP
Beta-141788	3	1340 ± 60	1260
CSIC-1533	4	4656 ± 41	5400
Beta-141789	5	6250 ± 140	7140

tación herbácea, por su parte, muestra importantes cambios, pues se reducen notablemente las gramíneas y toman relevancia pólenes con carácter antrópico (*Cannabis/Humulus*, *Aster*, *Centaurea nigra*, *Chenopodiaceae/Amaranthaceae*). El paisaje dominante seguiría correspondiendo al carballal, relativamente abierto, donde diversas formaciones arbustivas (*Rhamnus*) serían indicativas, bien de la recuperación del bosque, bien de su degradación antrópica.

En época medieval/moderna (nivel 3) la vegetación forestal se asemeja mucho a la hasta ahora descrita, con el predominio del carballo y el avellano y, en menor medida, del abedul y el aliso. Se documenta por primera vez polen de castaño (*Castanea*). Es importante

señalar que, a diferencia de otros estudios polínicos en la región chariega, en As Pontes la cobertura arbórea sigue siendo relativamente alta en estos momentos, sin poder detectarse fenómenos de deforestación relativamente acusados. Es significativa la documentación de polen de cereal en porcentajes sumamente elevados, lo cual debe significar que el yacimiento estaba situado por entonces en el seno de un campo de cultivo, como se atestigua además por la existencia de marcas de arado.

En época contemporánea (nivel 1) no se detectan cambios sustanciales en la vegetación, si bien cabe destacar la constancia de la cerealicultura, la presencia más o menos continua de castaño (*Castanea*) y, ya en fechas más recientes (nivel 1), la aparición del nogal y una degradación paulatina del carballal como consecuencia de la repoblación con coníferas y la consecuente proliferación del brezal.

Más información

López-Sáez *et al.* (2003a,b)



ATAPUERCA - CUEVA DE EL MIRADOR

Sierra de Atapuerca, Ibeas de Juarros, Burgos
Holoceno (7880-3240 años cal BP)

La cueva de El Mirador (Ibeas de Juarros, Burgos) se encuentra en la vertiente del extremo meridional de la Sierra de Atapuerca. Se sitúa en las coordenadas geográficas 42° 20' 31" N y 03° 30' 25" O; a una altitud de 1033 m s.n.m. Este depósito arqueológico se caracteriza por una sedimentación formada de manera continua por acumulaciones sucesivas de materiales de origen antrópico con distintas fases de combustión (Fig. 2). El depósito está ligado a las actividades agropecuarias.

En la actualidad el paisaje de la Sierra de Atapuerca tiene un carácter antrópico, dominando los campos de cereales sobre las terrazas más próximas. En la propia

Sierra de Atapuerca se desarrolla un quejigar (con encinas, majuelos y madreselvas entre otras especies) que ha sufrido durante décadas los efectos de las actividades humanas y especialmente el carboneo. En la ribera del Arlanzón crece en la actualidad una sauceda en la que encontramos *Salix alba*, *S. atrocinerea*, *S. caprea* y *S. eleagnus*, entre otras especies. En las sierras más próximas encontramos el melojar y pinares de pino albar. También aparecen hayas en las zonas de mayor humedad.

El estudio antracológico está basado en 7310 restos procedentes de 24 niveles que abarcan 21 niveles neolíticos y 2 de la Edad del Bronce (Fig. 3, Tabla 1). La se-



Figura 1. Vista aérea de los alrededores y entrada a la cueva de El Mirador (Foto: J. Mestre)

Tabla 1. Dataciones de la Cueva de El Mirador (Vergès *et al.* 2008)

Ref. Lab.	Procedencia	Años BP	Arqueología	Material	Método
Beta-154894	MIR 4 (techo)	3020±40	Bronce	<i>Quercus perennifolio</i>	AMS
Beta-153366	MIR 4 (base)	3380±40	Bronce	<i>Quercus caducifolio</i>	AMS
Beta-153367	MIR 6	4760±40	Neolítico	<i>Quercus perennifolio</i>	AMS
Beta-181086	MIR 8	4950±40	Neolítico	<i>Quercus perennifolio</i>	AMS
Beta-220912	MIR 9	5050±40	Neolítico	<i>Triticum aestivum/durum</i>	AMS
Beta-181087	MIR 11	5340±50	Neolítico	<i>Quercus perennifolio</i>	AMS
Beta-208131	MIR 13	5420±40	Neolítico	<i>Triticum dicoccum</i>	AMS
Beta-220913	MIR 14	5470±40	Neolítico	<i>Triticum aestivum/durum</i>	AMS
Beta-181088	MIR 16	5700±70	Neolítico	<i>Quercus</i>	AMS
Beta-208132	MIR 18	6090±40	Neolítico	<i>Triticum dicoccum</i>	AMS
Beta-182040	MIR 19	6130±50	Neolítico	<i>Quercus caducifolio</i>	AMS
Beta-197384	MIR 20	6070±50	Neolítico	<i>Triticum dicoccum</i>	AMS
Beta-197385	MIR 21	6350±40	Neolítico	<i>Quercus</i>	AMS
Beta-208133	MIR 22	6110±40	Neolítico	<i>Triticum aestivum/durum</i>	AMS
Beta-208134	MIR 23	6300±50	Neolítico	<i>Triticum dicoccum</i>	AMS
Beta-220914	MIR 24	6080±40	Neolítico	<i>Triticum dicoccum</i>	AMS
Beta-197386		7030±40	Neolítico	<i>Pinus</i>	AMS



Figura 2. Vista del interior de la Cueva de El Mirador (Foto: J. Mestre)

cuencia presenta una evolución característica para este período; en toda ella dominan los *Quercus*, tanto caducifolios (robles y quejigos) como perennifolios (encinas). Este hecho está ligado con la explotación de estos taxones y con su dominio en la formación vegetal próxima a la cavidad. En la base del diagrama encontramos un dominio de robles junto a otros taxones de ambientes húmedos, especialmente es significativa la presencia de *Fraxinus* y *Corylus*, más abundantes en esta fase que en las posteriores. Asimismo, destacan los valores de *Pinus t. sylvestris*, un taxón relicto del Tardiglacial que en la actualidad crece en bosques no muy alejados

de la cueva. Otros taxones que aparecen son *Maloidae*, *Cornus*, *Juniperus*, *Lonicera*, *Salix*, *Sambucus* y *Rhamnus cathartica/saxatilis*.

A lo largo de la secuencia observamos cómo los valores de *Quercus perennifolios* aumentan de forma evidente en detrimento de los caducifolios en los niveles MIR6 a MIR9. En el techo de la secuencia los valores de *Quercus caducifolios* incrementan junto a una mayor diversidad de taxones arbustivos. Así, en los niveles de la Edad del Bronce se observa una mayor variabilidad taxonómica ligada con una mayor transformación de origen antrópico del paisaje. Asimismo, cabe destacar la presencia de *Fagus sylvatica*, especie característica de su máxima expansión en torno a este periodo.

El estudio palinológico se llevó a cabo sobre 50 muestras sedimentarias procedentes de la sección sur del sondeo realizado en la parte central del yacimiento (Figs. 4 y 5). La secuencia analizada cubre un total de 21 niveles (del MIR24 al MIR4). La mayor parte de la secuencia se encuadra en el Neolítico a excepción del nivel MIR4, datado en la Edad del Bronce. El análisis de clusters ha permitido dividir la secuencia en dos zonas palinológicas principales (A y B) y dos subzonas (A1 y

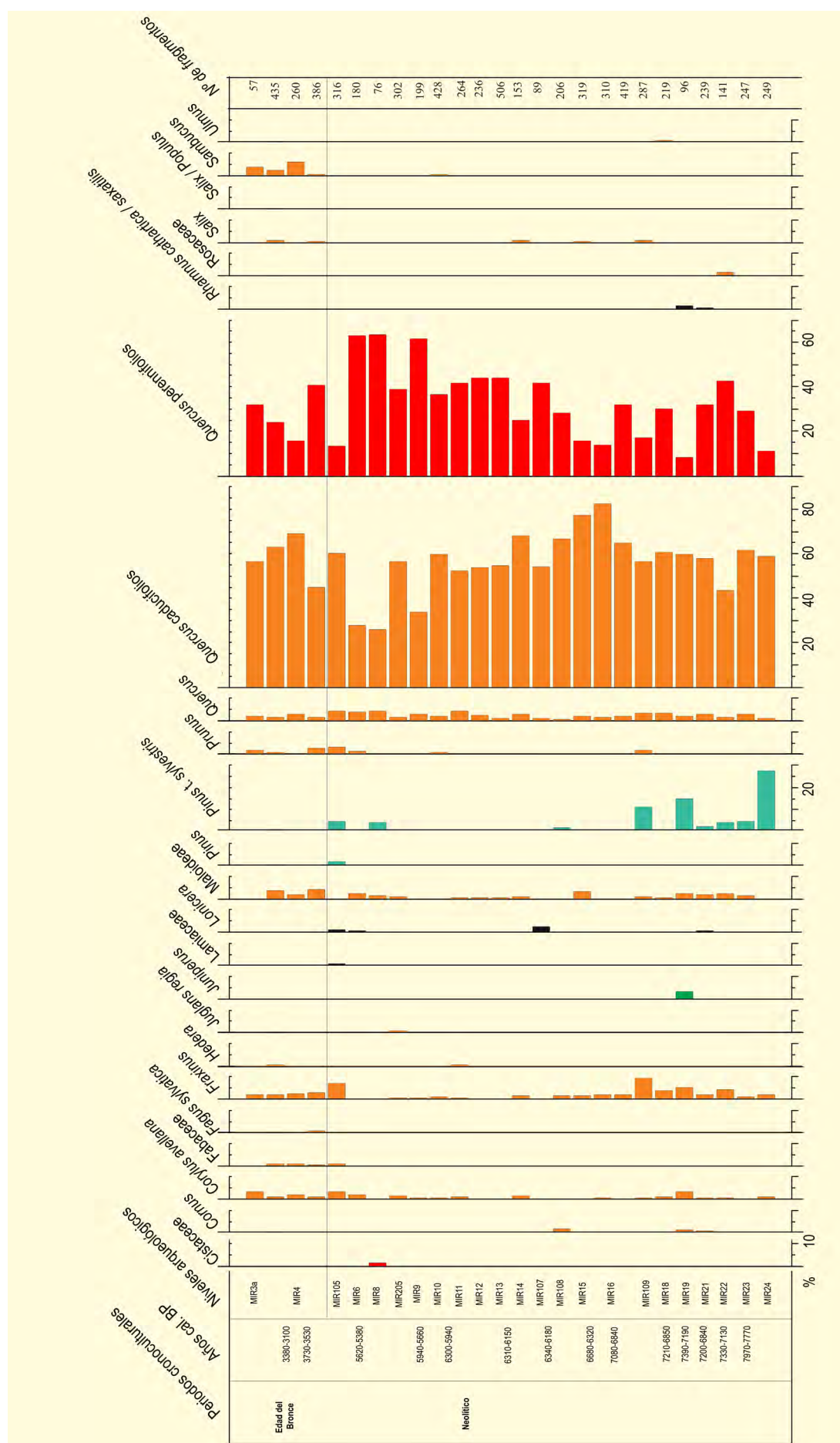


Figura 3. Diagrama antracológico de la Cueva de El Mirador. Modificado de Euba et al. (2016)

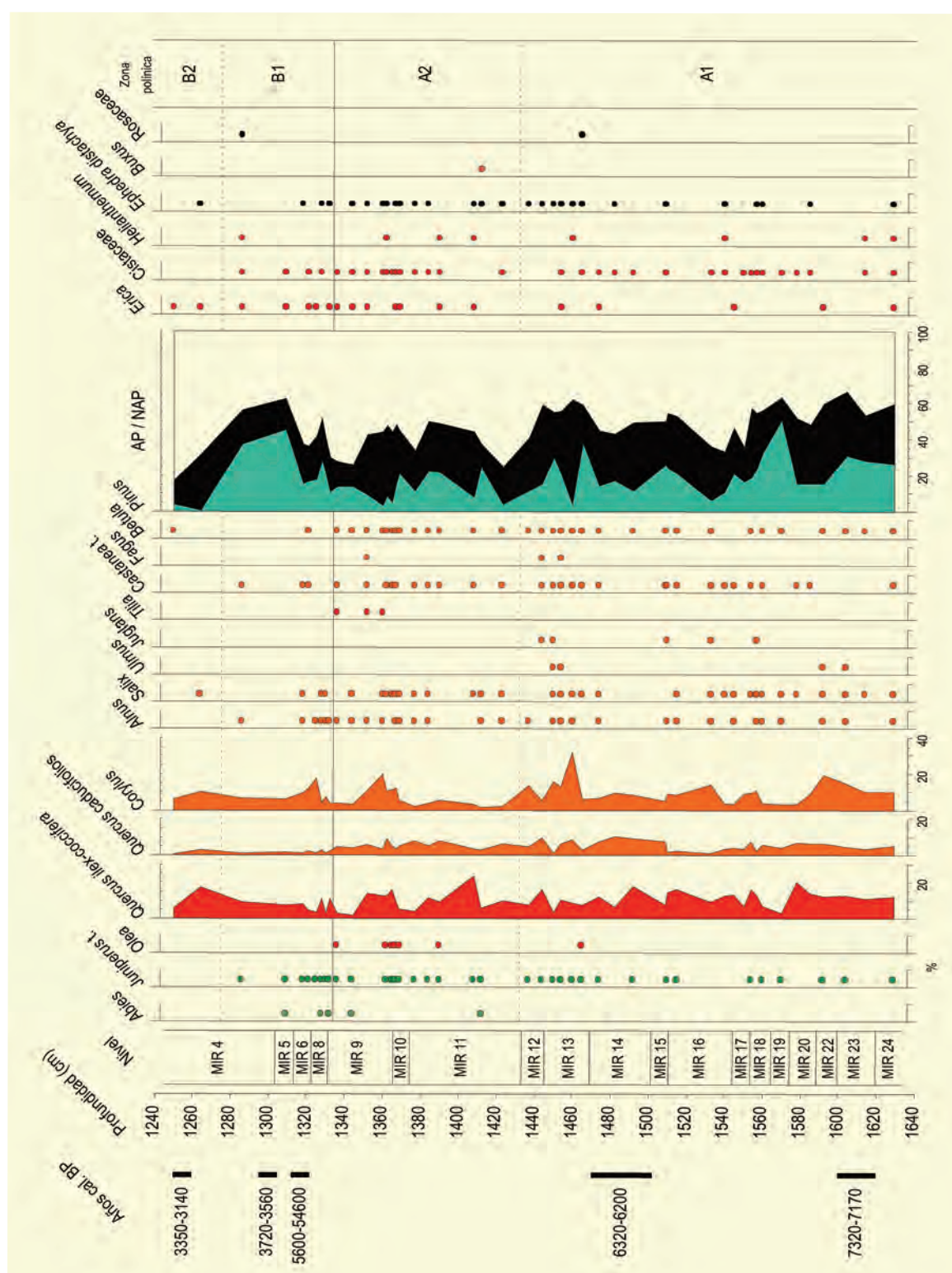


Figura 4. Diagrama de las frecuencias relativas de los taxones de árboles y arbustos de la Cueva de El Mirador. Modificado de Expósito et al. (2017)

A2 / B1 y B2). La subzona A1 (~5400-7100 años cal BP) incluye 26 muestras procedentes de los niveles MIR24 a MIR12, que presentan los valores de polen arbóreo más elevados de la secuencia. A pesar de las fluctuaciones, los taxones mesotermófilos están bien repre-

sentados, principalmente por *Quercus ilex-coccifera* y *Corylus*. En la parte superior de la zona (~5400 años cal BP), coincidiendo con un pico en los indicadores de aumento de precipitaciones, se ha identificado la presencia de *Fagus*, aunque en porcentajes bajos. La comuni-

dad ribereña presenta la mayor diversidad taxonómica de la secuencia e incluye *Alnus*, *Salix* y *Ulmus*. La característica principal de esta subzona es la subrepresentación de *Plantago* y otras hierbas asociadas con la actividad pastoral en comparación con lo que se observa en fases posteriores. Sin embargo, la presencia de plantas nitrófilas y ruderales es importante, aunque irregular. Cabe señalar que el tipo *Cerealia* aparece ya en la base del diagrama, indicando la posible existencia de áreas de cultivo cercanas al asentamiento desde el Neolítico inicial. La subzona A2 (~4980-5400 años cal BP) incluye 14 muestras de los niveles MIR11, MIR10 y la práctica totalidad de MIR9. En este caso, los porcentajes de cobertura arbórea son significativamente más bajos. En esta subzona, *Corylus* sufre un acusado descenso, a pesar de las fluctuaciones, y la variabilidad taxonómica de la comunidad de ribera declina en lo que parece fue un período de escasas precipitaciones. Nuevamente hay evidencia de la presencia de *Fagus*, y se ha identificado *Abies* en dos de las muestras pertenecientes a esta subzona, aunque en porcentajes bajos.

El aumento en los valores de los indicadores de presión pastoral en la base de la subzona es consistente con la mínima representación de Poaceae. Esto podría estar relacionado con el agotamiento de este tipo de plantas herbáceas por el sobrepastoreo. En cualquier caso, parece que existe una cierta alternancia en el predominio del cortejo de plantas asociado con la actividad ganadera y el de las plantas nitrófilas y ruderales.

Las ocho muestras de la subzona B1 (~3400-4980 años cal BP) están relacionadas con la parte superior del nivel MIR9, los niveles MIR8, MIR6, MIR5 y gran parte del nivel MIR4. Durante este período, que incluye la transición a la Edad del Bronce se produce una marcada disminución de la variabilidad taxonómica de árboles y arbustos. El aumento de la representación porcentual de *Pinus* que se ha documentado en MIR5, así como el declive o desaparición de las poblaciones de *Ulmus*, *Juglans*, *Tilia* y *Fagus* parece sugerir que este fue un período caracterizado por las escasas precipitaciones. En este nivel atípico, relacionado con un uso funerario de la cueva, no se han identificado los rasgos que caracterizan la inferencia antrópica en el paisaje o la existencia de presión pastoral.

Ya entrando plenamente en la Edad del Bronce, en las dos muestras de la subzona B2 (~3000-3400 años cal BP), que se corresponden con la parte superior de la unidad MIR4, el porcentaje de AP cae bruscamente (17,4- 31,3 %) y la diversidad taxonómica es la más baja de toda la secuencia. Los valores de Poaceae son bajos y solo aumentan cuando los indicadores de presión del ganado disminuyen. El aumento de los porcentajes relacionados con las áreas de pasto se produce al mismo tiempo que el pico máximo de representación de *Cerealia* (26,7 %). Esta coexistencia de indicadores indica que, en esta fase de ocupación, las actividades desarrolladas en la cueva y su entorno podrían ser algo más diversas que las documentadas en los niveles neolíticos.

El análisis palinológico de la secuencia de la cueva de El Mirador ha demostrado la existencia de un paisaje abierto formado por un bosque mixto de pinos y robles desde el Neolítico inicial hasta la Edad del Bronce. Junto a estas formaciones forestales, en las terrazas de tipo acidófilo, crecían otros árboles de hoja caduca como *Corylus* o *Castanea*. El bosque de ribera estaba formado al menos por *Salix*, *Tilia* y *Alnus* y en las montañas regionales vivirían *Betula*, *Abies* y *Pinus*.

Las diferentes comunidades vegetales documentadas y los valores del polen arbóreo, siempre en torno al 50 %, sugieren que el paisaje tenía un claro carácter submediterráneo abierto. El declive de las formaciones forestales, la ocupación de las áreas abiertas con árboles y arbustos heliófilos y el aumento de pastizales y matorrales sugieren las fases típicas de degradación del paisaje que acompañan a la intensificación de la inferencia antrópica en el medio. En este mismo sentido, esta evolución hacia un medio altamente antropizado implica el incremento progresivo de taxones nitrófilos y antropozoógenos asociados a las áreas dedicadas al pastoreo y cultivo. Las formaciones vegetales que refleja este registro antracológico son, por una parte, el melojar que probablemente se extendía por las zonas más húmedas sobre las terrazas del Arlanzón, y, por otra parte, el encinar y quejigar que crecerían sobre el relieve calcáreo de la Sierra de Atapuerca. La diferencia entre los valores de *Quercus* y el resto de taxones en toda la secuencia, refleja una explotación de las formaciones vegetales descritas dirigida hacia estas especies. Esta explotación

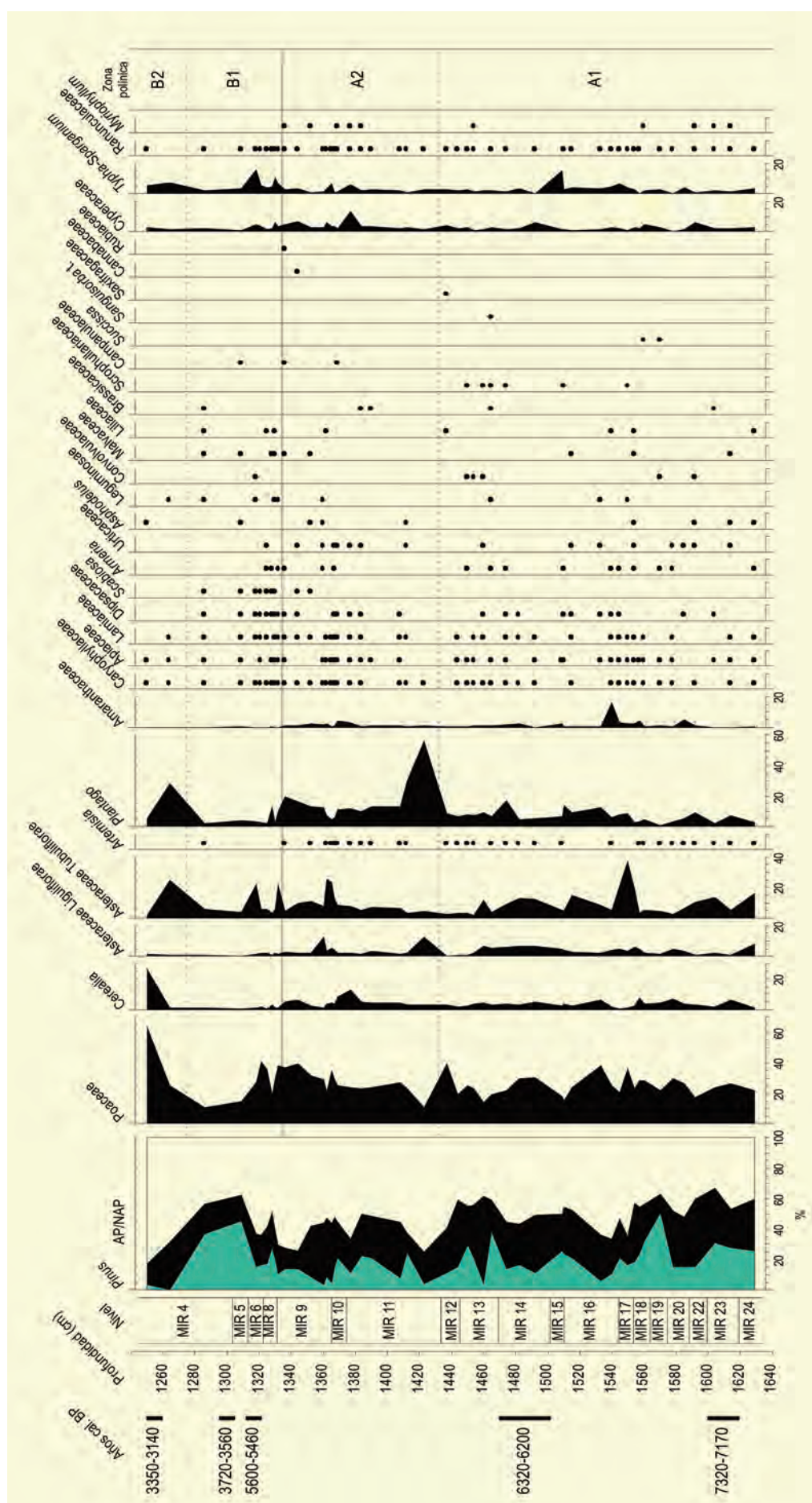


Figura 5. Diagrama de las frecuencias relativas de los taxones herbáceos de la Cueva de El Mirador. Modificado de Expósito *et al.* (2017)

estaría relacionada también con su uso como forraje para el ganado, ya que el depósito de esta cavidad está relacionado con su utilización como redil.

Los datos indican que los grupos humanos que visitaron El Mirador realizaron prácticas de cría de ganado y cultivo de cereales y aprovecharon los recursos forestales disponibles. El único punto en el que no hay evidencia de estas actividades en El Mirador es en el nivel MIR5, que como se mencionó anteriormente, repre-

senta un fenómeno atípico en lo que a la ocupación de la cueva se refiere con respecto al resto de la secuencia. El impacto antrópico en el medio se intensifica progresivamente y se hace especialmente intenso en la Edad del Bronce, de acuerdo con el aumento indiscutible de los indicadores antropogénicos.

Más información

Euba *et al.* (2016), Expósito *et al.* (2017)



ATXURI

Valle de Baztan, Baztan, Navarra
Holoceno (2830-1870 años cal BP)

La turbera de Atxuri se sitúa en el valle de Baztan (43° 15' N, 01° 33' O; 500 m s.n.m.), en las estribaciones occidentales del Pirineo navarro. Se desarrolla como turbera de tipo ombrotrófico en una plataforma de la ladera suroeste del domo de Peña Plata. A nivel hidrológico se ubica en la vertiente atlántica.

El clima de esta región es templado y muy lluvioso (precipitación anual superior a 2000 mm), por su situación a la altura de la parte interna del Golfo de Vizcaya. Ello se refleja en la vegetación, compuesta por hayedos (*Fagus sylvatica*) en las zonas más elevadas y robledales dominados por *Quercus robur* en los fondos de los valles, junto con castañares (*Castanea*) y otras frondosas como fresno (*Fraxinus*) y avellano (*Corylus*). Sin em-

bargo, los alrededores de la turbera están deforestados; solo quedan algunos bosquetes aislados de hayedos oligotróficos entre 400 y 450 m s.n.m. Las laderas del monte están cubiertas por helechales de *Pteridium aquilinum*, brezales con *Erica vagans* y *Daboecia cantabrica*, argomales con *Ulex gallii*, y pastos (*Festuca*). También se evidencia el impacto humano sobre el paisaje en las repoblaciones de *Pinus radiata* (Fig. 1). A nivel local, en la turbera crecen *Erica tetralix* y distintas especies de *Sphagnum*, acompañados de *Drosera*, *Carex*, *Juncus*, *Schoenus*, *Narthecium* y *Eriophorum*.

La secuencia polínica (Fig. 2) (Peñalba 1989, 1994) corresponde a un núcleo de sedimento de 150 cm de profundidad extraído con una sonda rusa, que muestra



Figura 1. Panorámica de la turbera de Atxuri (Foto: D. Galop)

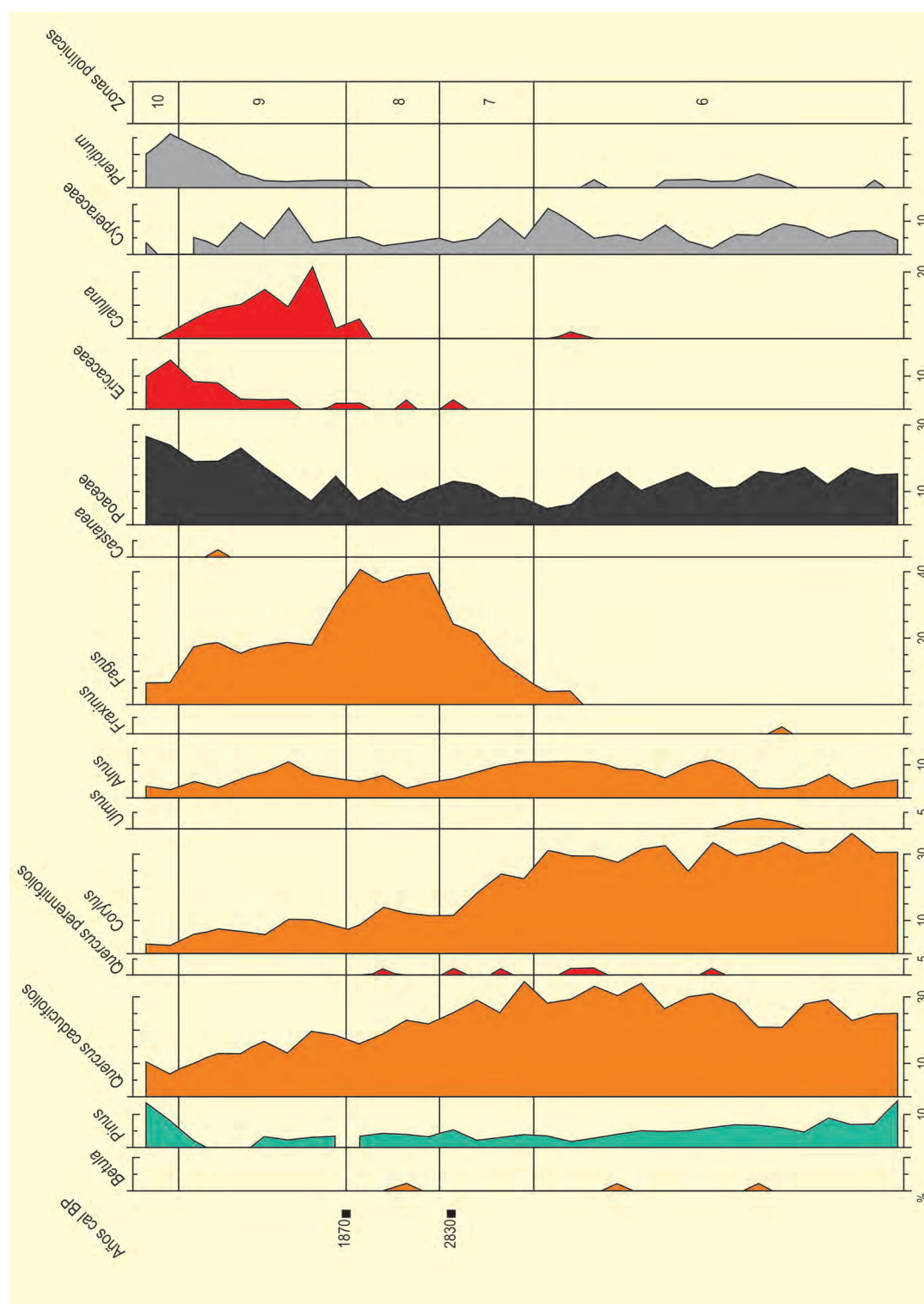


Figura 2. Diagrama polínico de la Turbera de Peñalba (1994)

que la turba yace sobre una capa de arcillas grises. Las dataciones radiocarbónicas (Tabla 1) indican que el depósito arcilloso es anterior a 3000 años cal BP. La zona 6 está dominada por *Quercus* y *Corylus*, junto con algunos taxones del robledal mixto (*Ulmus*, *Tilia*, *Hedera* y *Fraxinus*). Las frecuencias polínicas de los taxones ar-

bóreos indican un paisaje densamente forestado. La base de la zona contiene *Taxus* y una mayor proporción de *Pinus*, mientras que en el final de la zona 6 están ligeramente mejor representadas las encinas y alcornoques (*Quercus* tipos *ilex* y *suber*). Ello indica el paso a un ambiente más termófilo.

Tabla 1. Dataciones radiocarbónicas de la secuencia de Atxuri. Calibraciones según Reimer *et al.* (2004) (Calib 5.0, intervalo de probabilidad 95,4 %)

Ref. Lab.	Prof. (cm)	Años BP	Años cal. BP	Años cal. BP
Gif-7237	32-35	1920 ± 80	1692-2060	1870
Gif-7238	50-60	2710 ± 60	2744-2946	2830

La zona 7 está caracterizada por la progresiva expansión de *Fagus*, en paralelo al retroceso de *Corylus* y *Quercus* caducifolios. Estos cambios en la vegetación ocurrieron con anterioridad a 2750 años cal BP, fecha en la que el desarrollo de los hayedos alcanza su máximo esplendor. Se ha discutido la posible interferencia del hombre en el desarrollo de estos bosques (ver la cercana turbera de Belate), además del factor climático.

El dominio de *Fagus* y la máxima extensión de sus bosques duró unos 1000 años (zona 8) en Atxuri, concluyendo hacia 1700 años cal BP. Entonces se registra una caída brusca de sus frecuencias polínicas (zona 9); también disminuyen las de *Quercus* y *Corylus*, lo que se traduce en una deforestación persistente y en el reemplazo por taxones como Ericaceae, Poaceae, *Pteridium* y *Plantago* tipo *lanceolata* que, junto con la presencia

de cereales y *Castanea*, refuerza la idea de una acción antrópica muy intensa que da pie a la instalación del paisaje actual. La datación radiocarbónica sitúa el inicio de esta fase en los primeros siglos de nuestra era, culturalmente correspondientes a la Época Romana, y posiblemente los cambios se continúan en la época medieval (explotación del bosque para ferrerías) y en el siglo XVI y posteriores (industria naval).

La última zona (10) no está fechada pero, además de agudizarse la tendencia a la deforestación de especies caducifolias iniciada en la zona 9, se observa el aumento de los porcentajes de *Pinus*. La introducción de *Pinus radiata*, originario de California, para fines industriales, tiene lugar en el siglo XX.

Más información

Peñalba (1987, 1988, 1989, 1992, 1993, 1994)



AVENC DELS DOS FORATS

Carcaixent, Valencia
Holoceno

El Avenc dels Dos Forats, también conocido como Cova del Monedero, es una sima que se abre en una pequeña meseta situada en la Serra del Realeng, a 186 metros de altitud sobre el Barranc de Pau, perteneciente a la red tributaria del río Júcar. Sus coordenadas son 39° 06' 26" N y 00° 24' 58" O. El clima actual es de tipo temomediterráneo, con una media de precipitaciones de 600-800 mm anuales. Actualmente, la Serra del Realeng en el entorno del yacimiento se encuentra muy antropizada: la gran calidad del suelo en la llanura de inundación del Júcar favoreció una intensa ocupación humana y agrícola, con la subsiguiente deforestación temprana de esta zona (Fig. 1).

El carbón recuperado en el Avenc dels Dos Forats se encontraba disperso por los niveles arqueológicos de tres sondeos realizados en diversas cavidades de la

sima. Tras su correlación, se aprecia como los niveles cubren una secuencia discontinua desde el Calcolítico hasta época islámica, documentándose un nivel de enterramiento de cronología calcolítica en la base de los tres sondeos. El análisis antracológico (Fig. 5) se ha realizado en los niveles adscritos al Calcolítico y a la Edad del Bronce, siendo el límite entre ellos aún impreciso.

En los carbones analizados se evidencia cierta riqueza taxonómica, aunque, porcentualmente, se da un dominio de unos pocos taxones, sobre todo *Erica* (Fig. 2), *Olea europaea* (Fig. 4) y *Rosmarinus officinalis*. Existe, pues, un claro predominio de taxones arbustivos, siendo numerosos los que pertenecen a series de sustitución, caso de los brezos; aunque no se pueden identificar las especies de este género en base a la anatomía de su madera, la observación de al menos dos



Figura 1. Paraje de Carcaixent en las proximidades a la cueva (Foto: Alberto-jvazquezartes)

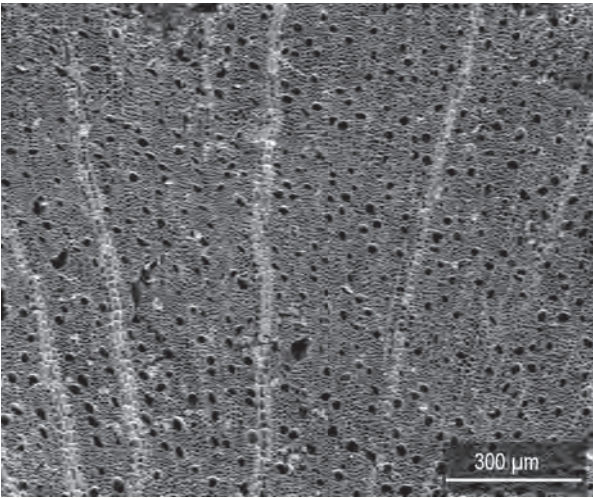


Figura 2. Imagen al M.E.B. del corte transversal de un carbón de Erica (Foto: Yolanda Carrión-Marco)

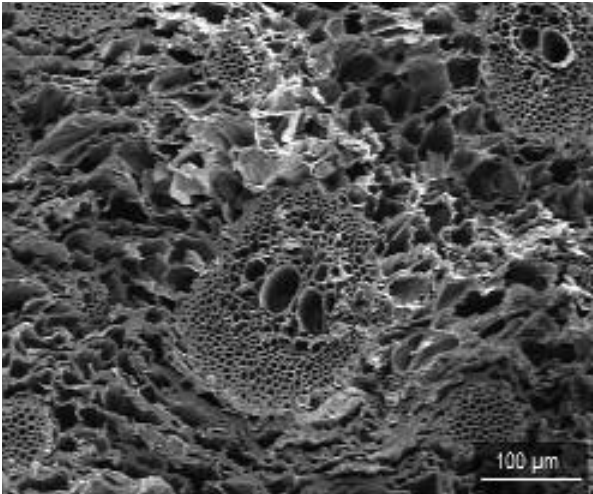


Figura 3. Imagen al M.E.B. del corte transversal de un carbón de monocotiledónea (Foto: Yolanda Carrión-Marco)

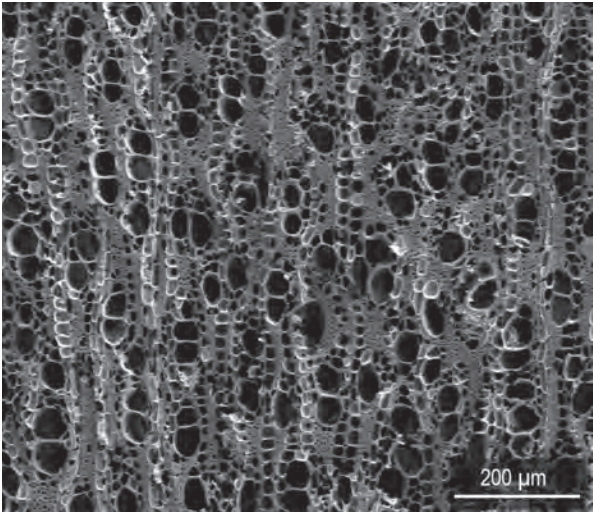


Figura 4. Imagen al M.E.B. del corte transversal de un carbón de Olea europaea (Foto: Yolanda Carrión-Marco)

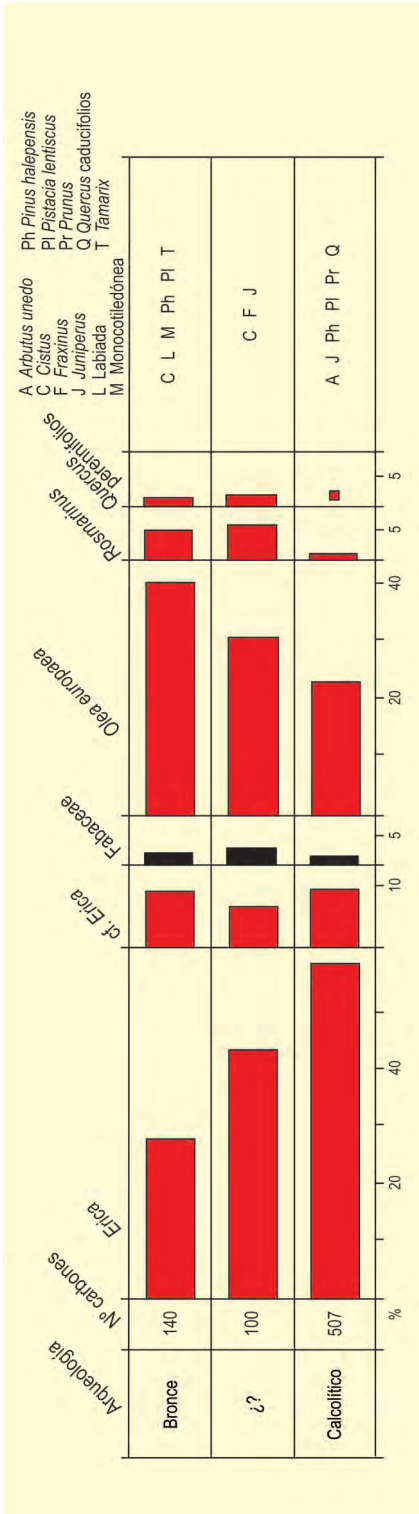


Figura 5. Diagrama antracológico del Avenc dels Dos Forats. Redibujado de García-Puchol et al. (2010)

tipos diferentes nos lleva a pensar que debían de coexistir varias especies en el lugar. También están presentes, entre otros, las fabáceas, el pino carrasco, las jaras y el lentisco, completando así algunos de los taxones más característicos del matorral termomediterráneo. Quercus caducifolia, Fraxinus y Prunus constituyen los

únicos taxones caducifolios que se han identificado, aunque de forma muy puntual. Estos podrían localizarse en enclaves húmedos o formando parte de la vegetación de ribera.

El conjunto de taxones identificados en la secuencia prehistórica del Avenc permite inferir la presencia de formaciones de matorral esclerófilo termomediterráneo con pocos elementos arbóreos en las inmediaciones del yacimiento.

La dominancia de brezos y acebuche puede indicar una intensa deforestación, o bien que el territorio explotado por los ocupantes de la cueva estuviera restrin-

gido a los roquedos y zonas de solana en las inmediaciones de la entrada a la misma donde podrían abundar estas especies.

La imagen de la vegetación ofrecida por el carbón del Avenc es coherente con un momento de deforestación generalizada que se observa en la franja termomediterránea, tras los primeros 500-1000 años de instalación de la agricultura en la zona y que se acentúa hacia el 4500 años BP, con la expansión de matorrales con brezos, leguminosas y romero, entre otros.

Más información

García-Puchol *et al.* (2010)



AZUTÁN

Cuenca interior del Tajo, Azután, Toledo
Holoceno (6560-5270 años cal BP)

El dolmen de Azután (Fig. 1) se ubica en la cuenca interior del Tajo, muy próximo a dicho río, en la zona más occidental de la provincia de Toledo, a caballo entre las estribaciones montañosas de Gredos al norte, y los Montes de Toledo occidentales y Guadalupe, al sur. Ocupa una posición estratégica, relativamente elevada (39° 46' 50" N, 05° 08' 55" O; 345 m s.n.m.), no lejos de las localidades de Puente del Arzobispo y Azután, en un territorio con abundancia de acuíferos y gran potencialidad agrícola. Se trata de un túmulo con arquitectura megalítica dolménica, construido en el Neolítico, aunque tiene la particularidad de que en su seno se ha podido constatar la presencia de restos de habitación asociados a varias cabañas (CT4 y GTS), situadas debajo del túmulo, que fueron construidas antes que el propio dolmen.

El análisis paleopalinológico (Fig. 2) se ha realizado sobre un total de 13 muestras, apoyándose en 5 dataciones radiocarbónicas (Tabla 1). En el entorno del dolmen durante el Neolítico antiguo (c. 4200-4100 años cal

BC), el paleopaisaje correspondería a un encinar con enebro relativamente aclarado, con un nivel de antropización medio-bajo sin detectarse aún el cultivo del cereal. Quizá el hecho más significativo de estos momentos sería la amplia representación de polen de *Olea*, que reflejaría la existencia de una densa maquia xerotermófila. Siglos más tarde, el encinar empieza a degradarse progresivamente, ya en los instantes finales del V milenio cal BC. La deforestación se produce mediante fuegos antrópicos dirigidos, tanto sobre el bosque de encinas como sobre el acebuchar, pues a partir de estos momentos aumenta la concentración de partículas microcarbonosas y la cobertura arbóreo-arbustiva se reduce notablemente. Con todo ello, la presión antrópica se incrementa y comienzan a ser mucho más abundantes los pastizales nitrófilos. La continuidad de este proceso acaba por hacer desaparecer todo vestigio del acebuche, posible-mente hacia el 4000 años cal BC. En los primeros momentos del IV milenio cal BC, la antropización del paisaje es muy elevada y los espectros polínicos detectan el inicio, en el entorno inmediato del



Figura 1. Dolmen de Azután (Toledo) (Foto: R. Gómez Herrero)

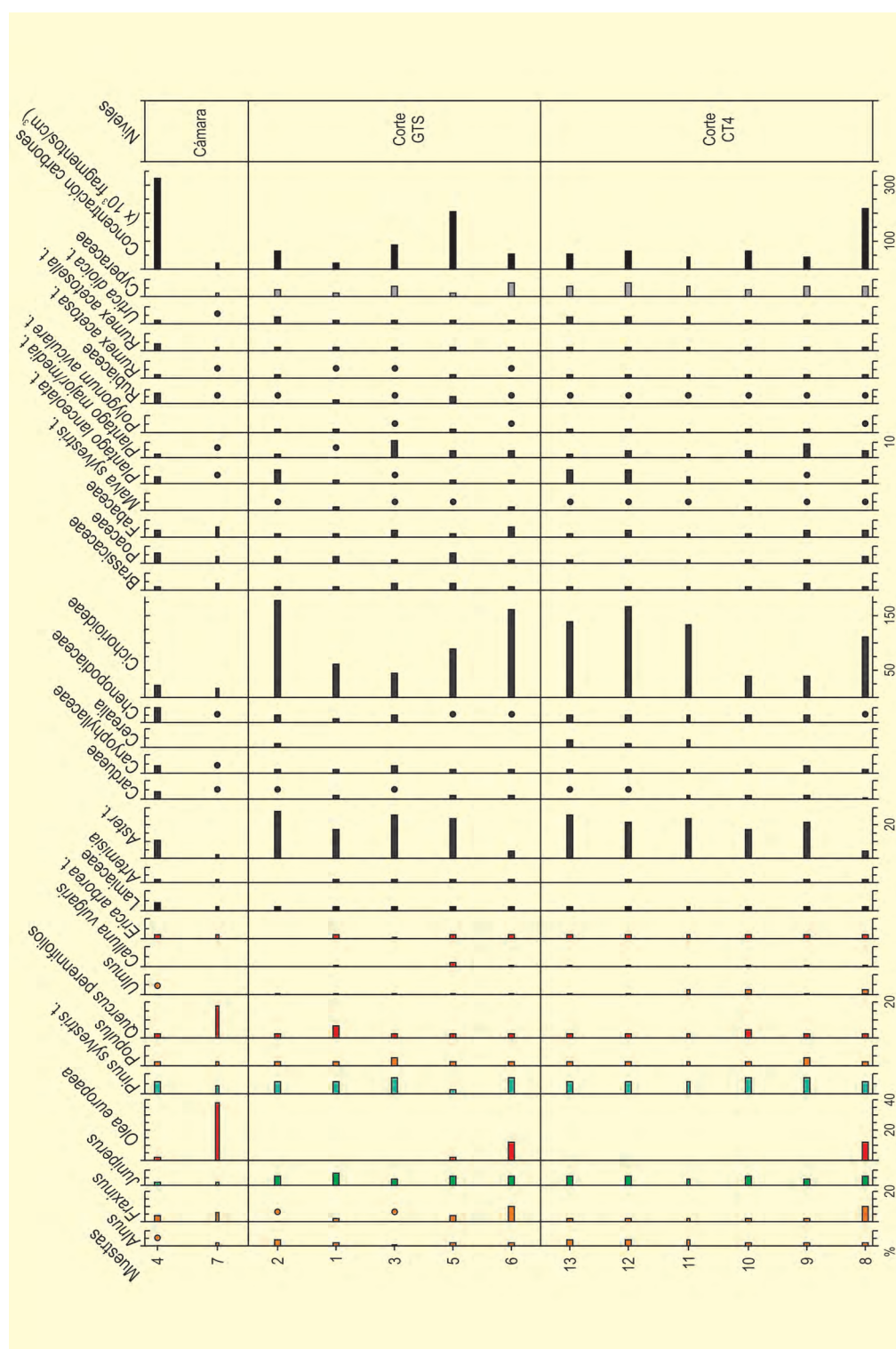


Figura 2. Diagrama polínico del dolmen de Azután. Redibujado de López-Sáez & López-García (2005)

yacimiento, de una presión pastoral local, que queda reflejada por la preponderancia que toman tanto elementos antropozoógenos, como los hongos coprófilos (*Sordaria*). Más tarde (c. 4000-3900 años cal BC) la presión pastoral se eleva todavía más, coincidiendo con las primeras evidencias polínicas de cerealicultura.

Los hechos más sobresalientes del análisis polínico del dolmen de Azután (Fig. 3) son: (i) se demuestra la existencia de una densa maquia termófila de acebuche en el interior del Tajo a mediados del Holoceno, la cual iría progresivamente desapareciendo a causa de la antropización del paisaje; (ii) las primeras evidencias de

Tabla 1. Dataciones radiocarbónicas para el dolmen de Azután

Ref. Lab.	Años BP	Años cal. BP	Nivel	Arqueología
Ly-4500	4590 ± 90	5270	Cámara	Neolítico
Beta-145277	4620 ± 40	5380	Cámara	Neolítico
UGRA-288	5060 ± 90	5800	Cámara	Neolítico
Beta-157731	5250 ± 40	6040	Cabaña CT4	Neolítico
Ly-4578	5750 ± 130	6560	Cámara	Neolítico

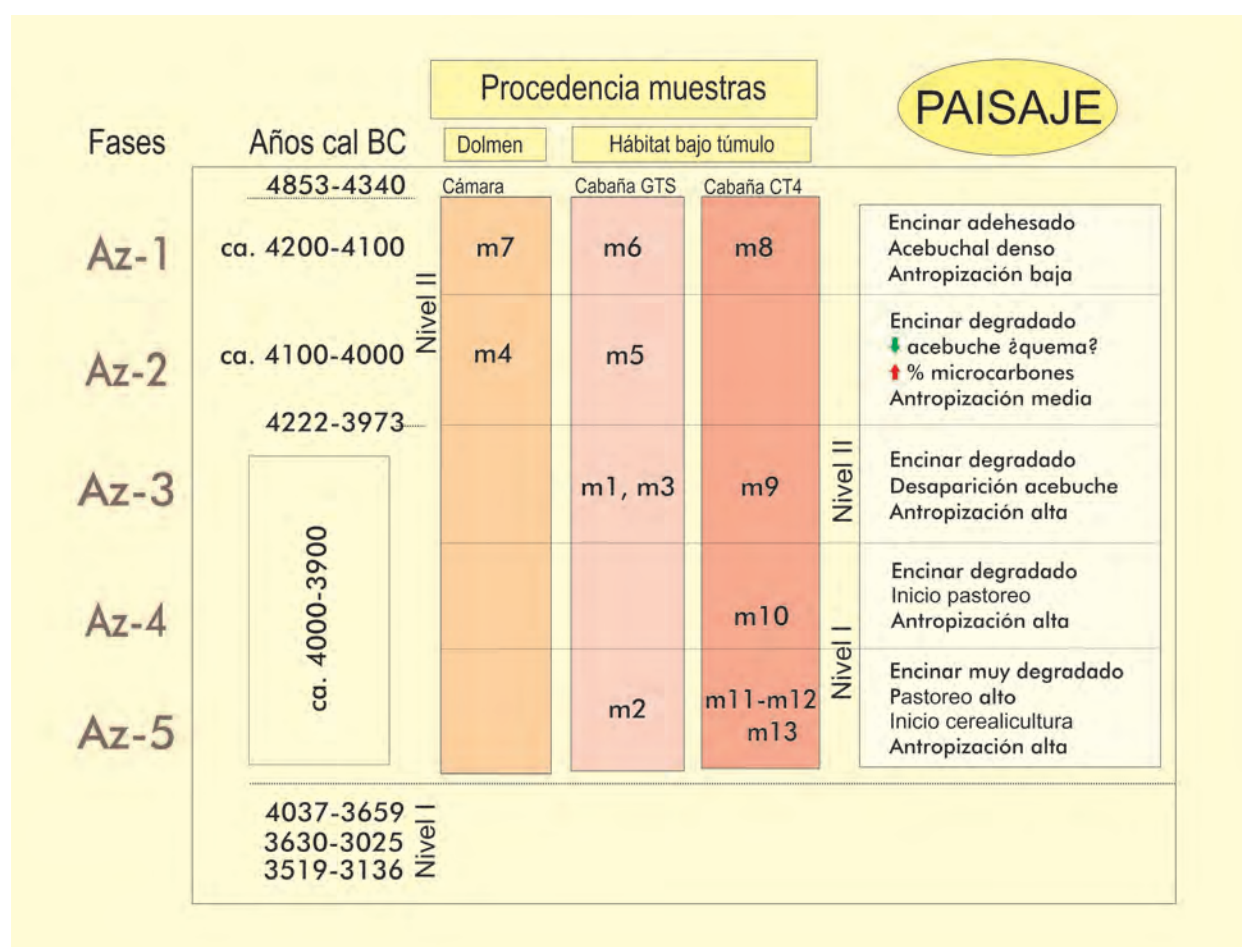


Figura 3. Principales eventos paleoambientales y paleoeconómicos acaecidos en el entorno del dolmen de Azután durante el Neolítico

agricultura de la Meseta sur proceden precisamente de este yacimiento, y quedarían datadas en los primeros siglos del IV milenio cal BC.

Más información

López-García & López-Sáez (2000), Bueno *et al.* (2002, 2005), López-Sáez & López-García (2005)



BALDAIO

Marismas de Baldaio, Carballo, A Coruña
Holoceno reciente (875 años cal BP)

El yacimiento de Baldaio ($43^{\circ} 18' N$, $08^{\circ} 40' O$; 0 m s.n.m.) se sitúa en la margen derecha de la desembocadura del Arroyo de San Miguel y las Marismas de Baldaio (Figs. 1 y 2). Se accede al mismo desde As Saíñas, por la carretera CP-1903. Consiste en un depósito turboso de unos 30 cm de potencia que se haya entre arenas cuaternarias que reposan sobre granitos precámbricos.

En un análisis superficial en marzo de 2003 se recolectaron 15 restos leñosos (Tabla 1, Fig. 3) de diámetros inferiores a 7 cm, excepto uno de los restos que midió 15 cm, y un máximo de 32 cm de longitud (García-

Amorena 2007, García-Amorena *et al.* 2008). El estado de conservación de los macrorrestos era bastante bueno, permitiendo su identificación mediante microtomía, excepto una muestra que se encontraba carbonizada. Esta muestra tuvo que ser identificada mediante la técnica de fragmentación y observación con microscopio de luz reflejada. Una de las maderas (BAL.02.C.23.03.03_1) arrojó una edad de 980 años BP (875 ± 95 años cal BP 2σ).

Destaca este yacimiento por la elevada calidad de información taxonómica y geográfica obtenida. Aunque los restos no se hayan encontrado en posición de



Figura 1. Yacimiento de Baldaio en la margen derecha de la desembocadura del Arroyo de San Miguel y las Marismas de Baldaio, se encuentran unos 500 m de depósito turboso (primer plano) con numerosos macrorrestos (Foto: Ignacio García-Amorena)



Figura 2. Depósito turboso del estuario de Baldaio (Foto: Ignacio García-Amorena)

Tabla 1. Macrorrestos estudiados del yacimiento de Baldaio y cronología de un fragmento de *Quercus caducifolia*

TRONCOS FÓSILES DE BALDAIO				
Nº identificación	Longitud (m)	Diámetro (cm)	Material identificado	Años cal. BP
BAL.01.C.23.03.03_A	<0.22	<5	<i>Quercus caducifolia</i>	—
BAL.01.C.23.03.03_B	—	—	<i>Cedrus</i>	—
BAL.01.C.23.03.03_C	—	—	<i>Quercus caducifolia</i>	—
BAL.01.C.23.03.03_D	—	—	<i>Quercus caducifolia</i>	—
BAL.01.C.23.03.03_E	—	—	<i>Quercus caducifolia</i>	—
BAL.01.C.23.03.03_F	—	—	<i>Quercus caducifolia</i>	—
BAL.02.C.23.03.03_1	0.32	6	<i>Quercus caducifolia</i>	875
BAL.02.C.23.03.03_2	0.04	2	<i>Fraxinus cf. excelsior</i>	—
BAL.03.C.23.03.03_1	—	—	<i>Fraxinus</i>	—
BAL.03.C.23.03.03_2	—	—	<i>Erica lusitanica cf. cinerea</i>	—
BAL.04.C.23.03.03	0.11	6	<i>Fraxinus</i>	—
BAL.05.C.23.03.03	0.01	1	<i>Arbutus unedo</i>	—
BAL.06.C.23.03.03	0.25	7	<i>Quercus caducifolia</i>	—
BAL.07.C.23.03.03_A	0.12	15	<i>Laurus</i>	—
BAL.07.C.23.03.03_B	—	—	<i>Quercus caducifolia</i>	—

vida, estaban completamente integrados en la matriz turbosa, lo que unido al tamaño de los macrorrestos, indica que la información obtenida es local. Además, el

escaso número de estudios paleobotánicos del Holoceno disponibles en el litoral gallego, hace de este yacimiento uno de los más relevantes de esta costa. Sin



Figura 3. Algunos de los macrorrestos recolectados en la turbera de Baldaio (Foto: Ignacio García-Amorena)

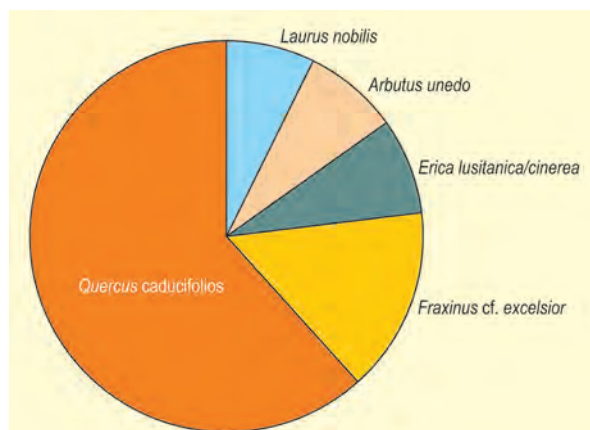


Figura 4. Proporción relativa de los macrorrestos encontrados

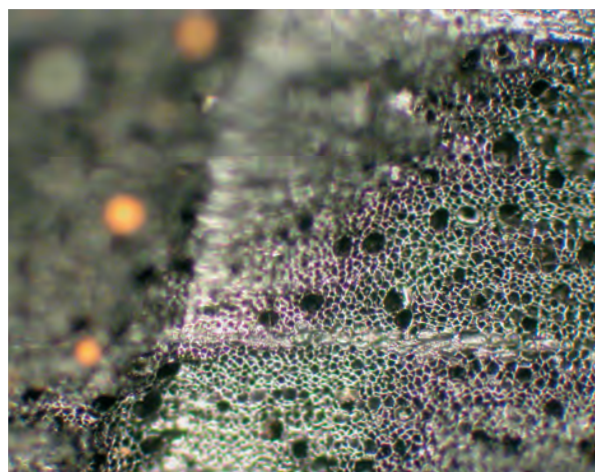


Figura 5. Detalle del plano transversal de un carbón de *Erica* (Foto: Ignacio García-Amorena)

embargo, la edad del yacimiento ofrece información de un periodo donde el hombre ya tenía una gran capacidad de alteración del paisaje, como se evidencia en otras zonas de la Península. El carácter más relevante de este yacimiento lo dan los elementos lauroides encontrados (*Laurus* y *Arbutus unedo*). Actualmente se encuentran estos dos taxones en distintos puntos de la costa cantábrica, dando pleno sentido a los resultados obtenidos. Por último, el fragmento de *Cedrus* encontrado, se interpreta por los autores como evidencia de las actividades antrópicas que pudieron tener lugar en esta zona en el pasado (García-Amorena 2007).

Más información

García-Amorena (2007), García-Amorena *et al.* (2008)



BANDA ATLÁNTICA DE CÁDIZ

Cádiz
Holoceno (8000-3000 años cal BP)

La Banda Atlántica de Cádiz es una franja de terreno comprendida entre la costa atlántica gaditana, en concreto las bahías de Cádiz y Algeciras y la campiña sur adyacente. El territorio costero se caracteriza por relieves suaves, casi llanos que no superan los 100 m de altitud (Fig. 1); las campiñas constituyen un territorio ondulado con escasas elevaciones que no superan los 200 m. El substrato se caracteriza por la existencia de materiales cuaternarios (gravas, arenas, limos, arcillas) y biocalcarenitas del Mio-Plioceno completándose con el relleno sedimentario proporcionado por los principales cursos fluviales de la zona: Palmones, Iro, Salado y Guadalete. Estos ríos presentan un caudal bajo pero estable.

Las campiñas alrededor de los yacimientos han sufrido profundas transformaciones. De los cultivos tra-

dicionales se ha pasado al desarrollo de un urbanismo caótico de los diversos municipios, a la construcción de diversas infraestructuras como carreteras e instalaciones industriales, granjas de ganado y áreas de extracción de áridos. Por último todo el litoral ha sufrido una drástica transformación debido al desarrollo del turismo de playa con extensas instalaciones hoteleras y de recreo.

La vegetación natural ha desaparecido prácticamente de todo este área y solamente podemos encontrarla en las alineaciones montañosas que separan ambas bahías. La alineación N-S de estas montañas, la topografía tan compartimentada que da lugar a valles muy encajados unido al elevado régimen de precipitaciones que va decreciendo de oeste a este, es responsable de la abundancia de quercíneas. El alcornoque



Figura 1. Entorno litoral actual del yacimiento de El Retamar (Foto: J. Ramos Muñoz)



Figura 2. Panorámica general de la excavación de El Retamar (Foto: J. Ramos Muñoz)

junto a acebuches, encinas y pinos piñoneros caracterizan las áreas costeras de Huelva y del Bajo Guadalquivir. El acebuche es la variedad de *Olea* más ampliamente distribuida en toda esta zona. En cuanto a los pinos mediterráneos (*Pinus pinaster*, *P. pinea*) fueron característicos de la bahía de Cádiz hasta el siglo XIX en el que un vasto incendio a raíz de la guerra de la Independencia los destruyó quedando en su lugar una zona de pastos, arbustos y matorrales caracterizados por la presencia de madroños, pistachos, ericáceas, jarales y retamares entre otros.

Las investigaciones arqueológicas llevadas a cabo en todo este área han revelado una serie de ocupaciones humanas datadas en torno a 8000-3000 años cal BP que culturalmente engloban el final del Mesolítico, el Neolítico y la Edad del Bronce. La mayor parte de los yacimientos se distribuyen, de O-E, en el entorno de la Bahía de Cádiz y campiña adyacente: Retamar (RETM) (Fig. 2), Campo de Hockey (CHK), Asteroides (AST), La Esparragosa (AV-AIV), Loma del Puerco (LP) y Set Parralejos (ZPA), a excepción de Palmones (PALM/ALGE) que se localiza en la Bahía de Algeciras (Fig. 3). Todos ellos presentan secuencias de ocupación muy cortas y en su mayoría comprenden un único nivel cultural. Los

resultados arqueobotánicos (polen y carbones) han sido reagrupados de manera diacrónica en sendos diagramas (Figs. 4 y 5) (Uzquiano et al. 2020).

El diagrama (Fig. 4) registra en su base, representado por el yacimiento de Palmones (ALGE, Mesolítico final), una gran diversidad de ecosistemas. *Pinus* domina seguido de *Juniperus*. La vegetación riparia está representada por *Alnus* y *Salix*, mientras que *Quercus* caducifolios, *Corylus*, *Ulmus*, *Betula* constituyen los elementos mesófilos. El grupo mediterráneo lo integran *Quercus* perennifolios y Oleaceae. Los valores más altos de esporas y plantas acuáticas (Cyperaceae, Juncaceae, *Typha*) han quedado registrados en este período del final del Mesolítico. La presencia de *Pseudoschizaea circula* es la única evidencia de NPPs registrada. Los valores del AP de Palmones van decreciendo gradualmente al final de esta secuencia; cuyos porcentajes se mantendrán siempre bajos respecto a los registrados por NAP a lo largo de los períodos posteriores.

Durante la mayor parte del Neolítico, el grupo AP está representado por *Pinus*, *Juniperus* y los taxones mediterráneos con valores muy bajos pero que se mantienen constantes en los yacimientos de Campo de



yacimiento ha registrado los valores de NAP más altos representados por el grupo de taxones xéricos y estépico, así como porcentajes relevantes de *Glomus* y los NPPs coprófilos.

Durante la Edad del Bronce los valores de AP se mantienen, tal y como ha quedado registrado nuevamente en Campo de Hockey (CHK-1), donde parece registrarse una cierta recuperación de AP; y en el yacimiento de Loma del Puerco (LP), si bien los valores de NAP continúan siendo dominantes, *Pinus* desaparece y el aumento de la presión antrópica sigue produciéndose tal y como sugieren los altos valores de *Glomus*, la presencia de taxones NPPs asociados a fuegos (T. 55-C) y *Asphodelus*. Los valores de AP representados por *Juniperus* y los taxones mediterráneos aún perduran durante el final del Bronce registrado en el perfil de la Calle Asteroides (AST). Sin embargo los altos valores de taxones xéricos y estépico indican la permanencia de un paisaje vegetal abierto bajo condiciones ambientales secas donde las plantas nitrófilas



Figura 4. Síntesis polínica de la Banda Atlántica de Cádiz. Modificado de Uzquiano *et al.* (2020)



Figura 5. Síntesis antracológica de la Banda Atlántica de Cádiz Modificado de Uzquiano et al. (2020)

(*Plantago*, *Rumex*) y el conjunto de taxones NPPs han desaparecido prácticamente.

Los datos antracológicos corresponden a los yacimientos de Palmones (PALM), Retamar (RETM) y Campo de Hockey (CHK) los cuales han sido reagrupados en un diagrama conjunto (Fig. 5). *Quercus ilex-coccifera* es el taxon dominante registrado en el yacimiento del final del Mesolítico de Palmones (PALM) seguido de *Pinus pinea/halepensis* y *Olea europaea*. *Quercus caducifolios*, *Fraxinus* y *Quercus t. suber* constituyen el grupo arbóreo. El conjunto de arbustos está formado por *Phillyrea*, *Pistacia lentiscus*, *Crataegus*, *Prunus*, *Erica* y Fabaceae. *Phragmites* y Monocotiledoneae completan el espectro antracológico.

La secuencia continúa con el yacimiento del Neolítico inicial de El Retamar (RETM) caracterizado por el dominio de *Olea europaea* seguida de valores importantes de *Quercus caducifolios*. La presencia de *Quercus ilex-coccifera* es apenas significativa. La relación entre los *Quercus caducifolios* y perennifolios aquí se revierte en favor de los primeros contrastando con lo registrado en Palmones. El conjunto de arbustos leñosos caracterizado por *Phillyrea*, *Rhamnus/Phillyrea*, *Cytisus multiflorus*, *Pistacia lentiscus* y Fabaceae es dominante respecto al grupo de taxones arbóreos.

Los datos antracológicos obtenidos en la ocupación del Neolítico pleno de Campo de Hockey (CHK Neo) han librado una mayor diversidad con respecto a los dos sitios precedentes. En estas ocupaciones humanas se ha registrado *Quercus caducifolios*, pinos mediterráneos (*Pinus pinea*, *P. halepensis*), *Juniperus* y *Olea europaea*. El conjunto de arbustos es mucho más diverso y domina sobre los taxones arbóreos, en particular *Pistacia lentiscus*, *Arbutus unedo* y Fabaceae. La presencia de *Quercus esclerófilos* (*Quercus suber*, *Q. ilex-coccifera*) vuelve a ser escasa respecto a los valores de los caducifolios. A lo largo de las ocupaciones del Bronce de este mismo yacimiento (CHK Br) *Quercus caducifolios* y *Olea* dominan junto a valores más relevantes de taxones mesófilos (*Fraxinus*) e higrófilos (*Alnus*, *Populus*, *Salix*).

Las coníferas permanecen representadas principalmente por los pinos mediterráneos. En cuanto al conjunto de arbustos y matorrales Fabaceae alcanza los valores más altos en el espectro antracológico de este período junto a *Pistacia lentiscus* y *Arbutus unedo*. *Prunus avium*, *Erica* y *Viscum* han sido asimismo documentados durante este período.

Durante el final del Mesolítico y primeros momentos del Neolítico (PALM/ALGE, RETM), los estudios arqueobotánicos han detectado unas condiciones hídricas y de humedad óptimas que permitieron el desarrollo de una cobertura vegetal arbórea con diferentes ecosistemas así como de comunidades arbustivas y de matorral que son explotadas por los últimos grupos humanos mesolíticos (Palmones) y las primeras comunidades de neolíticos (Retamar).

En estos dos yacimientos el registro arqueológico ha detectado un desmantelamiento previo al abandono de estos lugares relacionado con eventos de carácter ambiental que afectaron a la geografía de esta zona: la subida del nivel de mar que afectó al tramo final de los principales ríos, el de Palmones en particular. En el caso de Retamar ésta facilitó en un primer momento el acceso y la recolección de recursos marinos, pero con posterioridad el avance de la línea de costa y los procesos de sedimentación ocasionaron una mayor dificultad de acceso a estos recursos provocando el desmantelamiento y abandono del lugar. La entonces isla de San Fernando donde se localiza CHK, también sufrió cambios en su morfología en relación con los procesos de sedimentación y ese avance gradual de la línea de costa entre las ocupaciones neolíticas y la del Bronce. Ello explicaría la recuperación del polen arbóreo durante el Bronce así como la explotación más intensiva de la leña procedente de diversos ecosistemas arbóreos, lo que indicaría una gestión económica por parte de los grupos del Bronce en un territorio algo más amplio que el precedente neolítico. No obstante los valores de las formaciones arbustivas y de matorral siguen siendo superiores tanto a nivel polínico como antracológico.

Desde una perspectiva diacrónica, estos resultados arqueobotánicos nos indican el descenso de la biodiversidad y sobre todo el retroceso de formaciones arbóreas en favor de paisajes más abiertos bajo unas condiciones secas y áridas que lo permiten, coincidiendo *grosso modo* con las estimaciones paleoecológicas y de paleovegetación registradas en los diversos depósitos paleobotánicos del suroeste de la Península Ibérica. La abundancia de arbustos y de matorral jugó a favor de su explotación sistemática por parte de estos

grupos humanos y los medios abiertos permitieron la instalación y desarrollo de prácticas agropecuarias a lo largo del Neolítico en adelante en todo este territorio. Durante la Edad del Bronce estas mismas características de paisajes abiertos persisten con pequeñas fluctuaciones más o menos favorables de la cobertura arbórea.

Más información

Uzquiano *et al.* (2020)



BANYOLES SB2

Banyoles, Pla de l'Estany, Girona
Holoceno (~10000 años cal BP – actualidad)

El sondeo SB2 (42° 07' 44" N, 2° 45' 06" E; 174 m s.n.m.) fue extraído en el margen occidental del Estany de Banyoles (Pla de l'Estany, Girona) (Fig. 1). El Estany de Banyoles, ubicado en una llanura a 35 km de la costa mediterránea y 50 km al sur de los Pirineos, es un lago kárstico asociado a un sistema acuífero localizado en una depresión tectónica, alimentado por aguas subterráneas. Es un lago de aproximadamente 2100 m de longitud y 750 m de anchura, con una profundidad media de 15 m, alcanzando los 46 m en algunos puntos.

El clima en la región se define como húmedo mediterráneo o sub-mediterráneo, con unas precipitaciones

anuales de 750 mm y una temperatura media anual de 15 °C, con máximas de 23 °C en julio y agosto y mínimas de 7 °C en invierno. El paisaje actual en las montañas cercanas está dominado por densas formaciones boscosas donde confluyen el encinar (*Quercus ilex*, *Quercus coccifera*, *Rhamnus alaternus*, *Phillyrea angustifolia*, *Phillyrea media*), el robledal (*Quercus humilis*, *Buxus sempervirens*, *Ilex aquifolium*) y el pinar mediterráneo (*Pinus halepensis*). En este contexto, la maquia mediterránea (*Erica arborea*, *Romarinus officinalis*) está bien representada en espacios de bosque degradado. A nivel local, en los márgenes del lago, encontramos comunidades higrófitas con *Phragmites australis*, *Typha angustifolia*, *Lythrum salicaria* y diversas especies de Cyperaceae.



Figura 1. Localización del sondeo SB2 en el margen occidental del Estany de Banyoles

Tabla 1. Dataciones radiocarbónicas de la secuencia SB2 Banyoles (Girona). *Esta datación se descartó, se realizó en arcillas lacustres carbonatadas y proporciona una edad más antigua de lo que sugiere el registro polínico, seguramente afectada por el efecto reservorio. Revelles *et al.* (2015), Revelles & van Geel (2016)

Ref. lab.	Prof. (cm)	Material	Años BP (AMS)	Años cal. BP (2σ)
SUERC-38762 (GU26455)	21	Sedimento	2025 ± 30	1895-2102
SUERC-38761 (GU26454)	173	Sedimento	2590 ± 30	2732-2876
Beta-325839	201	Carbón	4480 ± 30	4836-5171
SUERC-38760 (GU26453)	215	Sedimento	4650 ± 30	5292-5452
SUERC-49224 (GU31929)	237	Sedimento	5148 ± 30	5948-6239
SUERC-49225 (GU31930)	253	Sedimento	6645 ± 31	7171-7518
SUERC-38759 (GU26452)	276	Sedimento	7855 ± 30	8609-8947
SUERC-38754 (GU26450)	349	Sedimento	13185±35*	16605-15408

Además, destacan los árboles de ribera, principalmente *Alnus glutinosa*, *Fraxinus angustifolia* y *Salix atrocinerea*.

En la secuencia SB2, de 370 cm de profundidad, se definieron cuatro unidades estratigráficas: I) limos de color marrón amarillento (0-159 cm); II) sedimento limo-arcilloso grisáceo (159-174 cm); III) arcillas limosas oscuras (174-281 cm) y IV) arenas carbonatadas (281-370 cm). El análisis polínico de alta resolución (muestras cada 1 cm) se centró en la unidad de arcillas más orgánicas (174-281 cm), mientras que en las demás unidades el análisis se realizó cada 10 cm. En el caso de los limos de la unidad I, algunas muestras resultaron pobres en contenido polínico, debido a procesos de oxidación. En la unidad III se definieron tres subunidades: III.1) nivel turboso con sedimentación fina carbonatada (174-189 cm); III.2) nivel arcilloso-turboso con creciente contenido en fangos siliciclásticos (189-251 cm); III.3) facies turbosa orgánica (251-289 cm).

La secuencia polínica SB2 ha permitido reconstruir la evolución de la vegetación desde hace aproximadamente 10000 años hasta prácticamente la actualidad (Tabla 1). Durante A1a (~10000-8900 años cal BP) dominan los bosques de caducifolios, con altos valores de *Quercus* caducifolios y *Corylus*, pero también aparecen porcentajes relativamente altos de *Betula* y *Juniperus*, además de una presencia notable de *Pinus* (Fig. 2). A inicios de la secuencia aún se registran altos porcentajes en algunas herbáceas, como Poaceae, *Plantago*, *Artemisia*, *Rumex* y Amaranthaceae-Chenopodioideae, sugiriendo la permanencia en algunos puntos de las estepas que dominaron el paisaje durante el Tardiglacial (ver capítulo Banyoles). Esta zona polínica no está aco-

tada temporalmente puesto que la datación a 349 cm fue descartada (efecto reservorio), pero el registro polínico indica una cronología ya holocena, debido a los altos valores de polen arbóreo y de árboles caducifolios en concreto, sugiriendo que la base de esta secuencia se situaría entre los 11000-10000 años cal BP. Durante A1b (8900-7250 años cal BP) se alcanza la máxima expansión de *Quercus* caducifolios, una destacada reducción de *Corylus*, las primeras apariciones esporádicas de *Abies* en el registro y el establecimiento de bosques de ribera en el margen del lago con *Fraxinus*, *Ulmus* y *Salix*. Además, se documenta un incremento significativo de partículas de carbón hacia 8200 años cal BP, acompañado de una ligera reducción de *Quercus* caducifolios y un pico en *Pinus*.

En A2a (7250-5550 años cal BP), observamos una regresión en *Quercus* caducifolios, la expansión de *Pinus*, *Abies* y *Tilia*, así como de *Erica*, Poaceae, Cyperaceae y, a finales de esta zona, altos porcentajes de Asteraceae liguliflorae y Asteraceae tubuliflorae y una alta concentración de partículas de carbones sedimentarios (Fig. 2). Estos cambios significativos en el paisaje se producen en el momento de la llegada de comunidades neolíticas al poblado de La Draga (ubicado en el margen oriental del lago), datado en 7270-6750 años cal BP. Por tanto estos cambios reflejan los procesos de deforestación que habrían provocado estas comunidades agrícola-ganaderas, generando espacios abiertos para cultivos y pasturas, aunque algunos claros serán ocupados por árboles secundarios (*Pinus*, *Tilia*). En A2b (5550-2500 años cal BP), se produce la recuperación de *Quercus* caducifolios, bajos porcentajes en *Pinus* y la expansión de los bosques de ribera, con



un predominio de *Alnus*, pero también altos porcentajes de *Fraxinus*, *Ulmus* y *Salix*. En esta zona son también significativos los máximos de *Fagus*, la expansión de *Quercus ilex-coccifera* y la aparición de polen de *Cerealia* t. entre 4980-4170 años cal BP, que coincide con la evidencia de incendios. A finales de A2b se producen cambios importantes, con la expansión de *Pinus*, un descenso abrupto en *Quercus caducifolios*, la desaparición de los bosques de ribera y una mayor obertura del paisaje, con arbustos mediterráneos (*Erica*) y herbáceas.

En B1 (2500-2000 años cal BP) contamos con un paisaje abierto, con altos valores de maquia mediterránea (*Erica*, Cistaceae), y dominado, en el estrato arbóreo, por *Pinus* y *Quercus ilex-coccifera*, con un papel muy secundario de los bosques caducifolios. Destacan en esta zona los altos porcentajes de *Olea*, *Vitis*, Apiaceae y Amaranthaceae-Chenopodiaceae. Este paisaje más abierto seguramente pueda relacionarse con la actividad antrópica en época romana en la región. En B2 (subreciente) predomina *Pinus*, con un papel secundario de *Quercus caducifolios* y *Quercus ilex-coccifera*.

El análisis de NPPs ha aportado datos interesantes para conocer la evolución paleoambiental en el lago a una escala local. La fase acuática de arenas carbonatadas (zona A1a) se caracteriza por la escasez de NPPs, únicamente la presencia esporádica de *Gloeotrichia*, *Pteridium*, y altos porcentajes de *Spirogyra* en la transición a un ambiente de margen de lago (zona A1b), hacia el 9000 años cal BP. En la zona A1b, se documentan altos porcentajes de algunos palinomorfos asociados con ambientes húmedos y sustratos carbonatados (HdV-224, UAB-20, 22, 23 y 24).

En la zona A2a, la entrada de fangos terrígenos siliciclásticos en la orilla del lago se ve reflejada en los altos porcentajes de indicadores de erosión de suelos, como *Glomus* y HdV-361, además del incremento en las pteridófitas (*Pteridium*, *Polypodium*, esporas monoletes) y la presencia de macrorestos de ciperáceas, que muestran la expansión de espacios abiertos en relación con procesos de deforestación durante el Neolítico antiguo. Los episodios de fuego y la entrada de sedimentos terrígenos mediante episodios de erosión de suelos

explican la gran variabilidad de NPPs en la transición entre las zonas A2a y A2b (6300-5500 años cal BP), documentándose esporas de hongos carbonícolos/lignícolos (*Gelasinospora*, *Coniochaeta* cf. *ligniaria*, *Kretzschmaria deusta*, tipos UAB-4, 10, 11) y coprófilos (*Cercophora* t., *Podospora* t., *Sordaria* t., *Rhytidospora*, tipos UAB-2, 34B), que indican que el fuego y los herbívoros domésticos habrían contribuido a mantener los claros abiertos en el bosque. Además, la presencia de aguas someras en este momento da lugar a los altos porcentajes en algas (*Spirogyra*, *Mougeotia*, *Zygnema* t., *Closterium*) en 7200-6300 años cal BP (Fig. 3).

En la zona A2b, los episodios de erosión de suelos finalizan hacia el 5400 años cal BP, cuando se producen cambios importantes a nivel local. Se establece un bosque de ribera en el margen del lago, dominado principalmente por *Alnus*, lo que explica la alta concentración de vasos escalariformes en 5400-4200 años cal BP, y *Diporotheca rhizophila*, un hongo parasítico asociado a *Alnus*. Entre 5000-4200 años cal BP coinciden evidencias de fuego, esporas de hongos coprófilos (*Cercophora* t., *Sordaria* t.) y polen de *Cerealia* t., indicando actividad antrópica en el margen del lago durante el Neolítico final. A partir de 4200 años cal BP, se observa un incremento en las cianobacterias (*Gloeotrichia*, *Rivularia*), los porcentajes más altos de esporas monoletes, así como el declive de las algas, indicando un ambiente más seco y altamente eutrófico, en relación con la actividad antrópica pero también con el cambio climático en la transición al Holoceno reciente. Finalmente, en las zonas B1 y B2 se registran altos porcentajes de *Pseudoschizaea*, palinomorfo comúnmente asociado a episodios de desecación en aguas efímeras o llanuras de inundación, como sería este caso, ya que hacia 2700 años cal BP se produce un cambio ambiental significativo a escala local, pasando de una sedimentación autigénica en un bosque de ribera a la deposición de limos inorgánicos de origen fluvial (torrente Riera del Castellar). Los altos porcentajes de *Glomus* (erosión de suelos) y el tipo UAB-8 (frecuente en sustratos minerales poco orgánicos) también concuerdan con esta nueva dinámica de sedimentación. Como en el caso de la fase erosiva en 6300-5500 años cal BP, se documentan altos porcentajes de algunas esporas de hongo carbonícola-lignícola (*Gelasinospora*, *Coniochaeta* cf. *ligniaria*). La presencia de esporas de hongo coprófilo (*Cercophora*

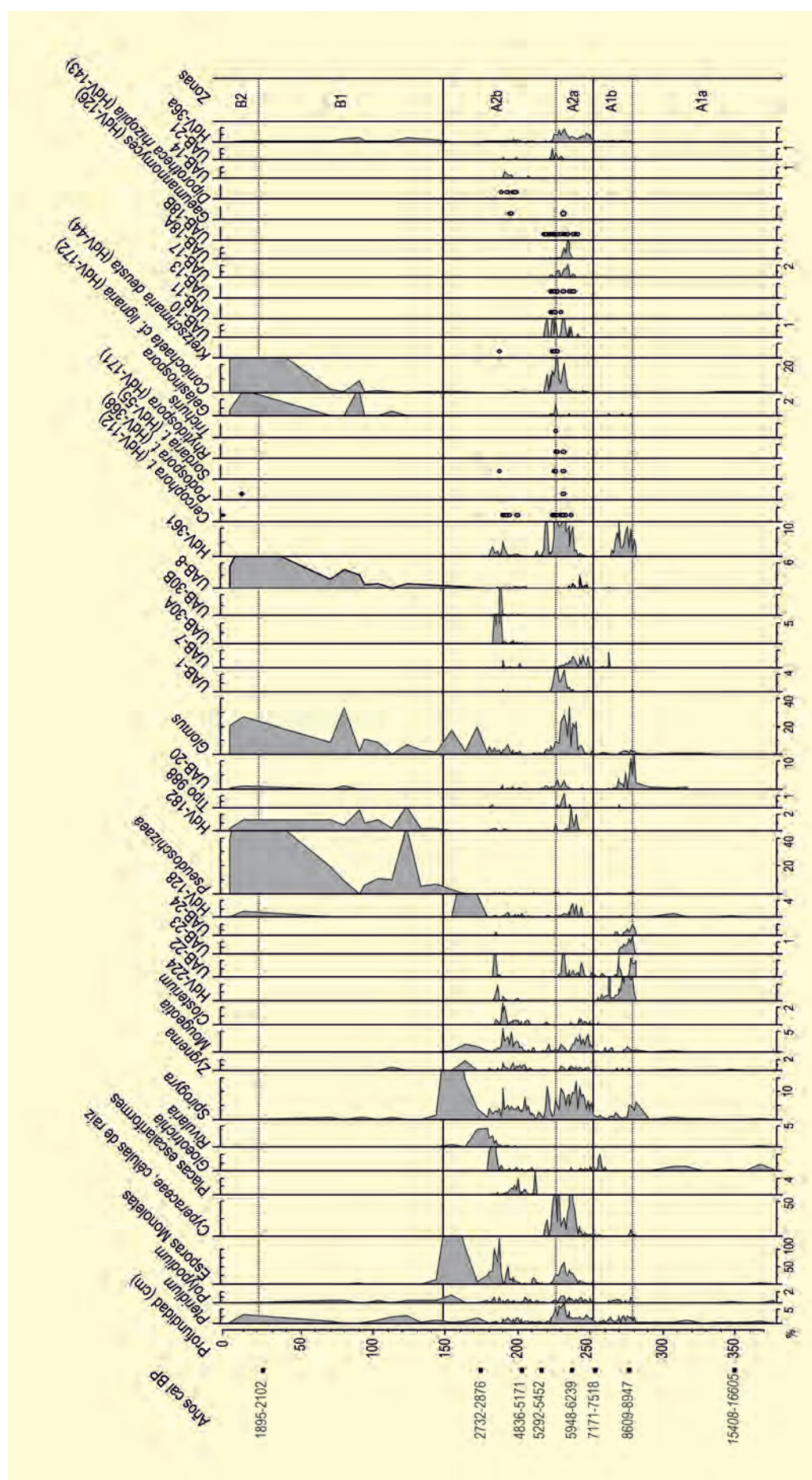


Figura 3. Diagrama de palinomorfos no polínicos de la secuencia SB2 Banyoles. Redibujado de Revelles & van Geel (2016)

t., *Podospora* t.) en las dos muestras superiores reflejan la frecuentación de animales en el área en un período subreciente.

En conclusión, el desarrollo natural de la vegetación en el área de Banyoles fue afectado por procesos de deforestación durante el Neolítico en dos fases, durante el Neolítico antiguo (7250-5550 años cal BP) y durante el Neolítico final (5170-3710 años cal BP). Esta transformación del paisaje causó cambios en la sedimentación, con la entrada de fangos terrígenos, provocando un proceso de somerización en el margen del lago que dará pie al establecimiento de un bosque de ribera a partir de 5550 años cal BP. Finalmente, ya en el

Holoceno reciente, la entrada de limos inorgánicos de origen fluvial (torrente Riera del Castellar) muestra cómo el lugar donde se efectuó el sondeo pasaría a ser una llanura de inundación, de manera que la orilla del lago se encontraría en una ubicación similar a la actual. Esta secuencia muestra cómo se producen cambios ambientales significativos en el contexto de cambios en el clima hacia una mayor aridez en el Holoceno reciente, aunque desde el Holoceno medio, la actividad humana tuvo un papel destacado en la transformación del paisaje a escala local y extra-local.

Más información

Revelles *et al.* (2015), Revelles & van Geel (2016)



BARREIRO

Setúbal, Portugal
Holoceno (7930-7430 años cal BP)

El yacimiento de Barreiro está situado en el estuario del Tajo (38° 39' 06" N, 09° 04' 35" O; 0 m s.n.m.). En la zona dominan estratos arcillosos intercalados entre arenas cuaternarias, y sobre ellas las mareas bajas descubrieron 32 tocones en posición de vida (Fig. 1).

La vegetación actual del entorno está totalmente destruida, habiéndose construido una zona industrial cuyas aguas sobrantes vierten al yacimiento (Fig. 1).



Figura 1. Tocón en posición de vida en el yacimiento de Barreiro. Al fondo las fábricas que vierten sus aguas sobrantes al mismo yacimiento (Foto: Mar Génova)

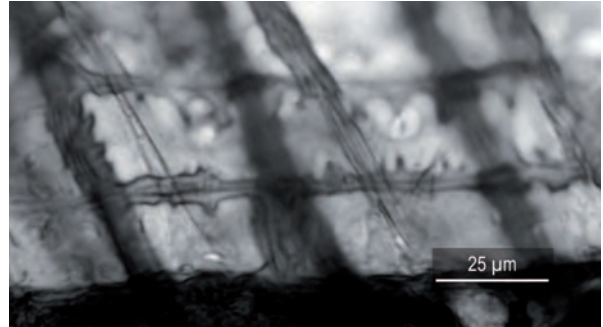


Figura 2. Detalle de los dientes de las traqueidas radiales en el plano radial, característicos de *Pinus pinaster* (Foto: Ignacio García-Amorena)

La datación de una de las muestras (García-Amorena 2007) en el laboratorio de Beta Analytic Inc., mostró una edad de 7930-7430 años cal BP. Estos macrorrestos constituyen pues, uno de los últimos vestigios de los pinares que detectó Mateus (1989) en la cercana Lagoa Travesa, muy similar al diagrama de Santo André (Santos & Sánchez-Goñi 2003), y cuya decadencia coincide con la fecha de la madera datada.

La presencia de *Pinus* en sedimentos arqueológicos y abrigos humanos (Figueiral 1993, Ramil-Rego & Aira-Rodríguez 1994a, Figueiral 1995, Turon *et al.* 2003, Figueiral & Carcaillet 2005), confirma la presencia natural de esta especie en las costas atlánticas de la Península Ibérica durante el Holoceno.

Más información

García-Amorena (2007)



BASA DE LA MORA

Pirineo aragonés, Huesca
Holoceno (últimos 10000 años cal BP)

El ibón de Plan o Basa de la Mora ($42^{\circ} 32' N$, $0^{\circ} 19' E$, 1914 m s.n.m.), se localiza en la única cubeta glaciar presente en el Macizo de Cotiella, Pirineo aragonés (Huesca). Este macizo presenta un relieve abrupto con alturas que van desde los 2912 m s.n.m. hasta los 700 m en los fondos de valle. En la actualidad, la Basa de la Mora (BSM) es un lago somero con una lámina de agua no superior a 4 m en la parte más profunda y una superficie de inundación de 6,3 ha. Los aportes de agua al ibón llegan a través de agua superficial por escorrentía y precipitación, mientras que la salida se realiza a través de un barranco y por evaporación. Predominan los materiales calizos en el sustrato del entorno, aflorando materiales yesíferos y ofíticos que se erosionan fácilmente.

La Basa de la Mora (Fig. 1) se encuentra en la transición de los pisos bioclimáticos alpino y subalpino, en el límite entre los ecosistemas típicamente Mediterráneos y Eurosiberianos, conformando un paisaje con importantes contrastes biogeográficos. El clima es sub-mediterráneo continental, con temperaturas medias máximas de $15^{\circ}C$ en verano y medias mínimas que apenas superan los $0^{\circ}C$ en invierno. La precipitación media anual es de 1482 mm, típica de un clima oceánico, pero se distribuye mayoritariamente en primavera y otoño, siendo también de importancia las tormentas convectivas de verano, respondiendo a un patrón más mediterráneo.

Las vertientes de umbría del macizo de Cotiella presentan un bosque mixto con *Pinus sylvestris*, *P. un-*



Figura 1. Panorámica del ibón de la Basa de la Mora con el pico de Cotiella al fondo

Tabla 1. Dataciones radiocarbónicas AMS 14C del registro de la Basa de la Mora

Ref. Lab.	Prof. (cm)	Muestra	Años BP	Años cal. BP (2σ)	Mediana (Años cal. BP)
Poz-29744	60	Macrorresto	385 ± 30	426-507	456
Poz-35854	172	Macrorresto	1335 ± 30	1231-1304	1276
Poz-29745	230	Macrorresto	2100 ± 30	1995-2146	2072
Poz-35853	269	Macrorresto	2615 ± 30	2718-2777	2749
Poz-35852	337	Macrorresto	3200 ± 30	3368-3469	3419
Poz-35804	422	Macrorresto	3815 ± 35	4089-4299	4206
Poz-29743	502	Macrorresto	5185 ± 35	5893-6002	5942
Poz-35803	562	Macrorresto	5840 ± 40	6533-6745	6657
Poz-35802	677	Macrorresto	6450 ± 40	7288-7430	7367
Poz-29746	795	Carbón	7330 ± 50	8014-8214	8125
Poz-35801	943	Macrorresto	7930 ± 50	8628-8983	8778
Poz-29747	1011	Carbón	7950 ± 50	8640-8990	8817
Poz-29779	1167	Macrorresto	8780 ± 50	9581-9941	9798

cinata, *Abies alba*, *Fagus sylvatica* y *Buxus sempervirens* en el piso montano, mientras que en el subalpino dominan *P. uncinata* y *Rhododendron ferrugineum*. En las solanas podemos encontrar *Quercus ilex* subsp. *ballota*, *Q. faginea*, *Pinus nigra* y *P. sylvestris*. En los alrededores del ibón de la Basa de la Mora se localizan los pinares de pino negro mejor conservados en el macizo, además de *Juniperus communis* y *Rhododendron ferrugineum*.

El sondeo del ibón de la Basa de la Mora se recuperó en el año 2008 por el equipo de Paleoambientes Cuaternarios del Instituto Pirenaico de Ecología-CSIC, con un pistón tipo UWITEC sobre una plataforma flotante, consiguiendo una secuencia de 12 m de sedimento.

El modelo de edad, que cubre los últimos 10000 años de historia, se realizó a partir de 13 dataciones radiocarbónicas AMS (Tabla 1) calibradas con CALIB 6.0 y la curva INTCALog. El estudio paleoambiental del registro ha seguido la habitual metodología multiproxy del grupo del IPE-CSIC e incluye, además de análisis palinológicos (con una resolución de 5 cm), contenido en carbones (igual que el polen), quironómidos (cada 20 cm), sedimentología (diferenciando 11 facies sedimentarias), carbono orgánico e inorgánico (cada 2 cm) y geoquímica (resolución de 0,5 cm).

La secuencia polínica se organiza en 5 zonas (BSM-I a BSM-V), tal como se aprecia en el diagrama que resume los principales taxa (Fig. 2). El registro palinológico comienza hace 9800 años cal BP y está caracterizado por el dominio de las coníferas sobre los caducifolios, probablemente debido a los extremos de temperatura que todavía persisten al inicio del Holoceno (inviernos muy fríos y veranos muy cálidos como consecuencia, principalmente, de la configuración orbital en relación a la insolación). Indicadores sedimentológicos y geoquímicos apuntan a una intensa erosión y abundantes aportes torrenciales, al igual que la presencia de Orthocladinae entre los quironómidos, sugiriendo una abundante niviosidad y disponibilidad hídrica estacional debido al importante deshielo. El paisaje vegetal, con *Pinus* y *Juniperus* como principales taxa arbóreo-arbustivos, resulta acorde con la continentalidad climática del momento, que no obstante se ve salpicada por la influencia de numerosos eventos abruptos de incremento de aridez (9,7; 9,3; 8,8 y 8,3 ka cal BP) con un claro impacto en las proporciones de *Betula* y otros mesofitos, que disminuyen en cada uno de estos episodios.

Con la llegada del Holoceno medio (BSM-II: 8100-5700 cal BP), se registra un significativo cambio en la configuración forestal. *Betula* especialmente, pero

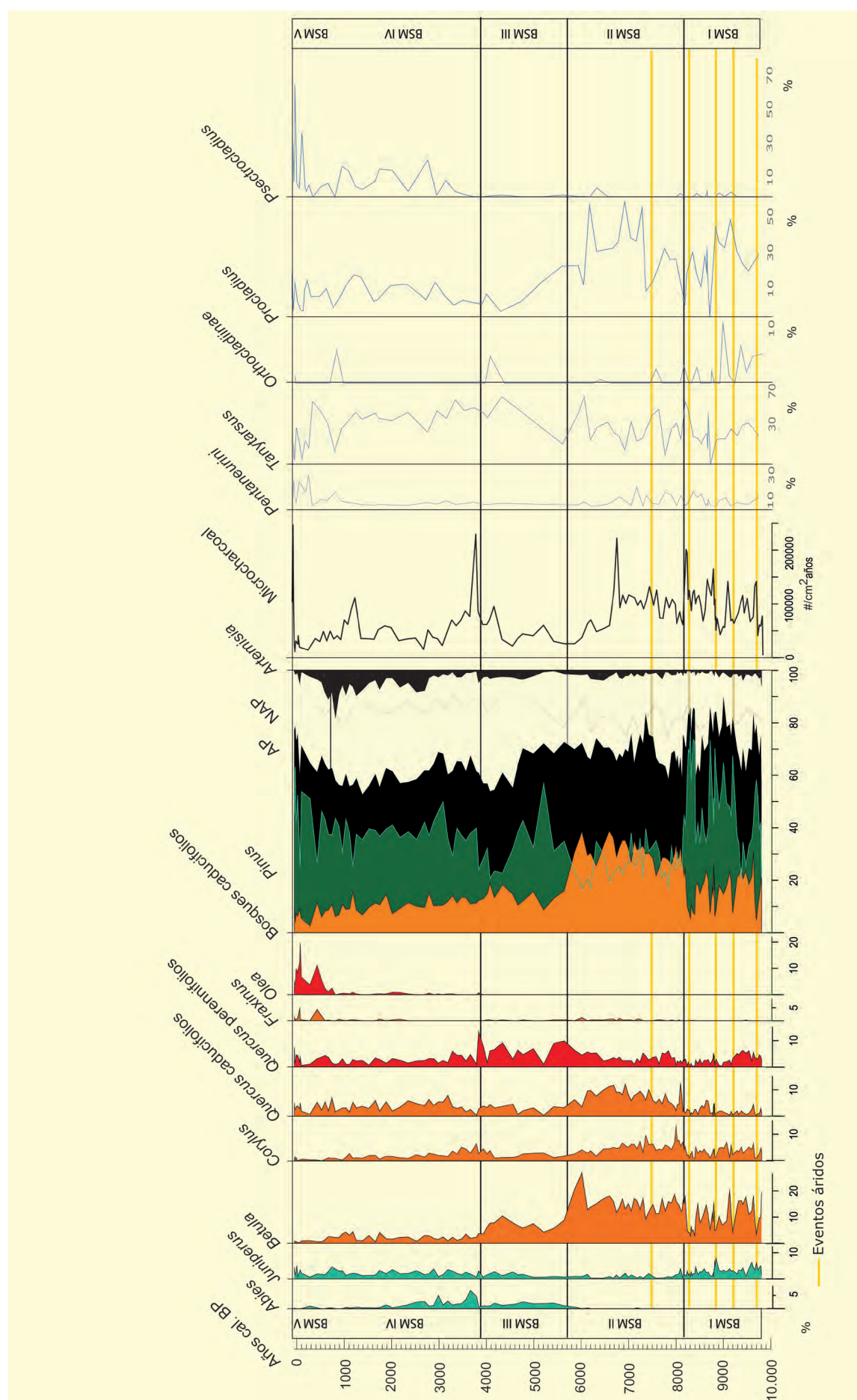


Figura 2. Diagrama polínico con selección de taxa palinológicos, de quironómidos y contenido en carbones de la secuencia de la Basa de la Mora. Modificado de Leunda et al. (2020)

también *Corylus*, *Quercus* caducifolio, *Tilia* y otros mesofitos, pasan a ser protagonistas mientras las coníferas descienden hasta valores mínimos, como consecuencia de un aumento en la precipitación anual o una reducción de la evaporación al reducirse la continentalidad. Esta expansión del bosque caducifolio va asociada a una importante acción del fuego por la disponibilidad de combustible. Sedimentológicamente, las facies sedimentarias y la geoquímica indican la existencia de un lago estable y relativamente profundo, tal como se deduce también de las proporciones y continuidad de *Myriophyllum* y de las asociaciones de quironómidos, en las que encontramos el género *Procladius* en gran abundancia, además de *Tanytarsus lugens* y taxa asociados a macrofitos y vegetación litoral como *Corynoneura* o *Pentaneurini*, reflejando condiciones climáticas suaves y favorables. Esta zona refleja pues el momento más húmedo de la secuencia de la Basa de la Mora, a pesar de que también se registra el moderado impacto del evento 7,4 ka cal BP.

Entre 5700 y 3900 años cal BP se observa un periodo de transición hacia condiciones más secas, o un cambio en la distribución estacional de las precipitaciones que resulta en un paisaje vegetal en el que descienden los caducifolios (especialmente el abedul) y vuelven a expandirse los pinares y *Juniperus*, además de ambos tipos de *Quercus* y heliofitas como *Artemisia* y *Amaranthaceae*. La paleohidrología también apunta condiciones más secas y niveles del lago más bajos y fluctuantes. En consecuencia, también descienden las proporciones de *Myriophyllum* y *Procladius*, y casi desaparece *Orthocla-diinae* entre los quironómidos. Tanto los indicadores biológicos como los sedimentológicos, marcan una tendencia clara hacia el aumento de aridez con una fase especialmente intensa entre 5,6 y 4,6 ka cal BP. Esta fase se reconoce a escala regional y global (especialmente en el entorno Mediterráneo), por lo que su origen climático parece bastante probable. De hecho, con posterioridad a 4,5 ka cal BP y hasta hace unos 3900 años, la situación se revierte y se registra un aumento de humedad asociado a un nuevo incremento de caducifolios, a pesar de un descenso generalizado de AP y un incremento de la actividad del fuego que, quizá, además de con el clima pueda relacionarse con la existencia de algunas deforestaciones antrópicas puntuales asociadas al megalitismo en el Pirineo.

Ya entrado el Holoceno reciente y hasta hace unos 700 años, la secuencia de BSM registra un paisaje esencialmente forestal con valores de AP superiores al 70 % y dominado por coníferas. Además, en torno a 2900 años cal BP, *Artemisia* comienza una rápida expansión y *Myriophyllum* desciende intensamente (BSM-V). Tradicionalmente, el aumento de *Artemisia* durante el Holoceno reciente se asocia a actividades de pastoreo, pero en la actualidad, con continua e intensa explotación ganadera del entorno del ibón, los valores de *Artemisia* no superan el 2 % en los espectros de lluvia polínica recogidos en los musgos del entorno de la Basa de la Mora y de todo el Macizo de Cotiella. Teniendo en cuenta estos valores, y que sobre los 2900 años cal BP en el registro de BSM no se observa ningún indicador antropogénico (como, por ejemplo, hongos coprófilos), ni descensos de AP asociables a deforestaciones, parece que la expansión de *Artemisia* es el resultado de las condiciones climáticas por intensificación de aridez, tal como se observa en toda la región Mediterránea entre 2900 y 2400 años cal BP. También la sedimentología indica el desarrollo de una amplia zona palustre con un importante descenso del nivel del lago, que podría llegar incluso a desecarse estacionalmente dada la precipitación de cristales de yeso que se registra en las facies de ese periodo. Los incrementos de *Cyperaceae* en el espectro polínico y de *Psectrocladius limbatellus* entre los quironómidos resultan acordes con este escenario. Posteriormente, entre 2,1 y 1,5 ka cal BP se registran condiciones algo más húmedas coincidiendo con el Periodo Húmedo Ibero-Romano (PHIR), que de nuevo darán paso a un periodo árido durante la Anomalía Climática Medieval (ACM: 900-1300 AD). En este momento sí que se detectan las primeras deforestaciones intensas en BSM, con abruptos e intensos descensos del polen arbóreo, por lo que es durante los últimos 700 años cuando la influencia humana en el paisaje vegetal registrado en el ibón de la Basa de la Mora resulta evidente y continua. El aumento de *Olea* refleja la intensificación del cultivo del olivo en cotas más bajas del Prepirineo, y la expansión de *Fraxinus* se puede asociar a su uso como separador de parcelas en el valle (tradición que aún hoy se mantiene en la zona). La caída de las proporciones de *Artemisia* en la secuencia, sincrónicamente al aumento de los indicadores de presión antropogénica en el paisaje vegetal, apoya la idea de que *Artemisia* no es un taxón asociable de manera indiscutible a actividades humanas. Al menos, en la

secuencia de BSM y otros lagos de altitud del Pirineo central en los que se observa el mismo comportamiento, como el ibón de Marboré (Leunda *et al.* 2019).

En cualquier caso, el clima sigue siendo un impulsor primordial de los cambios de vegetación en cotas altas del Pirineo central, también durante los últimos siglos. La expansión de *Olea* y *Fraxinus* registrada en BSM cesa, y la deforestación también se interrumpe temporalmente, entre los años 1600 y 1850 AD, coincidiendo con la segunda mitad de la Pequeña Edad del Hielo (período que registra las condiciones más frías y duras). Un brusco descenso en las proporciones de *Quercus* perennifolios coincide con estas temperaturas frías, y la rápida reforestación que registran los pinos tras los episodios de apertura del bosque, enfatizan el hecho de que la presión humana en altitud no parece haber sido tan fuerte como los condicionantes climáticos a la hora de controlar el paisaje vegetal. De hecho, incluso en la parte superior de la secuencia, que cubre las últimas décadas del siglo XX y el comienzo del XXI, se registra un nuevo descenso del nivel del lago y una importante productividad, como refleja el aumento de

quironómidos asociados a macrófitos como *Corynoneura*, *Pentaneurini* y, especialmente, *Psectrocladius limbatellus*. Este aumento de la productividad “reciente” puede asociarse al sobrepastoreo existente en el entorno del ibón, pero éste es importante desde hace más de un siglo y, sin embargo, los valores más altos corresponden a los últimos 30 años, por lo que también pueden estar reflejando el aumento de la temperatura del agua en el lago como consecuencia del calentamiento global. Una vez más, una compleja interacción entre actividades humanas e impacto del clima es, probablemente, la causa de éste y de muchos otros cambios de vegetación que registramos en las secuencias paleoambientales.

Cabe mencionar, como colofón, que el registro de quironómidos obtenido en BSM ha permitido realizar la primera reconstrucción cuantitativa de la temperatura de verano para el Pirineo central (Tarrats *et al.* 2018).

Más información

Pérez-Sanz *et al.* (2013), González-Sampériz *et al.* (2017), Tarrats *et al.* (2018), Leunda *et al.* (2020)



BASSA NERA

Val d'Aiguamòg, Naut Aran, Lleida
Holoceno (~10000 años cal BP – actualidad)

La Bassa Nera (42° 38' 18" N, 0° 55' 27" E; 1891 m s.n.m.) es un pequeño sistema léntico de origen glaciar ubicado en la zona periférica del Parque Nacional de "Aigüestortes i Estany de Sant Maurici" (PNAESM). Su superficie es de 2,01 ha, con una profundidad máxima de 5 m, y desagua a través de una pequeña corriente (de 350 m de longitud) al río Aiguamòg. El estanque está rodeado de turberas mixtas (Figs. 1 y 2) y actualmente se encuentra en las etapas finales de relleno. El clima es subalpino con influencia atlántica y la precipitación media anual es de 1152 mm. La temperatura media anual es de 4,25 °C, siendo enero el mes más frío (-3 °C) y julio el más cálido (14 °C).

Las principales comunidades de turbera son los humedales geógenos y turberas ombrogénicas domina-

das por *Trichophorum cespitosum* subsp. *cespitosum*, *Juncus balticus* subsp. *pyrenaicus*, *Carex rostrata*, *Caltha palustris* y *Sphagnum*. La zona de estudio está rodeada de bosques mixtos subalpinos de *Pinus mugo* subsp. *uncinata* y *Abies alba*, con *Rhododendron ferrugineum* en el sotobosque y prados de gramíneas. A menor altitud aparecen bosques de *Quercus petraea* con *Betula pendula* y bosques de ribera dominados por *Alnus glutinosa*, *Fraxinus excelsior* y *Salix*. Esta parte del valle ha experimentado una baja presión humana a través del pastoreo y la agricultura durante el último milenio.

Se recuperaron dos testigos sedimentarios (A y B), separados por 47 m. El testigo A (270 cm de potencia) fue recuperado con una sola maniobra con un tubo de PVC de 3 m y 10 cm de diámetro en un montículo com-



Figura 1. Vistas de la Bassa Nera, Val d'Aiguamòg (Lleida)



Figura 2. Bassa Nera, Val d'Aiguamòg (Lleida)

puesto por *Sphagnum magellanicum* y *S. capillifolium* (Fig. 3). El testigo B (706 cm de potencia) se obtuvo con una sonda rusa en las alfombras de *Sphagnum* que rodean el estanque.

El marco cronológico fue basado en dataciones de radiocarbono de macrorrestos vegetales de la turba y de ^{210}Pb para los 30 cm más superficiales. Garcés-Pastor *et al.* (2017) realizaron los modelos de edad-profundidad y compararon y correlacionaron las facies sedimentarias. En ambos testigos se analizaron, entre otros indicadores, los microfósiles esporopolínicos (Figs. 4 y 5). Asimismo, para el testigo A también se analizaron los carbones sedimentarios ($> 150\ \mu\text{m}$) utilizando el protocolo descrito por Carcaillet *et al.* (2001), pero teniendo en cuenta el peso húmedo del sedimento en lugar del volumen para minimizar las grandes diferencias de densidad dentro de la turbera (Fig. 6).

Todo el registro está dominado principalmente por altos valores de polen arbóreo. Los taxones caducifolios que abundan en la base de los testigos son reemplazados por coníferas alrededor de los 4000 años cal BP. Los arbustos y las plantas herbáceas incrementan sus valo-

res considerablemente en las zonas más recientes de ambos diagramas. Los taxones mediterráneos están presentes durante toda la secuencia temporal estudiada. Se describen siete fases teniendo en cuenta las correlaciones de vegetación regional de ambos diagramas, así como algunos taxones significativos de la vegetación local.

La fase I está dominada por plantas herbáceas, principalmente Poaceae y *Artemisia*, sugiriendo que el estanque estaba rodeado de pastizales esteparios (10211–10070 años cal BP). Las altas proporciones de *Betula* apuntan a una fase temprana de colonización de los abedulares en los Pirineos durante el Tardiglacial. Esta fase podría ser una transición de comunidades de épocas más frías y áridas del Dryas reciente a los primeros bosques caducifolios del Holoceno. Los altos valores de algas planctónicas (*Pediastrum*, *Botryococcus*) indicarían una fase lacustre con significativa producción primaria, posiblemente como resultado del aumento relativo de la temperatura del agua.

La fase II presenta una caída en los taxones herbáceos junto con las frecuencias más altas de taxones ca-



Figura 3. Proceso de obtención del testigo A

ducifolios (10070-7343 años cal BP). El bosque cambia a un bosque mixto de *Corylus* y *Betula* con *Quercus* caducifolios, *Ulmus* y *Pinus*. En cambio, los espacios abiertos disminuyen. Las frecuencias más altas de *Corylus* con respecto a las de los *Quercus* caducifolios enfatizan la capacidad colonizadora de los primeros. La disminución de algas de agua dulce podría indicar aguas menos profundas. El ligero aumento de polen de Cyperaceae denota la ampliación de áreas litorales emergidas. En esta fase no se detecta ni el evento de los 9200 años cal BP, que aparece en el Mediterráneo occidental mostrando una disminución de las masas forestales, ni el evento de los 8200 años cal BP, acontecimiento frío y árido.

La fase III se caracteriza por una fuerte disminución de *Corylus* y *Betula* (7343-5832 años cal BP). Aun así, las comunidades del piso montano inferior todavía estaban presentes en la zona con cierta extensión, tal y como indica la presencia de bosques mixtos de *Corylus* y *Quercus* caducifolios con *Betula*, *Tilia* y *Ulmus*. El aumento de Poaceae y *Artemisia* indicarían un incremento de los espacios abiertos. En cambio, *Abies* aparece al comienzo de esta fase indicando un paso más en la colonización de este a oeste de los Pirineos. El establecimiento de Cyperaceae apunta a una mayor extensión de áreas litorales. Entre los elementos acuáticos y lito-

rales, las diferencias espaciales ilustran dos escenarios. El testigo A muestra el desarrollo de turberas en el margen del sistema lacustre hacia los 6800 años cal BP, probablemente formando céspedes. Esto se infiere del aumento en los porcentajes de macrorrestos encontrados de *Sphagnum*, dominados por *S. palustre* o *S. papillosum*, y a partir de la aparición de la tecameba *Assulina*, característica de las capas superficiales no saturadas de agua. En el Testigo B se registra un predominio de *Botryococcus* y bajas frecuencias de Cyperaceae en esta misma época, lo que pone de manifiesto la presencia de un determinado nivel de agua.

La fase IV está marcada por la transición de los taxones caducifolios a las coníferas (aproximadamente entre 5800-3900 años cal BP). La disminución de los robles y el descenso de *Betula* y *Corylus* indican probablemente un desplazamiento hacia cotas inferiores del bosque caducifolio. Por otro lado, *Abies* registra una destacada expansión y *Fagus* aparece hacia los 4500 años cal BP. El establecimiento de ambientes palustres y lacustres podría haber favorecido la colonización por *Alnus*. Los prados alpinos continúan su tendencia al alza coincidiendo con una intensificación de la presión antrópica, como se deduce del aumento de los incendios inferidos por los carbones (Fig. 6) y de los indicadores polínicos agropastorales.





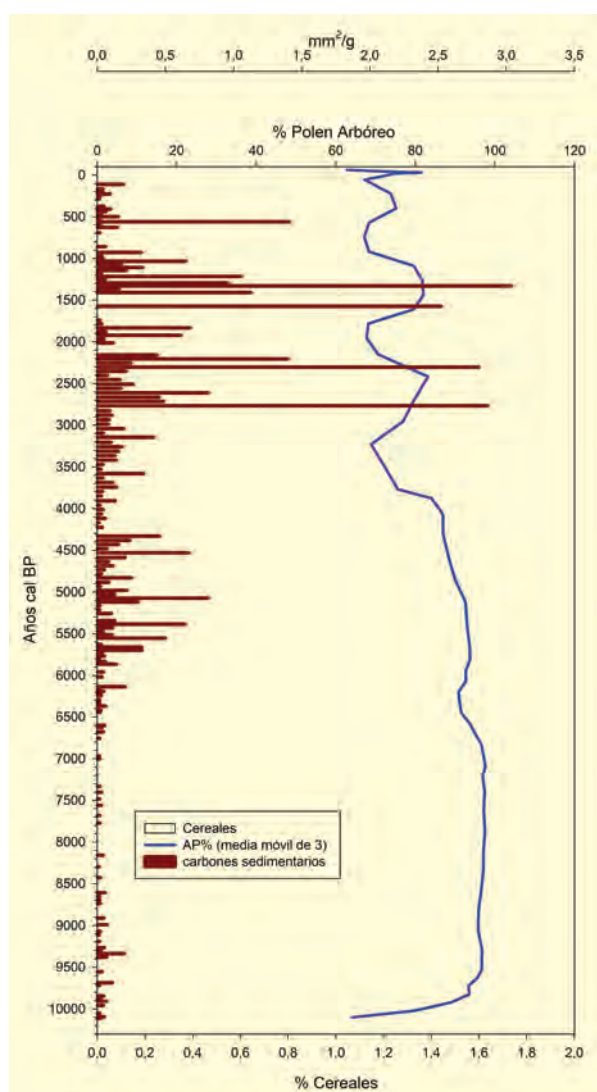


Figura 6. Comparación de los valores del polen arbóreo (AP) y de los cereales con los de los carbones sedimentarios

La fase V registra la mayor abundancia de coníferas, sugiriendo que la vegetación que rodeaba el estanque estaba dominada por *Abies* y *Pinus* con algún bosque montano mixto (*Quercus* caducifolios, *Betula* y *Fagus*) (3900-790 años cal BP). *Alnus* sigue dominando el bosque de ribera. El descenso de los porcentajes de polen arbóreo y los valores de los carbones sedimentarios

(Fig. 6) sugieren, una mayor presión antrópica, posiblemente debida a incendios utilizados para provocar claros en el bosque. Esto está revalidado por el notable aumento de las Ericaceae y el inicio del cultivo de cereales.

La fase VI manifiesta un notable aumento de las plantas herbáceas (Poaceae, *Artemisia*, *Amaranthaceae*) (790-380 años cal BP) mientras que los bosques de *Abies* y *Pinus* se mantienen en detrimento de los caducifolios. El aumento de los prados y la persistencia de indicadores de incendios y de polen de cereales indican la continuidad de las aberturas en los bosques con fines agropastorales. En el testigo A, los valores de *Sphagnum* >40% muestran el desarrollo de montículos más secos de *S. magellanicum* y *S. capillifolium*, con Ericaceae y *Polytrichum* entre 500 y 465 años cal BP. En cambio, el testigo B muestra una transición de *Myriophyllum* a *Potamogeton* hacia los 540 años cal BP y apunta a un nivel más bajo del lago.

La fase VII sigue registrando valores altos de Poaceae y es patente el porcentaje de polen de *Olea* transportado por el aire desde localidades más termófilas (380 años cal BP-presente). Un bosque de coníferas (*Abies*, *Pinus*) rodea la zona de estudio, mientras que los bajos valores de taxones montanos muestran el continuo descenso altitudinal del límite de este piso. La disminución de los incendios sugiere un sistema agroforestal complejo con predominio de las actividades pastoriles. En el componente acuático, el dominio de Cyperaceae apunta a la continuidad de una fina lámina de agua, mientras que los mayores porcentajes de *Sphagnum* (*S. capillifolium* y *S. magellanicum*) y Ericaceae sugieren el establecimiento de un montículo ombrotrófico en tiempos recientes.

Más información

Garcés-Pastor *et al.* (2016, 2017)



BAUMA DEL SERRAT DEL PONT

Comarca de La Garrotxa, Tortellà, Girona
Holoceno (~9296-2535 años cal BP)

El yacimiento de la Bauma del Serrat del Pont se encuentra en el municipio de Tortellà (42° 14' 57" N, 2° 36' 21" E). Se trata de un yacimiento en un abrigo de una extensión de alrededor de 75 m² situado en las inmediaciones del río Llierca y a unos 300 m s.n.m. El río Llierca es afluente del río Fluvià, principal curso de agua de la comarca de La Garrotxa. La topografía de la zona está marcada por profundos valles (tierras bajas a 250-300 m s.n.m.) y áreas montañosas escarpadas (picos más altos a 1558 m s.n.m.). El sustrato geológico está dominado por rocas calcáreas, margas, areniscas y yesos. A pesar de la alta precipitación en la zona (precipitación media anual de 818,9 mm en la estación de Sales de Llierca-Sadernes), la rápida infiltración de agua en los suelos rocosos provoca un paisaje vegetal más seco, favoreciendo los árboles esclerófilos perennifolios y resultando en el predominio de la encina (*Quercus ilex*) y el pino silvestre (*Pinus sylvestris*) en las mayores altitudes. En altitudes elevadas y vertientes septentrionales destacan los bosques de robles (*Quercus pubescens*) y hayas (*Fagus sylvatica*), así como la presencia de comunidades ribereñas a lo largo de los cursos fluviales, formadas por avellanos, alisos (*Alnus glutinosa*) y sauces (*Salix alba*).

Las excavaciones en el yacimiento se remontan a los años 80. El yacimiento conserva una estratigrafía de 2,60 m que ha proporcionado evidencias de una larga secuencia de ocupación que cubre gran parte del Holoceno entre 9451-9141 años cal BP y 2711-2358 años cal BP, con algunos lapsos temporales (Tabla 1). A nivel cronocultural el yacimiento presenta las últimas ocupaciones de cazadores-recolectores del Mesolítico, ocupaciones neolíticas y de la edad del Bronce. Los estudios antracológicos realizados de los carbones recogidos en los hogares y dispersos en los estratos muestran las comunidades vegetales explotadas para la obtención del combustible a lo largo de la secuencia (Ros 1995, Piqué 2002a, Piqué & Mensua 2008).

A lo largo de la secuencia *Quercus* caducifolios y *Buxus sempervirens* son los taxones dominantes. Están presentes en todas las fases y prácticamente en todos los niveles. Sin embargo, su abundancia y los taxones a los que se asocia en cada nivel varían a lo largo de la secuencia.

Durante las ocupaciones mesolíticas (9451-9141 a 8283-8022 años cal BP) los bosques cercanos al asen-



Figura 1. Ubicación del abrigo por encima del río Llierca, entre el encinar (izquierda), abrigo de Bauma del Serrat (centro) y vista de la excavación durante la campaña de 2002 (derecha)

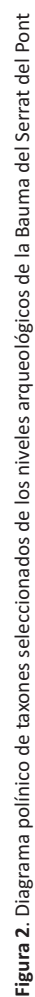
Tabla1. Dataciones radiocarbónicas de la Bauma del Serrat del Pont. A partir de Alcalde *et al.* (1994, 1997, 2002), Alcalde & Saña (2008)

Ref. Lab.	Nivel	Material	Años BP	Años cal. BC	Años cal. BP
Beta61505	II.2.b	carbón	2450±60	761-408	2711-2358
UBAR181	II.2.b	carbón	3160±100	1677-1127	3627-3077
UBAR180	II.2.b	carbón	3530±90	2135-1622	4085-3572
Beta69597	II.3	carbón	3840±90	2566-2034	4516-3984
Beta64940	II.4	carbón	4100±100	2908-2352	4858-4302
Beta90622	II.5	carbón	4200±70	2917-2576	4867-4526
Beta64939	III.1	carbón	4020±100	2877-2291	4827-4241
Beta172521	III.4	Fauna	6470±40	5513-5331	7463-7281
Beta138589	IV.1	carbón	7330±40	6333-6072	8283-8022
Beta212541	IV.2	carbón	7770±50	6687-6475	8637-8425
Beta216834	IV.3	carbón	8060±40	7171-6823	9121-8773
Beta212542	IV.4	carbón	8130±40	7315-7044	9265-8994
Beta183017	IV.5	carbón	8310±40	7501-7191	9451-9141

tamiento estarían dominados por robles, entre los que habrían crecido también otros caducifolios como *Acer*, representantes de los géneros *Prunus* y del grupo de las pomoideas. Además están bien representados los arbustos como *Buxus sempervirens* e *Ilex aquifolium*. También son importantes en el conjunto los taxones de ribera, entre estos encontramos *Corylus avellana* y *Fraxinus*, si bien es *Salix* el mejor representado. Por último, cabe destacar la presencia de varias coníferas: *Abies*, *Pinus t. sylvestris-nigra* y *Taxus baccata*. *Pinus t. sylvestris-nigra* prácticamente solo aparece en los niveles mesolíticos y siempre en frecuencias muy bajas, por lo que cabe pensar que su presencia en el entorno del asentamiento, relictos de los pinares pleistocénicos, era marginal ya a inicios del Holoceno en las inmediaciones del asentamiento.

El paisaje durante las ocupaciones neolíticas (7463-7281 años cal BP) y calcolíticas (4858-4302 años cal BP) se caracteriza por el predominio de *Quercus* caducifolios, *Acer*, *Buxus sempervirens*, *Prunus* y Ma-

loideas. A partir del nivel neolítico se observa la desaparición casi completamente de *Pinus t. sylvestris-nigra* que coincide con la aparición en el registro de *Quercus* esclerófilo, taxón que a partir de este momento se mantiene a lo largo de la secuencia, acompañado de otros taxones de tipo mediterráneo como *Arbutus unedo* y *Pistacia*. Cabe destacar en el conjunto de carbones de estos niveles la presencia de una mayor diversidad de taxones de las formaciones de ribera en relación a los niveles mesolíticos. Se documenta la presencia de *Cornus*, *Corylus avellana*, *Fraxinus*, *Laurus nobilis*, *Salix*, *Ulmus* y *Vitis vinifera*. Una mención especial merece la presencia de *Fagus sylvatica*, especie que requiere una elevada humedad ambiental y que aparece por primera vez en cronologías de 5281-4871 años cal BP. A partir de 4858-4302 años cal BP cabe destacar el incremento substancial de *Quercus* perennifolios que pasará a ser el taxón mejor representado en detrimento de *Quercus* caducifolios, culminando así una tendencia que se observa a lo largo de la secuencia.



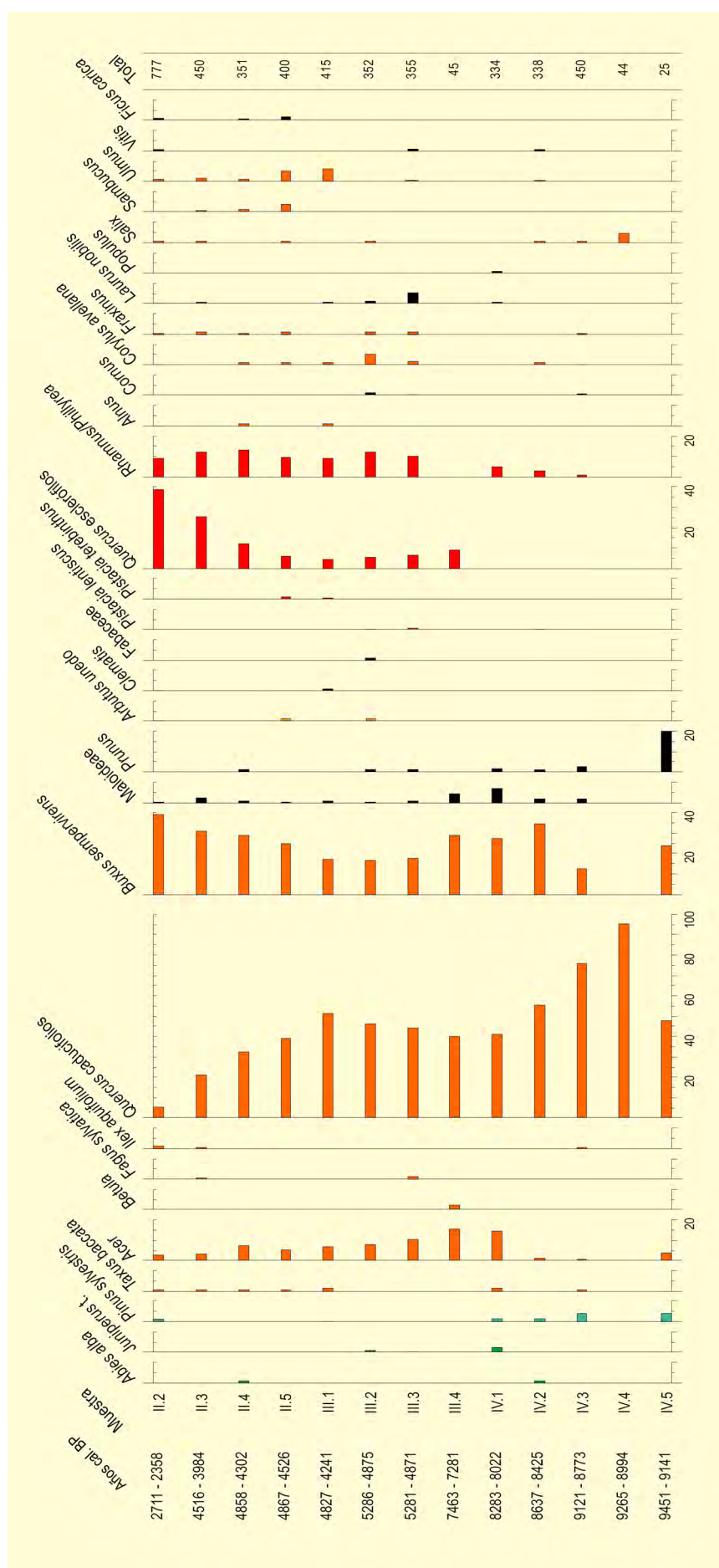


Figura 3. Diagrama polínico de taxones seleccionados de Bauma del Serrat del Pont (valle de Llerca). Modificado de Piqué *et al.* (2018)

Los datos de carbón vegetal muestran diferencias respecto a los resultados de los análisis polínicos del yacimiento (Burjachs 2012, Piqué *et al.* 2018). Por una parte, el registro de carbón vegetal evidencia un papel menor del *Quercus perennifolios* respecto a lo que se observa en los registros polínicos del yacimiento. Si bien este taxón aparece en el registro antracológico durante el Neolítico temprano y su presencia es recurrente en todos los niveles posteriores, aparece generalmente en proporciones mucho menores que *Quercus caducifolios*. Solo en los niveles que corresponden a las últimas ocupaciones de la edad del Bronce la presencia de *Quercus perennifolios* es superior. En cambio, en el registro polínico los *Quercus perennifolios* son los dominantes. Esta discrepancia debe ser entendida

en relación a la imagen más local o regional que proporcionan los registros antracológicos y polínicos. Así en este caso cabe plantear que en las inmediaciones del asentamiento los robledales serían dominantes en gran parte de la secuencia. Por otra parte, el registro antracológico ha permitido documentar en la comarca de la Garrotxa la presencia de especies que tiene baja o nula visibilidad en el registro polínico, como son *Taxus baccata*, *Laurus nobilis* o *Buxus sempervirens*. Los datos antracológicos permiten plantear que estas especies tuvieron un papel significativo en los paisajes pasados de la comarca de la Garrotxa.

Más información

Piqué *et al.* (2018)



BAZA

Sierra de Baza, Baza, Granada
Holoceno (8390-160 años cal BP)

La Sierra de Baza (Fig. 1) es un macizo montañoso de unos 550 km² localizado en el nordeste de la provincia de Granada entre la Hoya de Baza y los Llanos del Marquesado. La sierra se une a la de Los Filabres (Almería) para formar una cordillera de unos 80 x 2,5 km en la que prevalece la orientación este-oeste. La máxima altitud es de 2269 m en el Calar de Santa Bárbara, pero hay varios picos que sobrepasan los 2000 m.

El sitio estudiado palinológicamente (37° 14' 01" N, 02° 42' 31" O; 1900 m s.n.m.) es un depósito turboso de unos 2 km² localizado en la Cañada del Gitano, en la cabecera alta del Arroyo Uclías (Fig. 3). El contexto sedimentario es una turba arcillosa que gradualmente se

va transformando en una arcilla orgánica con clastos y descansa sobre un esquisto basal. Las turbas también se acumulan en el vecino Arroyo Moras, aunque en este último parece haber habido drenajes artificiales en época histórica. La vegetación local se caracteriza por comunidades higrófilas de cárices (*Carex leporina*, *C. nigra*, *C. mairii* y *Eleocharis quinqueflora*) y varias especies de *Juncus*. A lo largo del barranco aparecen sauces (*Salix alba*, *S. fragilis*, *S. purpurea* y *S. caprea*), chopos (*Populus alba*, *P. nigra*, *P. tremula* y *P. canescens*) y olmos (*Ulmus minor* y *U. pumila*).

La Sierra comprende un mosaico complejo de comunidades vegetales. La vegetación arbórea incluye bosques de pino y quercíneas. El ecotono forestal se



Figura 1. Vegetación cacuminal de La Sierra de Baza (Foto: Juan Mota)

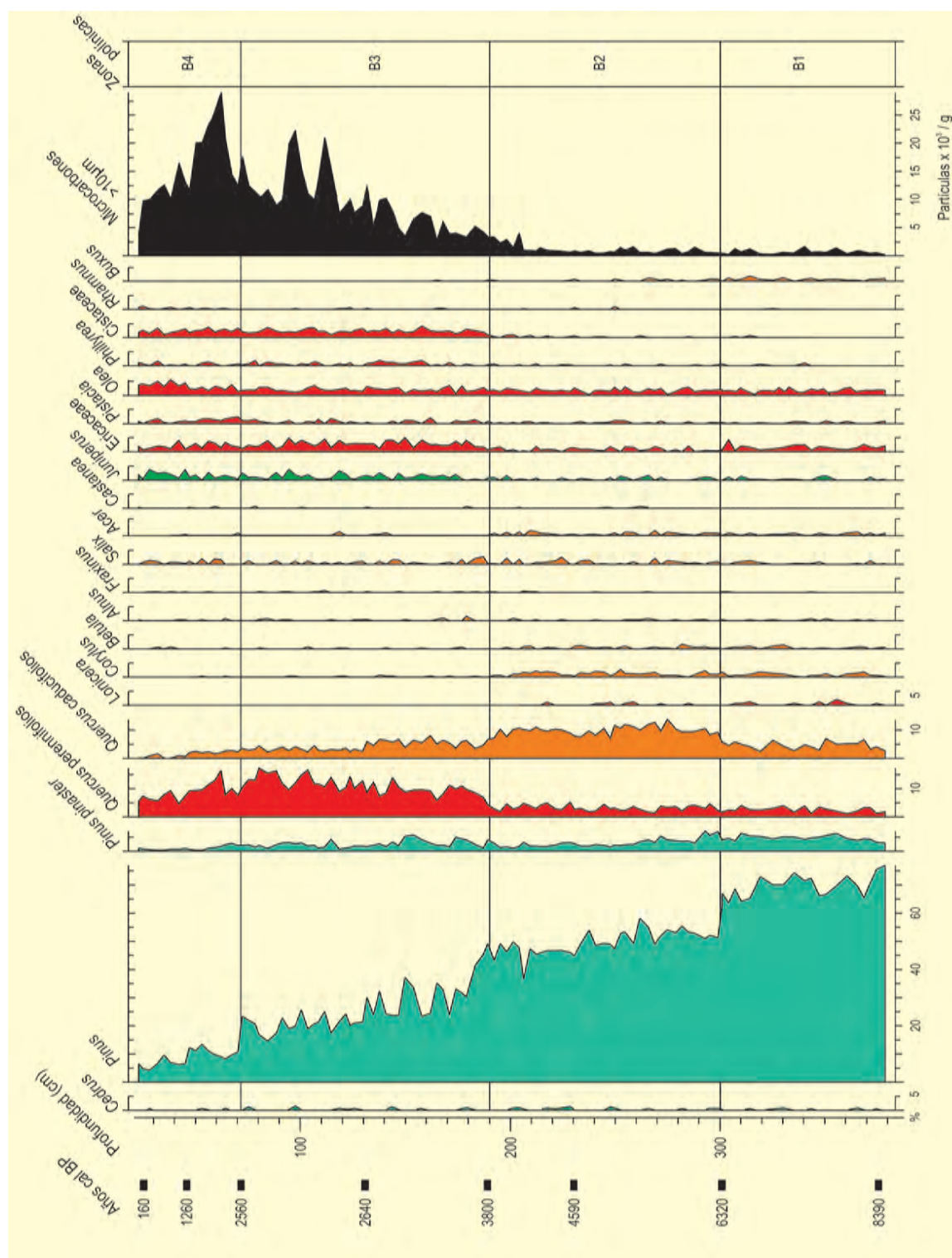


Figura 2. Diagrama polínico de árboles y arbustos, así como microcarbones, para la secuencia de Baza (Carrión et al. 2007)

sitúa por encima de los 1700-1800 m y presenta *Pinus sylvestris* subsp. *nevadensis* y *P. nigra* subsp. *salzmannii*, con una capa basal de gramíneas esclerófilas (*Festuca hystrix*, *Poa ligulata* y *Koeleria vallesiana*), *Juniperus communis* subsp. *hemisphaerica*, genisteas (*Erinacea anthyllis*, *Genista versicolor* y *Echinospartum boissieri*) y otras plantas espinosas como *Berberis hispanica*, *Vella*

spinosa, *Ptilotrichum spinosum*, *Bupleurum spinosum*, *Dianthus subacaulis*, etc. Los robledales de *Quercus faginea* con *Acer granatense* aparecen en barrancos y en las zonas más húmedas. *Q. rotundifolia* no forma bosques cerrados, pero es relativamente abundante entre 1000 y 1800 m, mezclado con *Pinus pinaster* y *P. halepensis*.

Tabla 1. Edades de radiocarbono de las muestras de sedimento de la Sierra de Baza. Calibraciones según Stuiver *et al.* (1998) (CALIB Rev4.4.2). La edad calibrada se tomó como el punto medio del intervalo de probabilidad (95,4%, 2 σ). Datos de calibración set: intcal98.¹⁴C. Copyright Stuiver y Reimer (1986-2004). Carrión *et al.* (2007)

Ref. Lab.	Prof. (cm)	Años BP	Años cal. BP	Rango	Método
Pta-g156	25-27	180 $\pm$ 80	160	0-323	Convencional
Pta-g149	47-49	1320 $\pm$ 25	1260	1228-1292	Convencional
Pta-g142	72-74	2520 $\pm$ 40	2560	2363-2747	Convencional
Pta-g150	131-133	2590 $\pm$ 110	2640	2353-2917	Convencional
Pta-g154	188-190	3520 $\pm$ 50	3800	3685-3913	Convencional
Pta-g160	229-231	4060 $\pm$ 90	4590	4352-4828	Convencional
Pta-g139	299-301	5530 $\pm$ 30	6320	6281-6357	Convencional
GrA-24386	374-378	7595 $\pm$ 45	8390	8328-8454	AMS



Figura 3. Panorámica de la Cañada del Gitano, Sierra de Baza (Foto: José S. Carrión)

Para el estudio paleoecológico se tomaron dos testigos sedimentarios con una profundidad de 417 y 378 cm hasta llegar a la roca madre. El primer testigo fue estéril, el segundo, polínifero, y permitió trazar la historia de la vegetación en la Sierra de Baza entre 8390 y 160 cal BP (Figs. 2, 4 y 5). Durante la zona B1 (8390-6320 años cal BP), *Pinus* domina los espectros polínicos indicando un paisaje forestal en el piso oromediterráneo. Esta zona viene igualmente caracterizada por *Pinus pinaster*, *Quercus* caducifolios y, en menor medida, *Corylus*, *Betula*, *Salix*, *Acer*, Cupressaceae, Ericaceae, *Pistacia* y *Olea*. *Buxus* y *Lonicera* exhiben sus máximos. Durante la zona B2 (6320-3800 años cal BP) continúa la domi-

nancia de los bosques de pinos, pero se reduce su cobertura, mientras que aumenta la importancia de los robles y otros caducifolios como *Corylus*, *Betula*, *Salix*, *Acer* y *Alnus*. En la zona B3 (3800-2560 años cal BP) se producen descensos sincrónicos de *Quercus* caducifolios, *Corylus*, *Betula* y *Acer*, al tiempo que se verifica la desaparición de *Buxus* en torno a 3400 años cal BP. Los pinares se van fragmentando, mientras que las quercíneas de hoja perenne se extienden junto con Cistaceae, Ericaceae, *Pistacia* y *Phillyrea*.

Durante la zona B4 (2560-160 años cal BP), *Pinus* sigue decreciendo mientras que Poaceae muestra sus

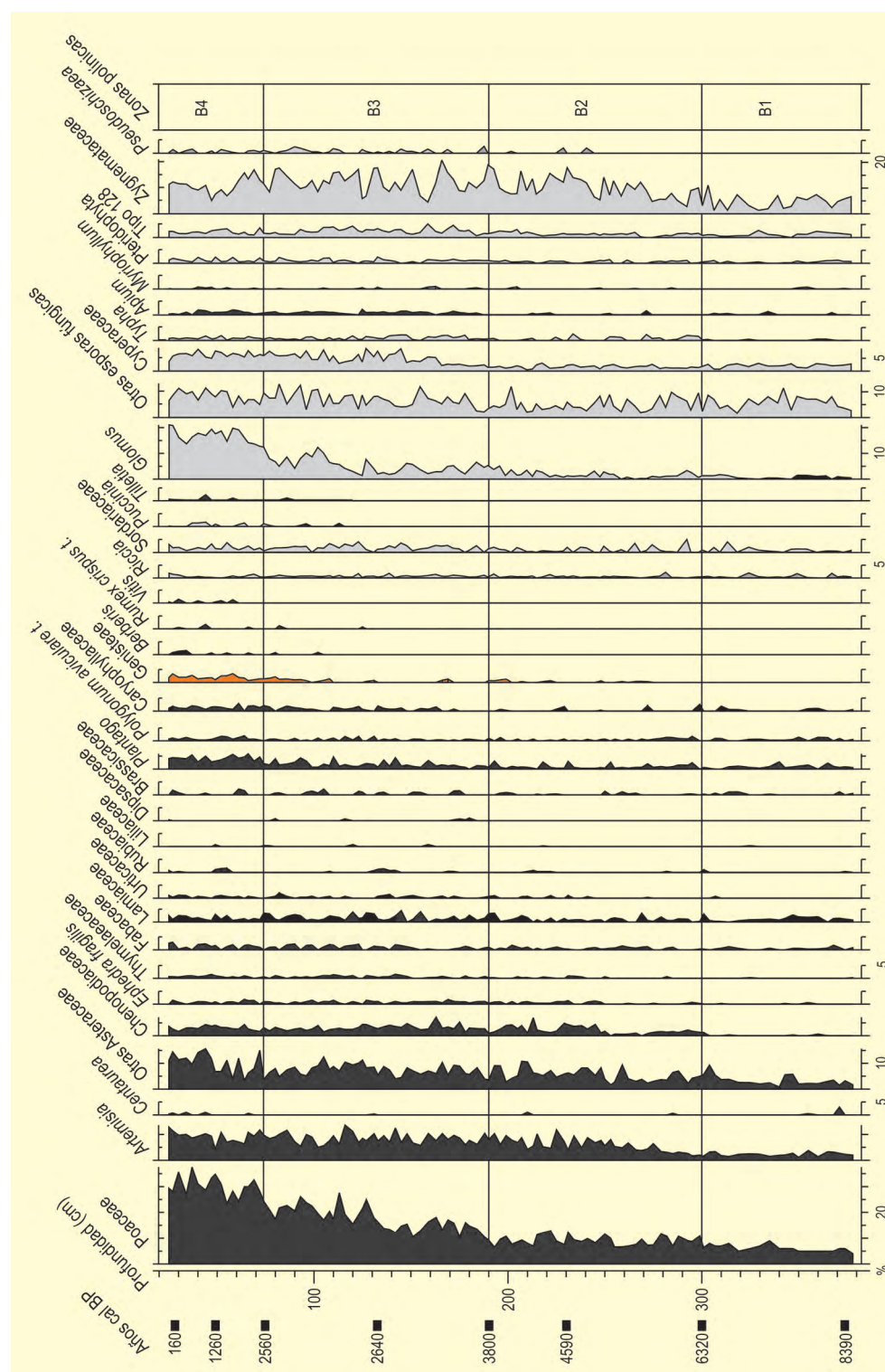


Figura 4. Diagrama polínico de gramíneas y otras herbáceas, matorral espinoso e indicadores antropogénicos para la secuencia de Baza (Carrión *et al.* 2007)

máximos valores después de 1500 años cal BP. Con *Pinus*, se incrementan *Genisteae*, *Plantago*, *Olea*, *Polygonum*, *Asteraceae* y *Rhamnus*. *Corylus* desaparece después de 1600 años cal BP, mientras que los robles y *Pinus pinaster* descienden. Esta zona registra las primeras evidencias de *Vitis* (1700 años cal BP) y la presencia continua de *Berberis*, *Puccinia* y *Rumex*, así como un in-

crecimiento en las esporas de Sordariaceae. La zona B₄ marca el establecimiento definitivo del paisaje actual.

Entre los factores que configuran los cambios de vegetación en la secuencia de Baza hay algunos directamente detectables y otros que deben quedar en el terreno de la conjetura. Por ejemplo, queda abierta la

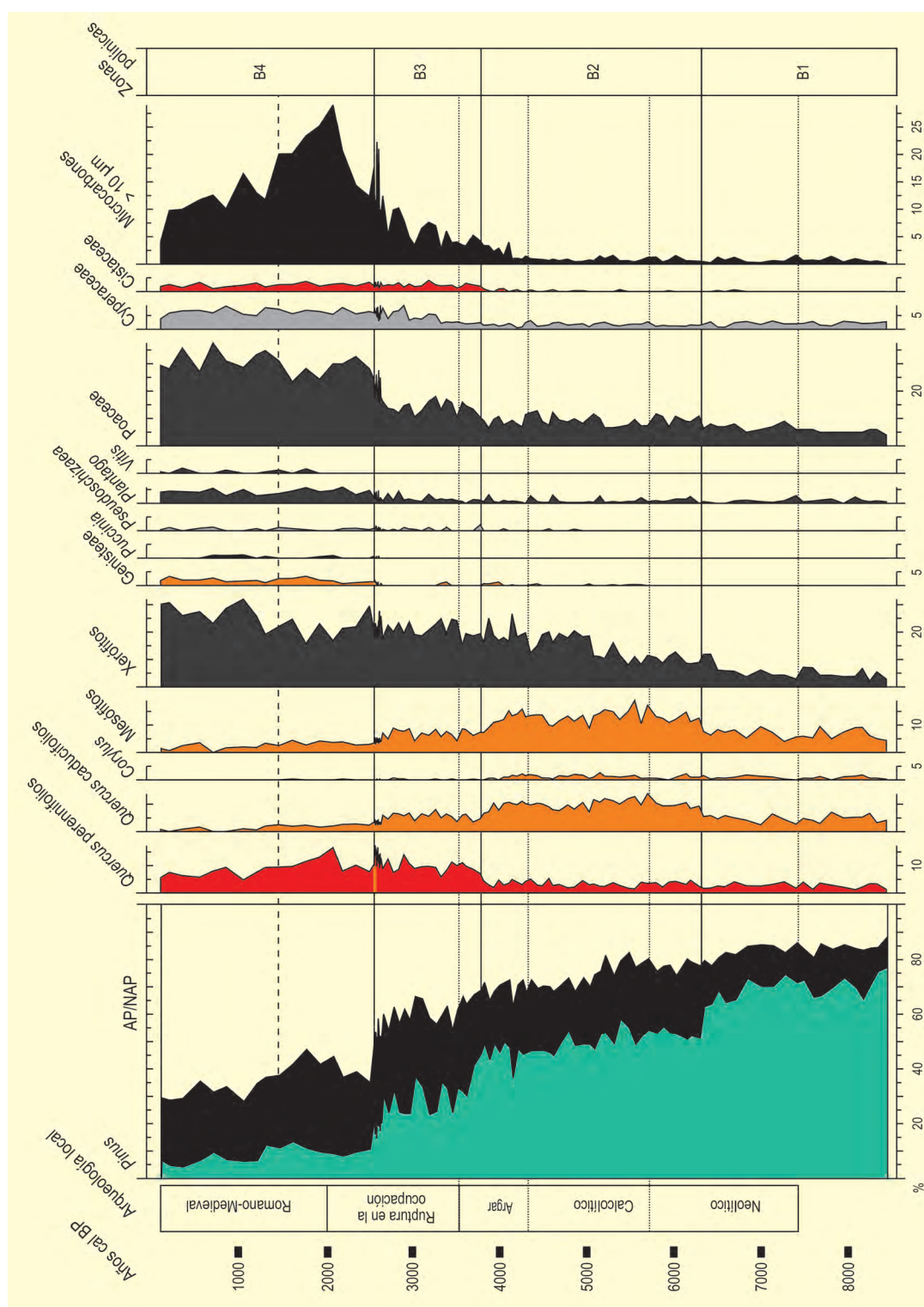


Figura 5. Diagrama polínico sintético y variación de microcarbones en la secuencia de Baza (Carrión *et al.* 2007)

posibilidad de que la transición entre las zonas B1 y B2 se deba al impacto del pastoreo en contexto de alta montaña. El Neolítico en los valles adyacentes ha demostrado un impacto ecológico importante si tenemos en cuenta los datos arqueológicos, palinológicos, antracológicos y paleocarpológicos (Rodríguez-Ariza 1996, 2000a, Buxó 1997, Fernández *et al.* 2007). La ve-

getación local no cambia sustancialmente durante la fase calcolítica (5000-4200 años cal BP), a pesar de que también está claro que las actividades humanas alteraron los paisajes en pisos de vegetación infrayacentes. Hay, no obstante, un incremento progresivo de xerófitos desde 5400 años cal BP y especialmente a partir de 5000 años cal BP, lo cual sugiere la incidencia de una

tendencia climática aridificante que se manifiesta también en multitud de registros regionales (Yll *et al.* 1994a, Burjachs *et al.* 1997, Calmel-Avila 2000, Pantaleón-Cano *et al.* 2003) y extraregionales (Mayewski *et al.* 2004).

Al igual que sucede en la Sierra de Gádor (Carrión *et al.* 2003a), la instalación de la cultura del Bronce argárico sí que tiene consecuencias sobre la cubierta vegetal de la Sierra de Baza. Al menos, ese es el modelo más parsimonioso tras el análisis de los datos paleoecológicos (Carrión *et al.* 2007). El Argar comienza aquí entre 4400-4300 años cal BP y concluye abruptamente en torno a 3600 años cal BP, implicando la transición palinológica B2-B3, que supone un descenso de la cobertura arbórea, incremento de gramíneas, expansión de quercíneas esclerófilas y matorral mediterráneo y descenso notorio de pinos, robles y demás caducifolios. El control inmediato del cambio parece ligado al incremento del fuego que tiene lugar alrededor de 4100 años cal BP, justo antes de la transición a 3800 años cal BP. Lo más probable es que el impacto humano se cifrara en torno al pastoreo y la actividad minera, provocando un cambio en la estructura ecológica que sustituiría a la previa de naturaleza mesofítica y facilitaría la instalación de un sistema más combustible y mejor adaptado al estrés por herbivoría, fuego y sequía estival (probablemente también a las talas). El incremento de *Q. ilex-coccifera*, *Erica*, *Pistacia lentiscus*, *Phyllirea angustifolia* y, especialmente, *Cistus*, concuerda con este escenario. Otra cuestión es si el final

de la cultura argárica (el denominado "colapso") tuvo o no un condicionamiento ambiental. Carrión *et al.* (2007) apuestan por ello sobre la base de una revisión detallada del registro arqueológico y paleoecológico del sureste ibérico.

Otro cambio vegetal digno de mención viene dado por la transición B3-B4 en torno a 2560 años cal BP, la cual coincide con una fase de desocupación local y con la expansión de la cultura ibérica en los valles del mesomediterráneo. La regresión forestal es prominente, desaparece el avellano y aparecen por primera vez indicadores de agriculturización (*Vitis* y *Puccinia*) y probablemente pastoreo intensivo (*Plantago*, *Rumex crispus* y *Polygonum aviculare*), con la subsiguiente expansión del matorral espinescente cacuminal. Es interesante que esta transición venga de nuevo precedida por incrementos en la concentración de microcarbones en torno a 2620-2590 años cal BP. El fenómeno ha sido general en la Sierra, porque la secuencia del Arroyo Moras, en la Cañada Larga del Cerro del Sotillo, revela también un incremento en microcarbones alrededor de 2678 años cal BP (Riera *et al.* 1995). Finalmente, los paisajes montañosos de Baza y Filabres habrían experimentado un momento crítico durante los últimos dos mil años, periodo en que tiene lugar una heliofitización general y la generalización del impacto antrópico.

Más información

Carrión *et al.* (2007), Gil-Romera *et al.* (2009, 2010)



BELATE

Puerto de Belate, Baztan, Navarra
Holoceno (6600-2090 años BP)

La turbera de Belate ($43^{\circ} 02' 51''$ N, $01^{\circ} 36' 54''$ O; 847 m s. n. m.) se localiza en el puerto del mismo nombre, en el límite entre los municipios de Ultzama y Baztan (Navarra) (Fig. 1). Este valle pertenece al sector occidental de las estribaciones montañosas de los Pirineos y se sitúa dentro de la región Eurosiberiana, en el límite entre las vertientes cantábrica y mediterránea. La turbera fue drenada casi en su totalidad para su aprovechamiento ganadero. Sin embargo, los prados cubren espesores de turba de al menos 3,5 metros. Bajo la turba se extienden mantos de arcillas grises y rosas.

En la parte activa de la turbera crecen 8 especies de *Sphagnum*, *Carex hostiana* y otras especies características como *Drosera rotundifolia*, *Eriophorum angustifolium*, *Erica tetralix*, *Narthecium ossifragum* y *Potamogeton*

polygonifolius. Ello determinó su denominación como lugar de importancia comunitaria (LIC ES2200028) y actualmente está en proceso de restauración (Cod. UE 7140).

El clima actual de la zona es templado oceánico, con abundantes precipitaciones. La vegetación que cubre los montes próximos a la turbera está constituida por hayedos acidófilos (*Fagus sylvatica*) y praderas en las laderas deforestadas. A más baja altitud se extienden, aunque reducidos por la acción antrópica, robledales dominados por *Quercus robur*.

La secuencia polínica que se presenta (Fig. 2) incluye datos de dos sondeos: Belate 1, extraído de la zona drenada, más elevada, y que muestra bajo la turba



Figura 1. Muestreo en la turbera de Belate (Foto: C. Goeury)

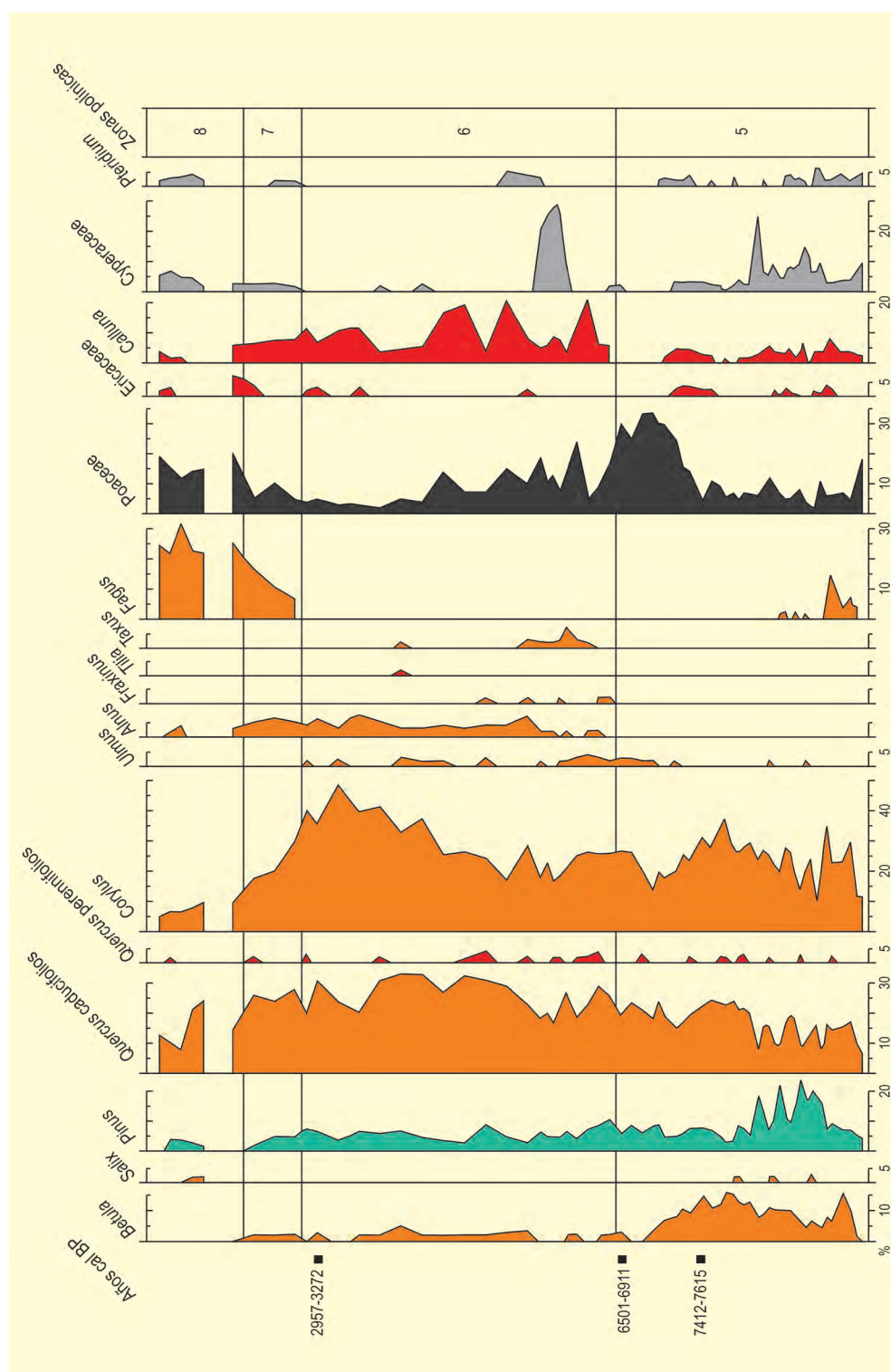


Figura 2. Diagrama polínico de la secuencia de Belate. Redibujado de Peñalba (1994)

la existencia de un nivel arcilloso y Belate 3 (los espectros polínicos de la parte superior), obtenido en la parte activa de la turbera; otro núcleo obtenido en la turbera, Belate 5, representa a su vez este período. Las arcillas no pudieron fecharse, pero la base de la turba en esta secuencia tiene una edad de 6600 ± 80 BP (7412-7615 años cal BP). Las fechas obtenidas para tres niveles de

la turba se presentan en la tabla 1. El inicio de la formación de turba alrededor de 7500 años cal BP sugiere sin duda un cambio ambiental hacia un clima más templado y húmedo.

El período anterior a 6500 años cal BP (zona 5) está caracterizado por el dominio del polen de *Corylus* y

Tabla 1. Dataciones radiocarbónicas de la secuencia de Belate 1. Calibraciones según Reimer *et al.* (2004) (Calib 5.0, intervalo de probabilidad 95,4 %)

Ref. Lab.	Prof. (cm)	Años BP	Años cal. BP
Gif-7236	50–60	2960 ± 60	3134
Gif-7235	190–200	5900 ± 80	6725
Gif-7234	212–223	6600 ± 80	7497

Quercus. En los niveles anteriores a 7400 años cal BP se presentan mayores frecuencias de *Pinus*, que superan a las de *Quercus*, y resalta la particularidad del espectro polínico basal, con porcentajes considerables de Poaceae, Cyperaceae y sobre todo Cichorioideae. Por otra parte, otros espectros de la base de la secuencia muestran frecuencias de *Fagus* cercanas al 10%. Esto lleva a plantear la posibilidad de una contaminación con sedimentos ante-holocenos (Peñalba 1989). La presencia de *Fagus* antes de 3000 años cal BP en la cornisa cantábrica ha sido discutida posteriormente, a la luz de nuevos análisis palinológicos y antracológicos.

Entre 6500 y 0 años cal BP se desarrollan las zonas polínicas 6, 7 y 8. La vegetación dominante durante la zona 6 es el robledal mixto. Junto al polen de *Quercus* y *Corylus*, se asocian *Ulmus*, *Tilia*, *Acer*, *Fraxinus*, *Ilex*, *Buxus* y *Taxus*. Se registra también la presencia de *Phillyrea* y *Olea*. Estos bosques son más termófilos que los que se señalaban para el período anterior. Por otra parte, *Alnus* empieza a tener una mayor representa-



Figura 3. Núcleo extraído de la turbera de Belate (Foto: C. Goeury)

ción, denotando su expansión en los hábitats ribereños.

Hacia 3000 años cal BP se inicia una nueva fase, caracterizada por la expansión de *Fagus*, en paralelo al descenso de *Corylus* y *Quercus*. Esta expansión, que en Belate 5 se muestra por una curva que no es gradual y progresiva, está ligada a cambios de concentración polínica total, cambios en *Corylus* y *Quercus*, y a la presencia de cereal, lo que parece indicar una notable acción antrópica. En efecto, si bien el aumento de *Fagus* responde a un cambio climático que favorece su expansión y el retroceso del robledal mixto, la acción antrópica es un factor más que conduce a la disminución de la cobertura arbórea en la época más reciente.

Más información

Peñalba (1987, 1988, 1989, 1992, 1993, 1994)



BERMÚ

Montes de Toledo, Retuerta del Bullaque, Ciudad Real
Holoceno (1244 años cal BP – actualidad)

La turbera de Bermú (39° 26' 2" N, 4° 8' 45" O; 783 m s.n.m.) se localiza en el municipio de Retuerta del Bullaque, en Ciudad Real. Se trata de una turbera minerotrófica emplazada a los pies de la Sierra de Los Torneros, en la finca Quintos de Mora. Este bonal, de 14,46 ha, se ubica en un espacio de escasa pendiente, a una cota de 783 m s.n.m. El clima mediterráneo regional impone veranos cálidos y secos con una temperatura media anual de entre 15-16 °C y una precipitación anual que oscila entre 700-800 mm. Las condiciones climáticas de los Montes de Toledo se ven favorecidas por la influencia de vientos procedentes del Atlántico, algo que se refleja en la vegetación propia de la zona. En la actualidad, alrededor de la turbera se extiende un paisaje mediterráneo adeshado de encinas (*Quercus ilex* subsp. *ballota*) y quejigos (*Q. faginea*), combinándose con masas de melojos (*Q. pyrenaica*) (Fig. 1). También son destacables los pinares sobre la raña de pino piñonero (*Pinus pinea*). En las zonas más secas del humedal prospera un denso matorral higrófilo compuesto fundamentalmente por *Erica tetralix* (Fig. 1). En el interior de la turbera es posible hallar taxones propios de este tipo de medios higrófitos, como *Sphagnum palustre*, o la carnívora *Drosera rotundifolia*. Numerosas especies herbáceas, entre las que cabe destacar la presencia de *Dactylorhiza elata* subsp. *sesquipedalis* y *Lobelia urens*, com-



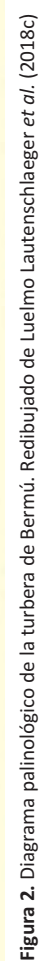
Figura 1. Turbera de Bermú, Ciudad Real (Foto: Antonio López-Sáez)

pletan el conjunto vegetal de la turbera de Bermú (López Sáez *et al.* 2014b, Luelmo Lautenschlaeger *et al.* 2018c).

El paisaje entre 1024-74 cal BP (BM-1) (Tabla 1, Fig. 2) muestra un conjunto vegetal abierto, protagonizado en el piso supramediterráneo por robledales de *Quercus pyrenaica* mientras que por el mesomediterráneo se extienden las encinas (*Quercus ilex* subsp. *ballota*) y los alcornoques (*Quercus suber*). El conjunto se enriquece con la discreta presencia de castaño (*Castanea sativa*), avellano (*Corylus avellana*) y olivo (*Olea europaea*). El sotobosque, muy diverso, está

Tabla 1. Dataciones radiocarbónicas de la turbera de Bermú (Luelmo Lautenschlaeger *et al.* 2018c)

Ref. Lab.	Prof. (cm)	Años BP	Años cal. BP
CNA-723	12	114.47 ± 0,38	-5.5
CNA-724	29	75 ± 30	86
CNA-725	44	335 ± 30	389
CNA-726	54	585 ± 30	563
CNA-2150	58	745 ± 35	681
CNA-727	62	915 ± 35	831
CNA-2151	67	1140 ± 35	1032
CNA-094	72	1327 ± 32	1254



compuesto por brezos (*Erica arborea*), madroños (*Arbutus unedo*), torvisco (*Daphne gnidium*), jaras (*Cistus*), piornos y retamas (*Cytisus*, *Genista*) y brecinas (*Calluna vulgaris*).

Junto a un discreto bosque ripario destacan los pastizales herbáceos y algunas especies ligadas a la presencia antrópica, entre las que comienzan a destacar los taxones e indicadores asociados a la ganadería (*Plantago lanceolata*, *Plantago major/media*, *Urtica dioica*, *Sordaria* HdV-55A, *Sporomiella* (HdV-113), y *Spirogyra* (HdV-130) (Fig. 2).

La vegetación que orla el entorno inmediato de la turbera está compuesta por una densa comunidad de brezales higrófitos de *Erica tetralix* y *Pteridium aquilinum*, entre los que se extiende una nutrida variedad de Cyperaceae, que proliferan en los momentos en los que las condiciones ambientales se vuelven más húmedas, como indican las oscilaciones de HdV-18.

El paisaje registra una importante transformación a partir de 74 años cal BP (Fig. 2), permaneciendo hasta la actualidad (BM-2) como un espacio forestal muy aclarado, con pastos muy extensos y muy poca carga arbustiva, fundamentalmente de *Erica arborea*. El bosque ripario es muy reducido, mientras que los *Quercus* siguen siendo protagonistas, y hacia el final del periodo es posible detectar las repoblaciones de *Pinus pinaster*. En este momento el olivo es más abundante, al igual que el avellano. Se extienden los pastizales y se implementa el cultivo de cereal, así como las actividades ganaderas, reflejado en la proliferación de algunas familias asociadas a entornos arvenses y ruderales como Asteraceae, Cichorioideae, Cardueae o Apiaceae, y el incremento de los indicadores de pastoreo. La vegetación en el entorno del bonal se transforma. Los brezales higrófilos de *Erica tetralix* se aclaran, apenas hay helechos y se reducen las ciperáceas.

Más información

Luelmo Lautenschlaeger *et al.* (2018c)



BESÒS

Barcelonès, Sant Adrià de Besòs, Barcelona
Holoceno (7730-1220 años cal BP)

La secuencia de Besòs se localiza en el cuadrante norte del Pla de Barcelona (costa central catalana), en el municipio de Sant Adrià del Besòs ($41^{\circ} 24' N$, $02^{\circ} 15' E$), a 7 m s.n.m. Una columna sedimentológica de 35,3 m de potencia se extrajo sobre la plataforma deltaica del río Besòs, a menos de 1 km de distancia de la línea de costa (Riera 1995). La secuencia es característica de las formaciones de complejos deltaicos consistente en una alternancia de capas de arenas y limos orgánicos con niveles intercalados de turba, que se depositan sobre un nivel basal de gravas. Los 9 metros superiores corresponden a sedimentos de la plataforma deltaica subaérea y han resultado polínicamente estériles. El Pla de Barcelona es un llano que se extiende desde la línea de costa hasta la cota 150 m, limitado en el interior por las sierras litorales catalanas que alcanzan los 512 m s.n.m. en su tramo central, formadas por pizarras y granitos.

El área se caracteriza por un régimen climático mediterráneo de tendencia subhúmeda, con valores medios anuales de 600 mm de precipitación y 16 °C de

temperatura. La amplitud térmica está suavizada por la protección de las sierras litorales catalanas que configuran un clima con una marcada influencia marina. La zona se incluye en el dominio vegetal del encinar litoral, si bien sobre las elevaciones calcáreas del extremo suroeste se desarrollan maquias litorales compuestas de lentisco, acebuche y palmito. En umbrías y vertientes expuestas al norte de las sierras litorales existen núcleos de vegetación submediterránea con presencia, por ejemplo, de *Quercus cerrioides* y *Corylus avellana*.

En la secuencia de Besòs (Fig. 2) se ha cuantificado la concentración de macropartículas carbonosas de diámetro superior a 0,5 mm. El modelo cronológico del registro se establece a partir de cuatro dataciones radiocarbónicas (Tabla 1). Además, diversas secuencias polínicas de Barcelona y del nordeste peninsular, evidencian la expansión del olivo a partir del siglo XII/XIII, pudiendo, por tanto, atribuirse esta fecha a la zona polínica D que registra este incremento del olivar (Riera & Palet 2005, 2008).



Figura 1. Vista del delta y desembocadura del río Besòs desde las sierras litorales (Foto: Santiago Riera)

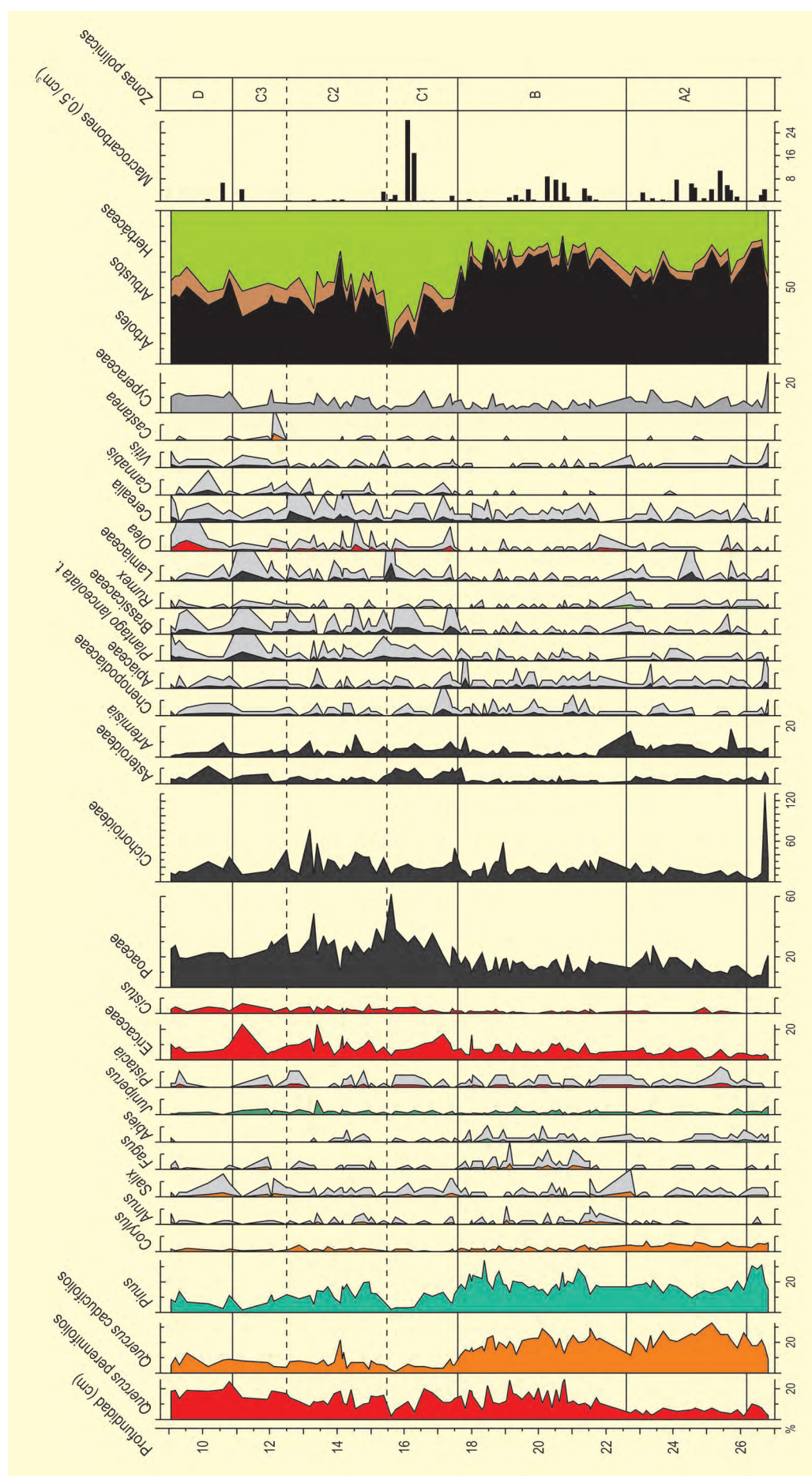


Figura 2. Diagrama polínico porcentual de Besòs. Selección de taxones. Exageración x5. Redibujado de Riera & Palet (2005, 2008)

Tabla 1. Dataciones ^{14}C de la secuencia de Besòs. Las edades radiocarbónicas convencionales han sido calibradas con el programa Calib 6.0.

Ref. Lab.	Prof. (cm)	Años BP	Años cal. BP	Años cal. AD/BC (95%)	Años cal. AD/BC (68%)	Material
UBAR-232	12,75–12,90	1310 ± 110	1220	558–902 AD	641–821 AD	Sedimento orgánico
UBAR-211	16,00–16,25	1300 ± 40	1240	650–781 AD	666–717 AD	Sedimento orgánico
UBAR-231	21,40–21,45	3250 ± 50	3490	1635–1421 BC	1607–1455 BC	Sedimento orgánico
UBAR-212	26,80–26,90	6870 ± 100	7730	5931–5619 BC	5846–5663 BC	Turba

El diagrama polínico (Fig. 2) pone en evidencia dos fases vegetales, una inferior caracterizada por un elevado recubrimiento forestal (zonas A y B) y otra superior con mayores porcentajes de taxones herbáceos y arbustivos (zonas C y D). Además, en la secuencia se registran importantes cambios en la composición forestal de este sector. Así, la zona A exhibe un predominio de comunidades forestales de tendencia submediterránea con alta presencia de taxones caducifolios como *Quercus* o *Corylus*, aunque en esta zona están ya bien representados elementos meso y termomediterráneos (*Quercus* perennifolios, *Pistacia* y *Olea*). En la zona B, período de máxima expansión forestal, se forman encinares mixtos con robles y se expanden los pinares. Paralelamente a este proceso, se registra una mayor presencia de *Fagus*.

En la subzona C1 se produce una rápida y extensa deforestación del sector con reducciones de *Pinus*, *Quercus* caducifolios, *Corylus*, *Fagus*, *Abies* y, en un momento posterior, de *Quercus* perennifolios. En este momento se extienden los taxones herbáceos (Poaceae, Asteroideae y *Artemisia*) y arbustivos (Ericaceae y *Cistus*). Cabe destacar además el aumento de supuestos apófitos como *Plantago lanceolata* y Brassicaceae.

En la subzona C2, el pinar y el encinar se regeneran, si bien los *Quercus* caducifolios no volverán a alcanzar en la mitad superior del diagrama valores similares a los que presentaron en las dos zonas inferiores. Los valores de taxones arbustivos (Ericaceae y *Cistus*) continúan siendo elevados y se produce un incremento de cultivos, como se deduce de *Cerealia*.

En la subzona siguiente (C3), los pinares retroceden y se produce una nueva extensión de comunidades arbustivas. Destaca también el incremento de apófitos y de taxones cultivados como *Vitis* y *Castanea* que sugieren el desarrollo de actividades humanas.

El diagrama finaliza (D) con una nueva fase de regeneración forestal, principalmente del encinar (*Quercus* perennifolio) y con la extensión de cultivos (*Olea*, *Cerealia*, *Cannabis* y *Vitis*).

Las primeras evidencias claras de actividad humana se registran en la subzona A2, hacia los 4500 cal BC, momento en que se observa un incremento de incendios paralelamente a reducciones de AP, así como aumento de los valores de *Cerealia* y de taxones arbustivos como *Cistus*, y una alta diversidad de apófitos. Una nueva fase de incendios se produce hacia 1000 cal BC, paralelamente a un incremento de pino y de taxones arbustivos. Sin embargo, el impacto humano generalizado se documenta durante la zona C1, período en que, además, se alcanzan los valores más altos de concentración de macrocarbones. El incremento de apófitos en esta zona sugiere un desarrollo de actividades ganaderas en estos sectores litorales y se ha sugerido el posible uso como zonas de pastos de las plataformas deltaicas. Para este evento, se ha propuesto una cro-

**Figura 3.** Desembocadura del río Besòs (Foto: O. Ferret)



Figura 4. Robles cerrioides en umbrías de las sierras litorales del Pla de Barcelona. Estos núcleos constituyen relictos de la antigua extensión de los robledales en el llano (Foto: Santiago Riera)

nología en torno al siglo V cal AD (Riera & Palet 2005, 2008). Durante el período medieval, con el desarrollo de actividades agrícolas en el llano, los incendios descienden y los bosques se regeneran.

La secuencia de Besòs permite apuntar las etapas y posibles causas de la instalación del encinar litoral en el sector central de la costa catalana. Así, con posterioridad a 1635-1421 cal BC (B) se constata una fase de extensión de la encina que no parece estar asociada a una mayor acción humana y aumento de las perturbaciones. De hecho, la concentración de microcarbones disminuye en esta fase cuando los valores de *Quercus* perennifolio aumentan. Este desarrollo del encinar habría dado lugar a un bosque mixto de encinas y robles

que en la actualidad ha quedado relegado a las vertientes norte más húmedas de las sierras litorales.

El dominio del encinar en la zona se produce en una segunda fase, en relación con una mayor intensidad de la actividad humana. Así, con posterioridad a la deforestación generalizada (C1), en parte causada por incendios forestales, los robles no vuelven a jugar un papel importante en la composición forestal y la encina se impone. Tan solo el pinar se recupera en la subzona C1, aunque en la subzona C3 los bosques del norte de Barcelona ya estarían dominados plenamente por el encinar.

Más información

Riera (1995), Riera & Palet (2005, 2008)



BORREGUIL DE LA CALDERA

Parque Nacional de Sierra Nevada, Granada
Holoceno tardío (4500 años cal BP)

El Borreguil de la Caldera (BdlC; Fig. 1) se localiza en Sierra Nevada a una altitud de 2992 m s.n.m. (37° 03' 02"N y 3° 19' 24" O). El área del borreguil es 0,17 ha, y la extensión de la cuenca de drenaje es aproximadamente de 62 ha e incluye al Mulhacén (3479 m s.n.m.). La palabra "Borreguiles" se refiere a pequeñas turberas con constante humedad instaladas en cuencas de circos glaciares en Sierra Nevada (Andalucía, España). Estos humedales están formados sobre el lecho de roca metamórfica (Permotriásico y Paleozoico). La temperatura y precipitación media a 2500 m s.n.m. son 4,5 °C y 700 mm/año, respectivamente.

Sierra Nevada está situada entre un clima húmedo templado hacia el norte y subtropical y árido hacia el sur, además su localización próxima a las últimas plataformas costeras glaciares y su altitud hacen de esta zona uno de los centros más importantes de diversidad de plantas en la región del oeste del Mediterráneo (Carrión *et al.* 2002, Blanca 1996, Blanca *et al.* 2002). Uno de los principales mecanismos que controlan el clima en esta zona es la Oscilación del Atlántico Norte (NAO, del inglés). Durante fase positiva de la NAO se produce

un descenso en la precipitación en el área del Mediterráneo occidental, mientras que los periodos más húmedos se corresponden con fase negativa de la NAO.

El BdlC se sitúa en el piso crioromediterráneo (sobre los ~2800 m s.n.m.) que está caracterizado por una vegetación tipo tundra con Cyperaceae como la familia más representativa. Otras especies secundarias representativas son *Nardus stricta*, *Festuca iberica*, *Leontodon microcephalus*, *Luzula hispanica*, *Ranunculus demissus*, *Sagina saginoides* subsp. *nevadensis*, *Campanula hermynii*, *Saxifraga stellaris* subsp. *alpigena*, *Veronica turbiicola*, *Sedum anglicum* subsp. *melanantherum*, *Festuca rivularis* y diversas especies de briófitos. Los alrededores presentan un paisaje caracterizado principalmente por *Festuca clementei*, *Hormatophylla purpurea*, *Erigeron frigidus*, *Saxifraga nevadensis*, *Viola crassiuscula* y *Linaria glacialis*. *Pinus sylvestris*, *Pinus nigra*, *Juniperus hemisphaerica*, *Juniperus sabina*, *Juniperus communis* subsp. *nana*, *Genista versicolor*, *Cytisus oromediterraneus*, *Hormatophylla spinosa*, *Prunus prostrata*, *Deschampsia iberica* y *Astragalus sempervirens* subsp. *nevadensis* son las especies más representativas del cin-



Figura 1. A la izquierda manto vegetación (principalmente Cyperaceae) cubriendo el Borreguil de la Caldera (BdlC). A la derecha *Arenaria tetraquetra* subsp. *amabilis*, cariofilácea endémica de Sierra Nevada (Fotos: MJ. Ramos-Román)

Tabla 1. Datos de edad para el BdlC-01 (Sierra Nevada). Calibraciones usando la curva IntCal13 (Reimer *et al.* 2013) con CALIB 7.1 (Stuiver & Reimer 1993). Ramos-Román *et al.* (2016)

Ref. Lab.	Prof. (cm)	Método (AMS)	Años cal. BP (1 σ)	Años cal. BP (2 σ , rango)	Años cal. BP
Reference ages	0	Present	AD2013	-63	-63
DirectAMS-004385	13.7	^{14}C	388 $\pm$ 24	327-507	469
DirectAMS-004386	23.2	^{14}C	474 $\pm$ 26	500-537	517
DirectAMS-004387	36.8	^{14}C	1036 $\pm$ 31	915-1049	950
DirectAMS-004388	46.4	^{14}C	2563 $\pm$ 30	2505-2754	2725
DirectAMS-004389	56	^{14}C	4066 $\pm$ 29	4438-4798	4551

DirectAMS = Accium BioSciences, Seattle, Washington

turón de vegetación oromediterráneo (entre ~1900 y 2800 m s.n.m.). El cinturón supramediterráneo (entre 1400 a 1900 m s.n.m.) está caracterizado por *Quercus pyrenaica*, *Quercus faginea*, *Quercus rotundifolia*, *Acer opalus* subsp. *granatense*, *Fraxinus angustifolia*, *Sorbus torminalis*, *Adenocarpus decorticans*, *Helleborus foetidus*, *Daphne gnidium*, *Clematis flammula*, *Cistus laurifolius*, *Berberis hispanicus*, *Festuca scariosa* y *Artemisia glutinosa*. Finalmente, el cinturón de vegetación mesomediterráneo (~600 y 1400 m s.n.m.) está representado por *Quercus rotundifolia*, *Retama sphaerocarpa*, *Paeonia coriacea*, *Juniperus oxycedrus*, *Rubia peregrina*, *Asparagus acutifolius*, *D. gnidium*, *Ulex parviflorus*, *Gentiana umbellata*, *Cistus albidus* y *Cistus laurifolius*.

La secuencia polínica del BdlC-01 cubre el periodo del Holoceno tardío (Tabla 1) y permite reconstruir la historia de la vegetación desde hace aproximadamente 4500 años hasta la actualidad (Fig. 2). La evolución de la vegetación está caracterizada por un descenso del polen arbóreo y un incremento en xerófitos como la *Artemisia* hacia la actualidad, la cual refleja una tendencia climática hacia la aridificación durante los últimos 4500 años. Además, la secuencia se ha dividido en cuatro zonas polínicas (tres de ella a su vez divididas en dos; Fig. 2).

La zona 1 (4500 a 1740 años cal BP/2600-200 BC) está principalmente caracterizada por la abundancia de Poaceae y Cichorioideae con una media de ocurrencia del 37% y 22% respectivamente. También están presentes, aunque con una menor abundancia, otras hierbas como Amaranthaceae, Caryophyllaceae, Gentianaceae y Campanulaceae. El AP ronda valores medios del 11% en esta zona, aunque con algunos picos importantes

que alcanzan valores del 20% (Fig. 2). Este periodo se relaciona con condiciones positivas de la NAO, y estas condiciones de aridez coinciden con los resultados obtenidos en otros registros del Mediterráneo occidental (Ramos-Román *et al.* 2016). La transición entre la zona 1a/b ocurre a ~3000 años cal BP, principalmente diferenciadas por el descenso de Poaceae del 55 al 25% y el incremento en el bosque de pináceas pasando del 10 al 20%. Las ciperáceas también presentan un incremento significativo en este momento del ~8 al 15%. Las partículas de carbones no son muy representativas, pero presentan un incremento en la subzona 1b (Fig. 2). El cambio en la vegetación durante este momento señala el paso a un periodo relativamente más árido a otro más húmedo. Este periodo húmedo coincide con el bien conocido Periodo Húmedo Romano, el cual se sugiere que está relacionado con condiciones negativas de la Oscilación del Atlántico Norte. El aumento de carbones durante este periodo húmedo puede ser debido a que en zonas áridas o semiáridas (donde la precipitación no sobrepasa los 500-700 mm/año) un aumento en la carga de combustible (bosques) produce un incremento en la actividad de incendios.

La zona 2 (1740 a 500 años cal BP/200 BC-1450 AD) está caracterizada por el descenso de Poaceae a valores sobre el 15% y el descenso en *Pinus* hasta valores medios del 5%. Además, un aumento en *Artemisia*, otras Asteraceae, Cupressaceae y Caryophyllaceae (Fig. 2). La transición entre la zona 2a/b (760 años cal BP) está caracterizada por un incremento significativo de *Artemisia* y *Quercus* total, así como un aumento de Cyperaceae con valores medios del 30%. También ocurre la primera aparición en esta zona de NPPs como hongos coprófilos (Sordariales) y amebas testadas (Fig. 2). Esta

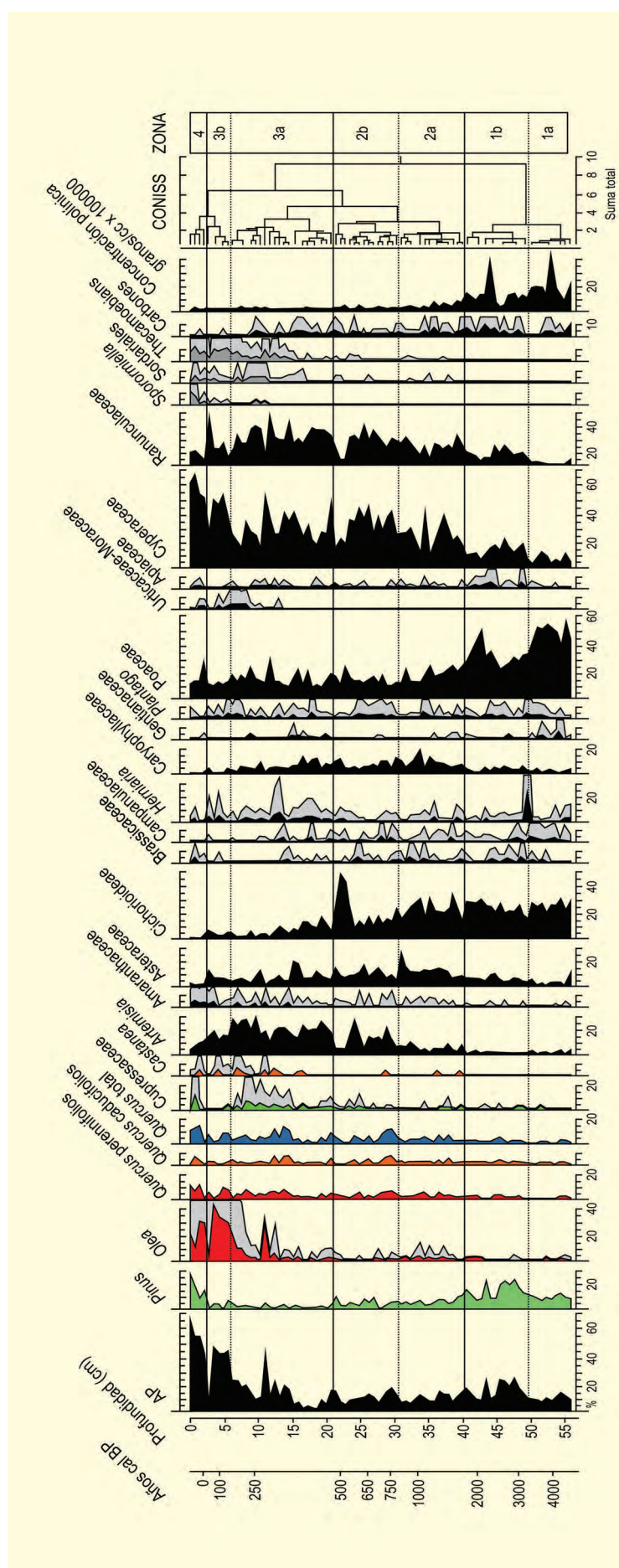


Figura 2. Diagrama polínico de la secuencia del BolC-01. Redibujado de Ramos-Román *et al.* (2016)

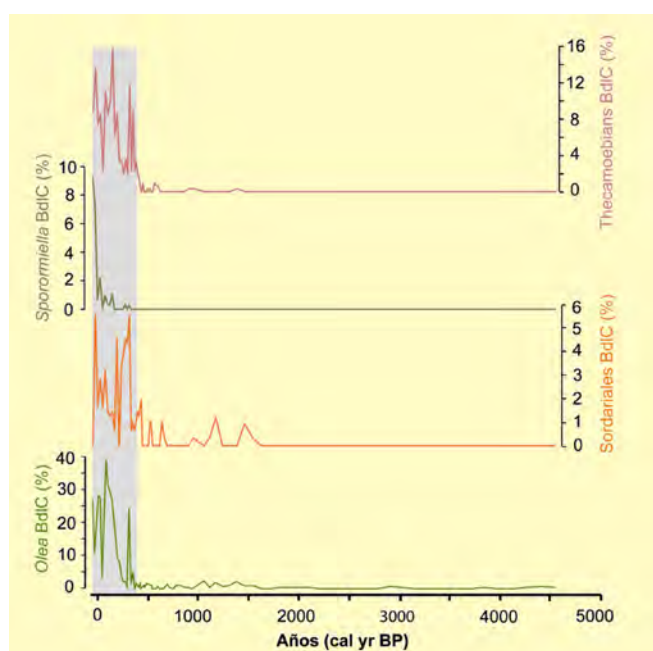


Figura 3. Comparación de *Olea*, amebas testadas y hongos coprófilos (*Sordariales* y *Sporormiella*) durante los últimos 4500 años. La barra vertical gris representa evidencias de impacto humano en los últimos 400 años. Redibujado de Ramos-Román *et al.* (2016)

zona se corresponde con la Edad Oscura (DA, del inglés) y la Anomalía Climática Medieval (MCA, del inglés), entre 500 a 900 AD y 900 a 1300 AD, respectivamente. Estos periodos se correlacionan con condiciones positivas de la Oscilación del Atlántico Norte.

En la *zona 3* (~500 a 50 años cal BP/1450-1900 AD) *Artemisia* llega a ser el taxón más abundante llegando a alcanzar valores máximos del 40%. El descenso en *Pinus* y Cichorioideae, el incremento en *Quercus perenne* y Cupressaceae también son características de esta zona. Así como la desaparición de *Betula*, y la primera ocurrencia de *Juglans*, *Cerealia*, *Vitis* (no representadas en el diagrama de pollen debido a sus bajos porcentajes) y Urticaceae-Moraceae (Fig. 2). La transición entre la *zona 3a/b* (160 años cal BP) se caracteriza por el incremento del AP principalmente debido al incremento de *Olea* que alcanza valores del 40%. Esta zona está marcada por un importante aumento de hongos coprófilos (*Sporormiella* y *Sordariales*) y amebas testadas (Fig. 2). La *zona 4* (1900 AD al presente) muestra una expansión en *Pinus*

y *Quercus perenne*, con respecto a la *zona 3*. El porcentaje de *Olea* sigue siendo considerable, se produce un descenso en la abundancia de hierbas como *Artemisia*. Las amebas testadas y los hongos coprófilos aumentan (Fig. 2). Este periodo, desde aproximadamente 1450 AD al presente, está definido por varias oscilaciones (subidas y bajadas de *Pinus*) a escala centenaria. Una de estas oscilaciones, coincidiendo con un periodo húmedo, ocurre durante la Pequeña Edad de Hielo (desde 1300 a 1850 AD). Las condiciones húmedas durante la Pequeña Edad de Hielo se correlacionan con una fase negativa de la NAO. Estos eventos húmedos se alternan con periodos más áridos determinados por el incremento de *Artemisia*. El paralelismo entre los eventos húmedos-áridos, la NAO y variación en la actividad solar podría indicar un acoplamiento entre variación en la vegetación y la actividad atmosférica y solar.

Las evidencias de impacto humano en el BdlC comienzan un poco antes de la Era Industrial (~1500 AD al presente; *zonas 3* y *zona 4*). Los indicadores más representativos que evidencian la influencia antrópica son los hongos coprófilos, las amebas testadas, *Pinus* y *Olea* (Figs. 2 y 3). Los hongos coprófilos aparecen hace ~1500 años, pero su presencia se hace más significativa durante los últimos 400 años (Fig. 3). Este aumento podría estar relacionado con la introducción de la ganadería y pastoreo en Sierra Nevada (Anderson *et al.* 2011, Jiménez-Moreno & Anderson 2012). Al mismo tiempo ocurre un incremento en las amebas testadas, que ha sido relacionado previamente con el enriquecimiento de nutrientes en los humedales probablemente debido al ganado que frecuenta estas zonas (Jiménez-Moreno *et al.* 2013). El incremento de *Pinus* y *Olea* durante las últimas centurias sugiere la replantación de pino a mitad del siglo XX (Anderson *et al.* 2011) y el incremento en la producción de aceite de oliva.

Más información

Ramos-Román *et al.* (2016)



BORREGUILES DE LA VIRGEN

Parque Nacional de Sierra Nevada, Granada
Holoceno (8200 años cal BP)

Los Borreguiles de la Virgen (37° 03' 15"N, 3° 22' 40" O; 2945 m s.n.m.) es una de las muchas pequeñas cuencas sedimentarias de origen glaciar situadas por encima de 2900 m en Sierra Nevada (Fig. 1; ver también Laguna de Río Seco y Laguna de la Mula). Los Borreguiles de la Virgen se sitúan en la cabecera del río Dílar. En Sierra Nevada, el término "borreguil" se utiliza para describir humedales con abundante vegetación de tipo pastizal, en donde se produce sedimentación de turba. Esta depresión se sitúa por encima de la cota de árboles y la vegetación que la rodea es típica del piso crioromediterráneo.

En esta laguna se ha obtenido un testigo de sedimento de unos 1,7 m de longitud que se caracteriza por unas arcillas arenosas de origen glaciar en la base y unas

arcillas más o menos orgánicas que pasan a arcillas muy orgánicas y turba hacia el techo con alguna pasada de arcillas arenosas (Jiménez-Moreno & Anderson 2012). Los sedimentos se dataron por medio del ^{14}C (Tabla 1). Las dataciones nos confirman que esta depresión se formó posteriormente a la deglaciación y durante el Holoceno inicial.

El registro de polen de este testigo (Jiménez-Moreno & Anderson 2012) indica un máximo de humedad en el Holoceno temprano entre 8200 y 7000 años cal BP caracterizado por el máximo en especies arbóreas (principalmente *Pinus*) y del alga *Pediastrum*. A partir de ese momento y hasta la actualidad se observa un incremento en la aridez que sucede en dos tramos. Primero una disminución de *Pinus* y un incremento en



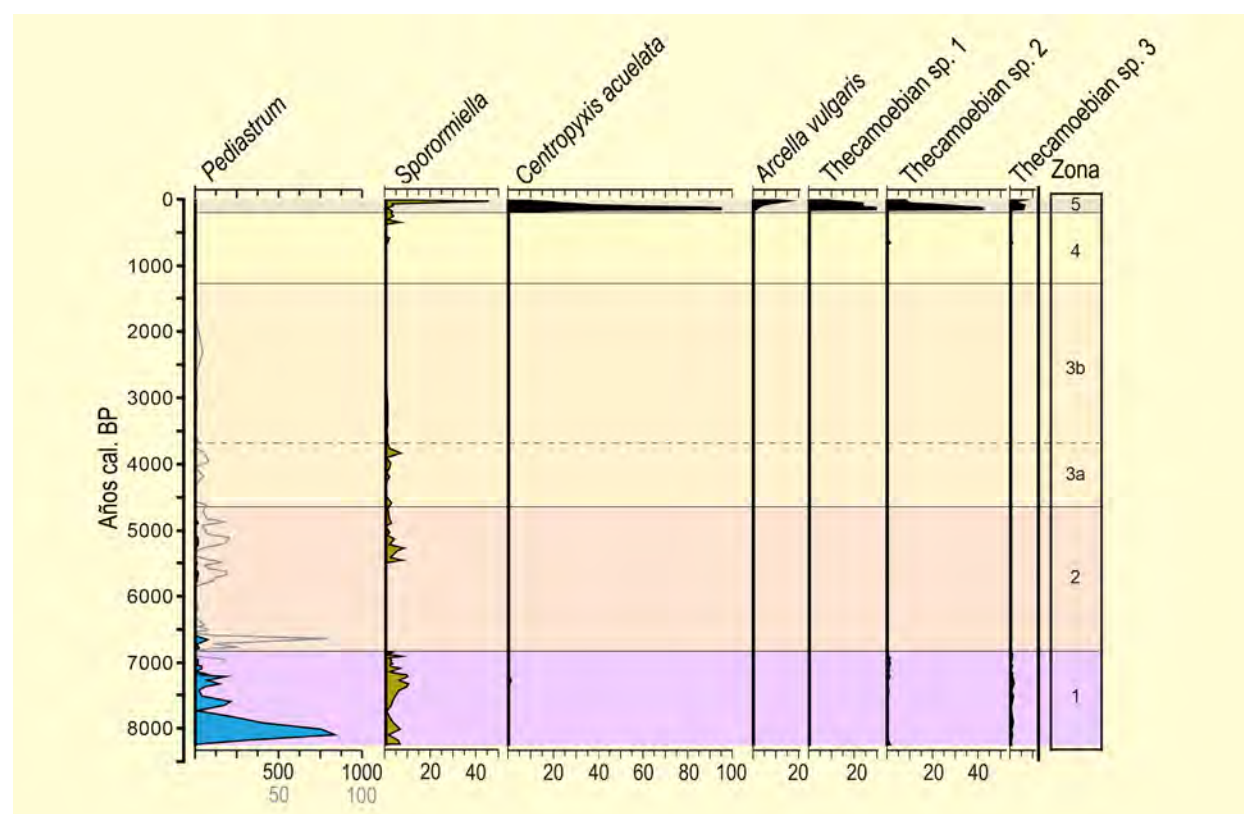
Figura 1. Borreguil de la Virgen, Parque Nacional de Sierra Nevada (Foto: Gonzalo Jiménez-Moreno)

Tabla 1. Datos de edad de Borreguiles de la Virgen (Sierra Nevada). Calibraciones por CALIB 5.0.2 (Stuiver & Reimer 1993) (Jiménez-Moreno & Anderson 2012)

Ref. Lab. *	Sondeo	Prof. (cm)	Método	Años BP ($\pm 1\sigma$)	Años cal. BP (rango 2σ)	Mediana
	Br. V-1	0	Actualidad	AD2007	-57	-57
UCIAMS-51248	Br. V-1	34.5	^{14}C	730 ± 15	665 - 686	675
UCIAMS-69120	Br. V-1	44.2	^{14}C	3220 ± 20	3387 - 3470	3428
UCIAMS-67124	Br. V-1	47.5	^{14}C	5435 ± 25	6201 - 6291	6240
UCIAMS-67125	Br. V-1	53.96	^{14}C	5000 ± 20	5657 - 5791	5722
UCIAMS-67126	Br. V-1	61.8	^{14}C	3960 ± 20	4303 - 4439	4430
UCIAMS-51249	Br. V-1	72.4	^{14}C	4395 ± 15	4872 - 4980	4941
UCIAMS-51250	Br. V-1	100	^{14}C	5410 ± 15	6195 - 6279	6241
Beta-22171	Br. V-1	144	^{14}C	6470 ± 40	7291 - 7440	7375
UCIAMS-51251	Br. V-1	159	^{14}C	7245 ± 20	8002 - 8074	8052

Nota: Todas las edades se calibraron por medio de CALIB 5.0.2 (Stuiver & Reimer, 1993).

*Número de muestra asignado en cada laboratorio; Beta# = Beta Analytic, Inc., UCIAMS# = University of California at Irvine W.M. Keck Carbon Cycle Accelerator Mass Spectrometry Laboratory. En rojo las fechas que se consideraron demasiado antiguas y que no fueron usadas en el modelo de edad

**Figura 2.** Diagrama de algas, esporas y especies de tecamebas del registro de Borreguiles de la Virgen. Redibujado de Jiménez-Moreno & Anderson (2012)

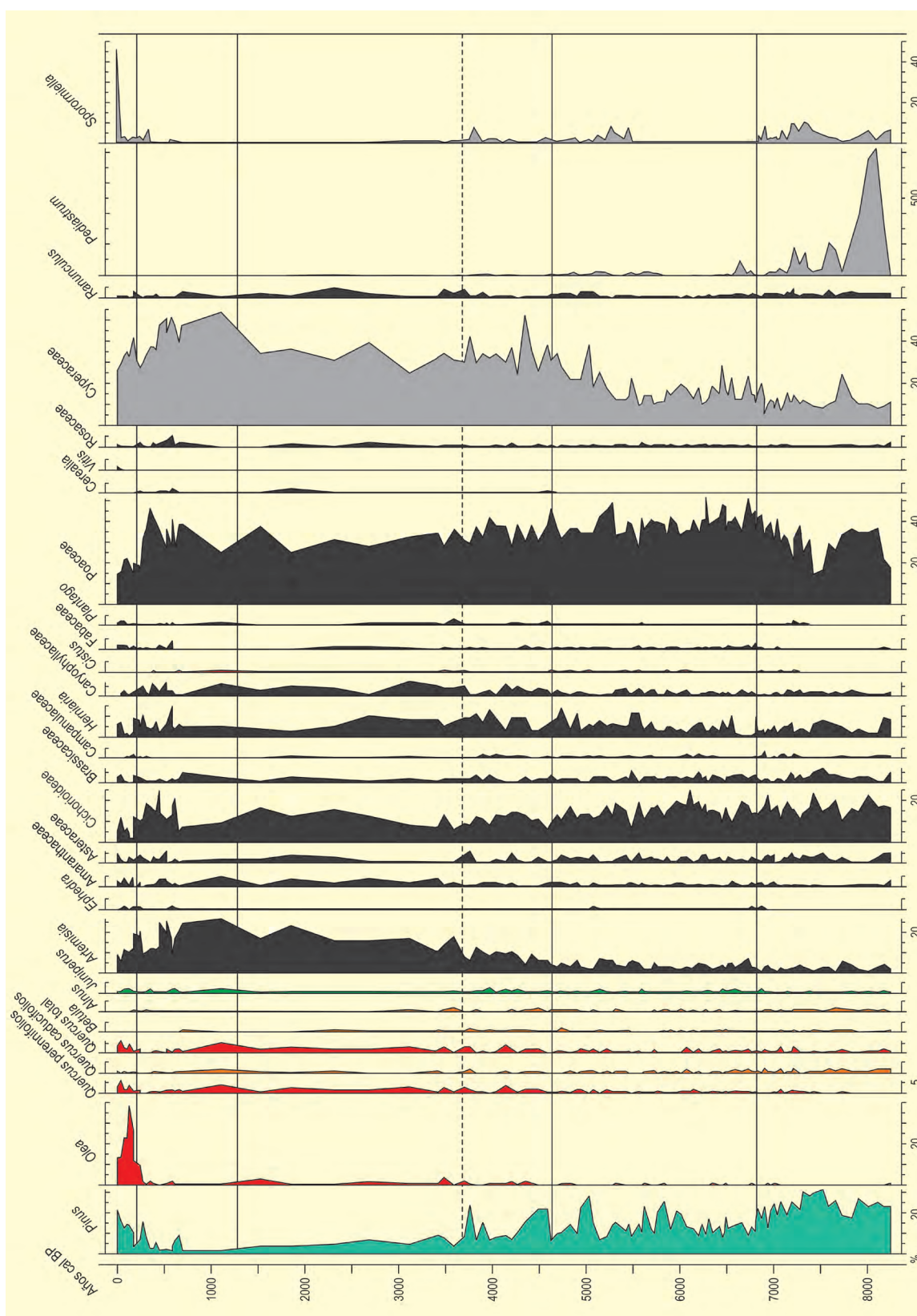


Figura 3. Diagrama polínico de Borreguiles de la Virgen. Las acuáticas fueron excluidas de la suma polínica total. Redibujado de Jiménez-Moreno & Anderson (2012)

Poaceae de 7000 a 4600 años cal BP y posteriormente un aumento en Cyperaceae, *Artemisia* y Amaranthaceae de 4600 a 1200 años cal BP. *Pediastrum* también se reduce considerablemente y desaparece en dicha cuenca cerca de 3000 años cal BP.

En este registro también ha podido ser observada variabilidad climática de escala de milenios que se traduce en eventos áridos y fríos a ~6500, 5200 y 4000 años cal BP, coincidentes con periodos fríos y

áridos observados en otras regiones del hemisferio norte.

A partir de 1200 años cal BP, se observa un incremento en la eutrofización del humedal, así como en *Olea* y *Pinus*. Esto se traduce en un aumento en la actividad del hombre en la zona a través de pastoreo, cultivo del olivo y reforestación a altitudes más bajas.

Más información

Jiménez-Moreno & Anderson (2012)



BOSC DELS ESTANYONS

Pirineos orientales, Valle del Madriu, Andorra
Holoceno (10040-185 años BP)

La secuencia polínica de Bosc dels Estanyons (42° 28' 50" N, 01° 37' 45" E) se localiza en el Valle del Madriu (Andorra), situado en la vertiente sur de los Pirineos Orientales. Este valle de origen glaciar y substrato granodiorítico presenta una orientación este-oeste y una marcada verticalidad, con altitudes entre 1050 y 2905 m. Su situación meridional comporta que el valle presente un clima con influencias mediterráneas y atlánticas. A una altitud de 1600 m, la precipitación media anual es de 1003,6 mm y la temperatura media anual de 7,7 °C, con veranos e inviernos relativamente suaves (Miras *et al.* 2007, Ejarque 2010).

La vegetación actual se caracteriza por la presencia de un piso montano entre 900 y 1700 m, formado por bosques caducifolios, con predominio de robles a cotas inferiores y avellanos en el límite superior del estadio. En el piso subalpino, entre los 1700 y los 2400 m, se desarrollan pinares (*Rhododendro-Pinetum uncinatae pinetosum*), mientras que el estadio alpino se caracteriza por el predominio de prados de *Caricetalia curvulae*.

La turbera está localizada a 2180 m de altitud, tiene un tamaño de 162x50 m y está rodeada por densos pinares subalpinos. De la cubeta se extrajo un registro sedimentario de 550 cm de potencia, formado por arcillas gris-azuladas en la base y limos muy orgánicos en la mitad inferior (Fig. 3). Sobre estos se depositan niveles de turba evolucionada que se torna fibrosa hacia la superficie (Miras *et al.* 2007).

El modelo cronológico se ha construido a partir de 8 dataciones radiocarbónicas, realizadas sobre turba y sedimentos orgánicos (Tabla 1). En esta secuencia se cuantificaron, además de los granos de polen y esporas, palinomorfos no-polínicos, estomas de pino y fragmentos de macrocarbones de diámetro superior a 0,2 mm. Este estudio paleoambiental ha permitido determinar el proceso de ocupación humana y transformación de un medio de alta montaña pirenaico. Para ello se han realizado estudios antracológicos, documentales, así como la prospección sistemática y excavación de numerosas estructuras arqueológicas.



Figura 1. Pla de L'Inгла (Andorra) en las proximidades al yacimiento (Foto: G. Mussot)

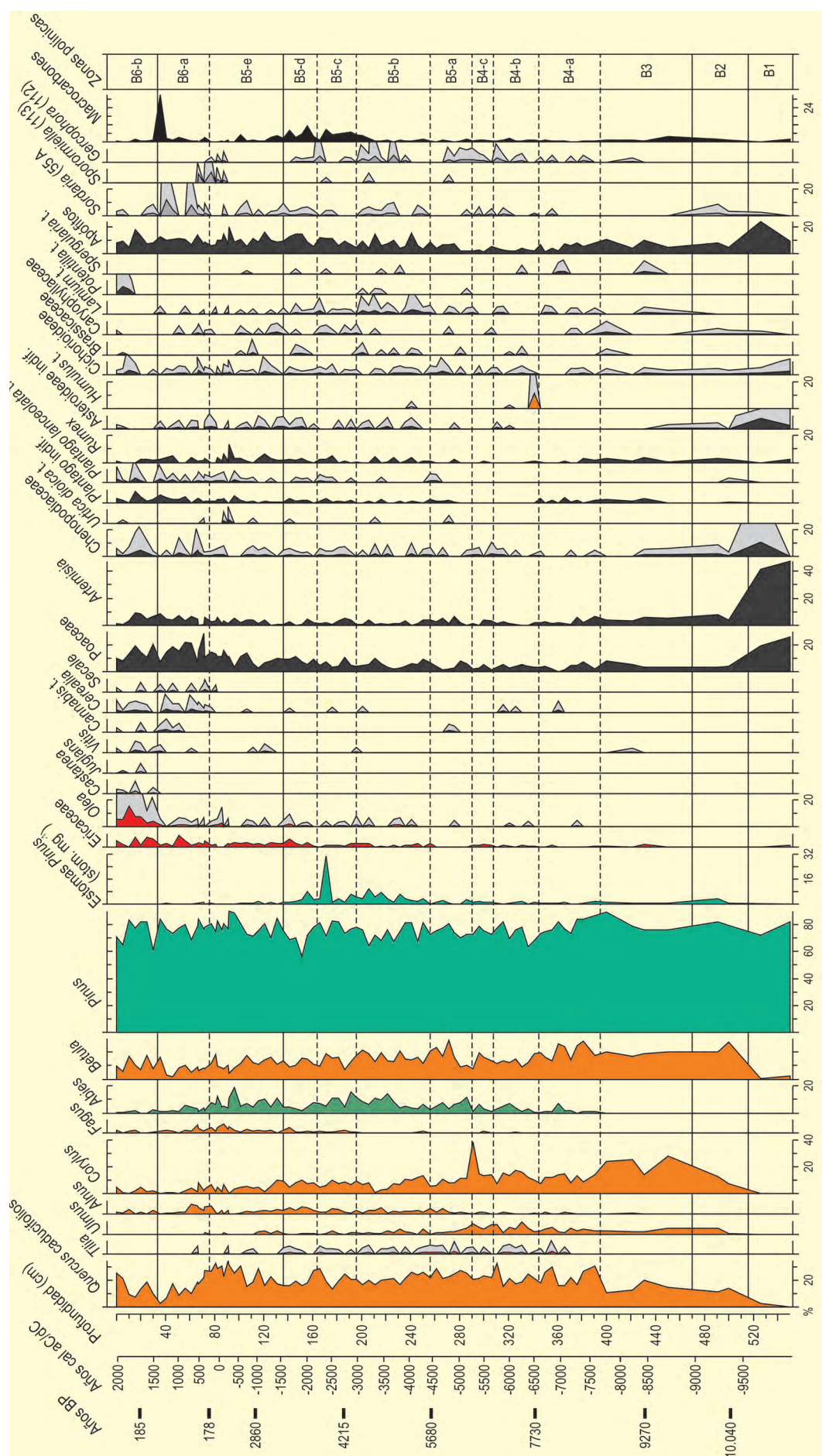


Figura 2. Selección de taxones polínicos y palinóforos no-polínicos de la secuencia de Bosc dels Estanyons (Andorra). Valores porcentuales. Exageración x5. Redibujado de Mirás et al. (2007)

Tabla 1. Dataciones ^{14}C obtenidas en la secuencia Bosc dels Estanyons. Ejarque (2010)

Laboratorio	Prof. (cm)	Años BP	Años cal. BP	Años cal. AD/BC
Poz-13611	19-20	185 $\pm$ 30	300-137	1650-1952 AD
Poz-16645	76	1785 $\pm$ 30	1816-1616	134-334 AD
Poz-13612	112	2860 $\pm$ 30	2913-2878	1124-929 BC
Poz-16646	187-189	4215 $\pm$ 35	4852-4627	2734-2678 BC
Poz-13613	257	5680 $\pm$ 40	6567-6395	4618-4446 BC
Poz-20153	342	7730 $\pm$ 50	8592-8419	6643-6470 BC
Poz-16647	431-433	9270 $\pm$ 50	10576-10277	8627-8328 BC
Poz-13614	515-520	10040 $\pm$ 50	11771-11312	9822-9363 BC

El diagrama polínico y de otros indicadores paleoambientales pone de manifiesto los cambios acaecidos desde finales del Tardiglacial (c. 10000 años cal BC) e inicios del Holoceno (c. 8000 años cal BC) hasta la actualidad, así como la historia de la presencia humana y los impactos ambientales y el proceso de formación de un espacio culturizado de alta montaña (Fig. 2).

La subzona polínica B1, correspondiente al Dryas reciente entre 10000 y 9250 cal BC, evidencia un paisaje abierto con presencia en el estadio subalpino de comunidades herbáceas estépicas, en las que predominan *Artemisia* y *Poaceae*. Sin embargo, la presencia de estomas de pino en la secuencia sugiere la existencia de núcleos dispersos de pinar a una altitud de c. 2200 m al final de este periodo.

Las subzonas B2 y B3, entre 9250 y 7750 años cal BC, ponen de manifiesto el aumento térmico durante la fase Preboreal, que tiene como resultado el ascenso altitudinal de *Betula*, *Quercus* caducifolio, *Corylus* y *Ulmus*, así como la formación de pinares densos en el estadio subalpino según demuestra la alta concentración de estomas de pino. Durante el período Boreal, la vegetación de este valle pirenaico está ya plenamente estructurada en pisos vegetales, con *Quercus* caducifolios y *Ulmus* localizados hacia los 800 m de altitud, *Corylus* ocupando la franja entre los 800 y 1800 m, y bosques de *Betula* y *Pinus* ocupando el piso subalpino hasta, como mínimo, los 2200 m de altitud.

Durante la transición al período Atlántico entre 7750 y 6420 años cal BC (subzona B4a) se producen cambios en los pisos vegetales, con una reducción del pinar (indicado por la reducción de sus estomas) y de *Corylus*, y

un ascenso altitudinal de los robles. La diversificación y progresión altitudinal del piso montano se pone de manifiesto también con las primeras apariciones de *Tilia*, *Abies* y *Fraxinus*.

En el valle del Madriu, la instalación de *Abies* tiene lugar a 5150 años cal BC (subzona B5a), con un máximo desarrollo de esta formación forestal a partir de 3600 años cal BC *Ulmus* inicia su declive a partir de 4550 años cal BC.

En la subzona B5b (entre 4360 y 3350 años cal BC), se constata una regeneración forestal, con una expansión de *Abies*, así como de *Pinus* en el estadio subalpino, según evidencia la mayor concentración de estomas de pino. Sin embargo, los pinares de altitud retroceden posteriormente, durante la subzona B5c (entre 3350 y 3100 años cal BC), momento en que se documentan también las primeras presencias regulares de *Fagus* en el valle a partir de 2850 años cal BC. Con posterioridad, durante la subzona B5e (entre 1450 y 1100 años cal BC), *Abies* y *Quercus* caducifolios vuelven a incrementarse, paralelamente a una reducción del avellano y del pinar subalpino.

Este proceso de aclareo del pinar subalpino, se acentúa a partir de 630 años cal BC. Sin embargo, la deforestación extensiva de prácticamente todos los pisos de vegetación del valle se produce en época romana. Se aprecia así, en la subzona B6a, una nueva reducción de estomas de pino, así como un descenso de la presencia de pólenes de *Corylus*, *Quercus* caducifolios, *Abies* y *Betula*. Finalmente, hacia el s. XVI (subzona B6b), se aprecia una regeneración de *Betula* y *Quercus* caducifolio a la vez que *Abies* queda reducido a núcleos muy reducidos.



Figura 3. Sondeo con sonda manual del tipo ruso de la turbera de Bosc dels Estanyons (Foto: Y. Miras)

Las primeras evidencias de una actividad humana en altitud se documentan durante el Neolítico antiguo, en la subzona B4b (entre 6420 y 5850 años cal BC). En esta fase se documenta una retracción forestal en el piso montano paralelamente a un incremento de los prados (Poaceae), de formaciones arbustivas como ericáceas y apófitos (*Spergularia*, *Rumex* y *Lamium*), destacando el incremento de *Humulus*, un taxón indicador de espacios abiertos. En este momento, se documenta también un incremento de esporas de hongos coprófilos (*Sordaria*) y de otros NPP indicadores de presencia de animales (*Cercophora*), así como la presencia puntual de polen de cereal.

La retracción forestal entre 5050 y 4350 años cal BC (subzona B5a) es concurrente con un incremento de Poaceae, de taxones polínicos indicadores antrópicos (*Rumex*, *Cannabis*, *Plantago lanceolata*, *Urtica dioica*...) y de hongos indicadores de la presencia de animales (*Sporormiella*). Se puede apuntar así, una nueva fase de impacto humano

en el estadio subalpino asociada al desarrollo de actividades pastorales y extensión de pastos en un segundo momento del Neolítico antiguo. Esta fase de impacto humano culmina entorno a 4800 años cal BC.

Los índices polínicos indicadores de actividades pastorales vuelven a incrementarse durante el Neolítico medio, entre 3350 y 3100 cal BC (*Urtica dioica* y *Plantago lanceolata*), acompañados de hongos coprófilos como *Sporormiella*. Cabe destacar en este momento también la presencia de Cerealia. Hacia los 3200 años cal BC, la cubierta forestal se ve afectada por un proceso de deforestación más extenso. Esta apertura pudo ser el resultado del uso del fuego por parte de comunidades humanas, según evidencia el aumento de macrocarbones. Este período de expansión del pastoreo en el valle se acentúa durante el Neolítico final y el Bronce antiguo, entre 2720 y 1700 años cal BC, evidenciado también por el incremento de NPPs relacionados con la presencia de ganado (*Sporormiella* y *Sordaria*).

Sin embargo, el proceso de una apertura forestal generalizada del valle se produce durante el período romano. Esta afectará ahora al conjunto de pisos vegetales a diferentes altitudes. En este sentido, las evidencias arqueológicas demuestran la presencia de actividades pastorales, documentadas además por el aumento de esporas de hongos coprófilos, pero sobre todo el desarrollo de un sistema de explotación forestal (Riera *et al.* 2009, Ejarque 2010), lo cual explicaría la ausencia de incendios como mecanismo de deforestación. En este momento, se desarrolla, además, un sistema agrícola complejo que incluye diversos cultivos (Cerealia, *Secale*, *Olea*, *Cannabis*).

A partir de los siglos XVI-XVII, se evidencia una explotación agrosilvopastoral completa y complementaria en el conjunto del valle, con una extensión de la arboricultura (*Olea*, *Castanea* y *Juglans*) a baja altitud, y la explotación forestal generalizada para producción de carbón y la extensión de pastos para el ganado en los sectores de mayor altitud.

Más información

Miras *et al.* (2007), Riera *et al.* (2009), Ejarque (2010)



BOTIJA

Montes de Toledo, Los Navalucillos, Toledo
Holoceno (3130 años cal BP – actualidad)

La turbera de Botija (39° 36' 05" N, 04° 41' 46" O; 755 m s.n.m.) se localiza en la cara nororiental de la Sierra de la Botija, en el extremo occidental de los Montes de Toledo en la provincia de Toledo, con una extensión aproximada de 0,07 ha junto a la margen derecha del río Pusa (Fig. 1). Regionalmente, se caracteriza por un clima típicamente mediterráneo, de veranos cálidos y secos, con influencia húmeda de los

vientos atlánticos del suroeste. La temperatura media anual es de 15-16 °C y la precipitación anual del orden de 700-800 mm. Las formaciones forestales dominantes en la comarca son los encinares (*Quercus ilex* subsp. *ballota*) mesomediterráneos, ricos en madroños (*Arbutus unedo*) y jaras (*Cistus ladanifer*). En el supramediterráneo se desarrollan robledales de *Quercus pyrenaica*, que tienden a ocupar las orientaciones al noreste. Las



Figura 1. Turbera de Botija, Toledo

Tabla 1. Dataciones radiocarbónicas de la turbera de Botija (Luelmo Lautenschlaeger et al. 2018b)

Ref. Lab.	Prof. (cm)	Años BP	Años cal. BP
CNA 703	20	560 ± 30	640-520
CNA 704	30	2050 ± 30	2115-1930
CNA 705	40	2965 ± 35	3230-3000

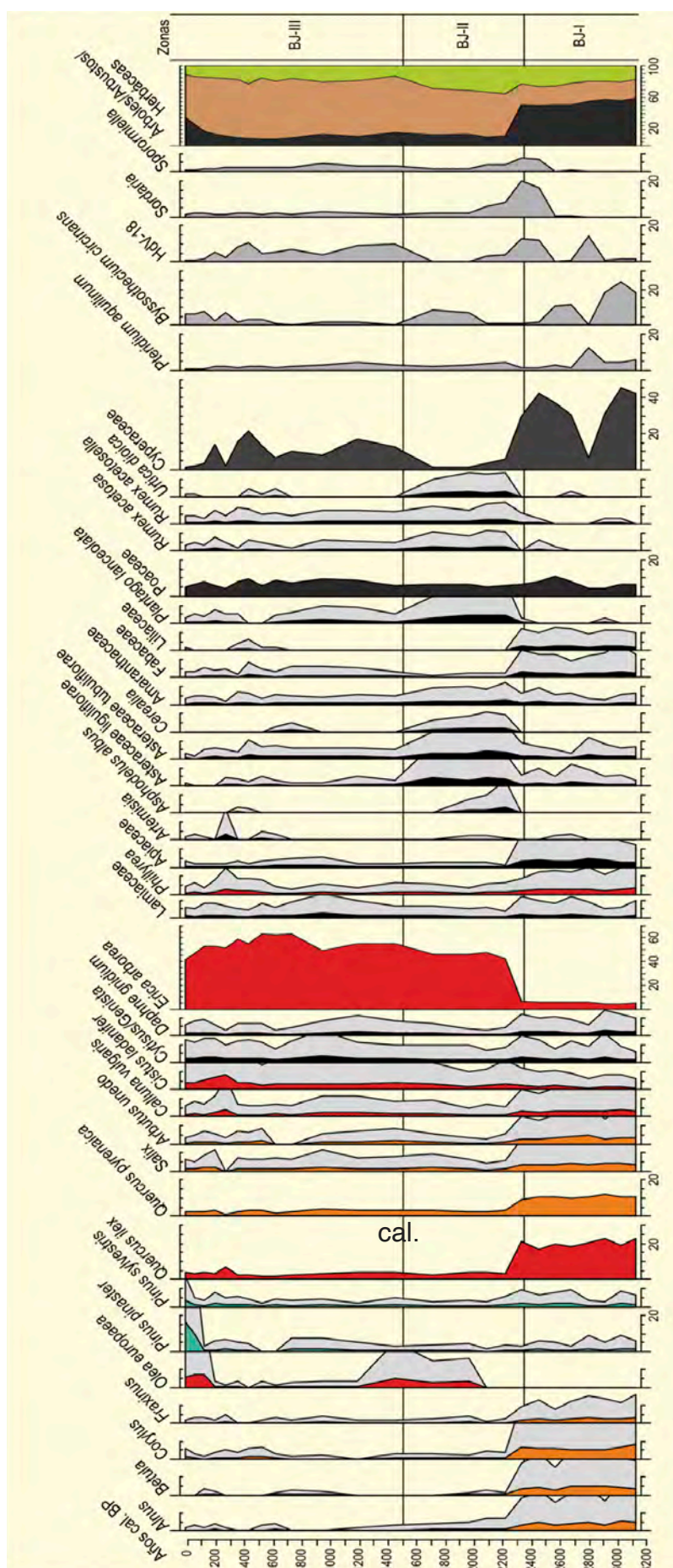


Figura 2. Diagrama palinológico de la turbera de Botija. Redibujado de Luelmo Lautenschlaeger *et al.* (2018b)



Figura 3. Olivares y cultivos en las rañas de Montes de Toledo

orlas riparias se constituyen de bosques dominados por *Salix atrocinerea*, *S. salviifolia*, *Frangula alnus*, *Fraxinus angustifolia* y *Betula pendula* subsp. *fontqueri*. La vegetación de la turbera está dominada por *Sphagnum palustre*, *Drosera rotundifolia*, *Calluna vulgaris*, *Pinguicula lusitanica*, *Erica tetralix*, *Genista anglica*, *Lobelia urens* y *Molinia caerulea* (López Sáez et al. 2014).

Entre 3130 y 2350 años cal BP (BJ-I) (Fig. 2, Tabla 1), la vegetación de la comarca estuvo poblada de encinares en el piso mesomediterráneo y de robledales en el supramediterráneo, a menudo enriquecidos en otros elementos forestales arbóreos y arbustivos como avellanos, madroños, breznas, jaras pringosas, genisteas, torvisco, brezos, labiérnagos y madre selvas, con una cobertura copiosa de helechares (*Pteridium aquilinum*). Los bosques riparios se constituirían de alisos, abedules, fresnos y sauces; mientras que extra-regionalmente se documenta la presencia de pino resinero y pinos altimontanos. Se trataría de un periodo fundamentalmente húmedo, como atestiguan los elevados porcentajes de Cyperaceae y HdV-18, y el progresivo descenso de *Byssothecium circinans*, particularmente a partir de 2800 años cal BP. En la parte superior de esta zona polínica, la presencia constante de hongos coprófilos (*Sordaria*, *Sporormiella*) sugeriría cierto tipo de presión pastoral, probablemente por parte de ganado doméstico.

El paleopaisaje cambia drásticamente entre 2350 y 1500 años cal BP (BJ-II), ya que se produce un deterioro significativo de la mayoría de elementos arbóreos y arbustivos, salvo los brezales que experimentan un desarrollo abrupto (Fig. 2). Estos hechos pueden ponerse en correlación con actividades de arboricultura, pues el cultivo del olivo (*Olea europaea*) incrementa a partir de 1960 años cal BP, lo que paralelamente supondría un mayor impacto humano sobre los bosques y la proliferación de herbazales antropogénicos y nitrófilos así como antropozoógenos (Asteraceae, *Asphodelus albus*, Amaranthaceae, *Plantago lanceolata*, *Rumex*, *Urtica dioica*, etc). La presencia de polen de cereal, en este marco cronológico, indicaría la existencia de actividades agrícolas cerca de la turbera, entre la Segunda Edad de Hierro y el periodo romano.

La parte final de la secuencia, entre 1500 años cal BP y la actualidad (BJ-III) (Fig. 2), denota el mantenimiento de un paisaje muy similar a la fase anterior, incluyendo el cultivo del olivo y puntualmente de cereales (Fig. 3), así como repoblaciones con *Pinus pinaster* en la segunda mitad del siglo XX.

Más información

Luelmo Lautenschlaeger et al. (2018b)



BRAÑA RUBIA

Coristanco, A Coruña
Holoceno (c. siglo IV BC-siglo XVIII AD)

La Braña Rubia o Lagoa de Alcaín (43° 07' 47" N, 08° 44' 33" O) ocupa unos 4000 m² en un paraje de sustrato ígneo de carácter básico (gabro), relieve suavemente ondulado y naturaleza pantanosa. Es un pastizal encharcado buena parte del año bajo el que se encuentra un depósito de materiales turbosos que alcanza una potencia de hasta 2,5 m y está separado de la roca madre por una capa de gravas y arcillas. Está rodeada de pequeños oteros y se encuentra a unos 390 m de altitud y a escasos 20 km de la costa, en la parte izquierda de la carretera AC-2904, que une las localidades de Seavia y Salgueiras (Parroquia de Seavia, Concello de Coristanco).

Es destacable el aprovechamiento forestal que desde hace décadas se hace de buena parte del territorio, destacando *Pinus pinaster* y *Eucalyptus globulus* como las especies más utilizadas para este fin y *Ulex europaeus*, *Pteridium aquilinum* y *Erica* como elementos dominantes del matorral.

El estudio del contenido polínico, realizado por Törnqvist *et al.* (1989), de los sedimentos de Braña Rubia revela, a través de la relación AP/NAP, cómo, sin descartar influencia climática, la intensa actividad humana que desde antiguo se desarrolla en la zona ha provocado una alternancia entre momentos con vegetación abierta y etapas de recuperación del bosque, proceso que ha terminado por hacer que los bosques autóctonos hayan quedado hoy en día relegados a tierras marginales y terrenos de pendiente no aprovechables para el cultivo (agrícola o forestal). Se diferencian en el diagrama cuatro zonas polínicas (Fig. 1) que se ponen en relación con fechas que no corresponden a dataciones de materiales de Braña Rubia, sino que se han estimado por correlación de eventos polínicos entre el diagrama de Braña Rubia y los de otros lugares de Galicia, o por su asimilación a acontecimientos históricos conocidos (Tabla 1).

La zona 1 es la más profunda (entre 130 y 92,5 cm) y cubre un espacio temporal que según las estimaciones se extiende desde los 2500 hasta los 1600 años BP. Muestra una fase de declive del bosque original de *Quercus* y *Corylus* en favor de una vegetación abierta sobre la que la influencia humana es creciente, como sugiere la primera aparición de *Cerealia* (zona-1b).

La zona 2 incluye dos muestras situadas entre 92,5 y 77,5 cm de profundidad cuyo análisis muestra un período, entre los 1600 y los 1200 años BP, en el que se da una recuperación de los robledales como consecuencia de un descenso de la influencia humana.

La zona 3 corresponde al mayor volumen de sedimentos (entre 77,5 y 11,25 cm de profundidad); muestra como a partir de los 1200 años BP, y como consecuencia de un mayor impacto de la actividad humana, se pro-

Tabla 1. Adscripciones cronológicas en Braña Rubia. 1) De la fecha dada para el inicio de las repoblaciones en Galicia por Torras *et al.* (1981). 2) Dato que se da al asimilar que la recuperación de estrato arbóreo en la zona 3c se debe a una menor influencia humana que es consecuencia de la crisis agraria citada por Villarez Paz (1980). 3) Dato que se aporta al suponer que el inicio de un aumento en la actividad humana y su impacto en la zona está inducido por un nuevo modelo de organización agrícola acompañado de un incremento en la población que llega hasta Galicia como influencia y a consecuencia de la ocupación musulmana de la península. 4) De la fecha dada para el inicio de la curva de *Castanea* en otros lugares de Galicia por Van Mourik (1986). 5) Dato histórico que se aporta una vez propuesta la fecha de 1600 años BP. 6) Calculada a partir de la fecha 1600 años BP suponiendo una tasa de deposición constante. 7) Corrección de la fecha 2250 años BP hecha por estimación al considerar que las altas concentraciones polínicas de los niveles inferiores corresponden a depósitos no constantes y/o compresión de los sedimentos

Prof. (cm)	Años BP	Años AD
17,5	200 ¹	1750
42,5	600 ²	1350
77,5	1200 ³	750
92,5	1600 ⁴ 1550 ⁵	350 400
1300	2250 ⁶ 2500 ⁷	- 250 - 500

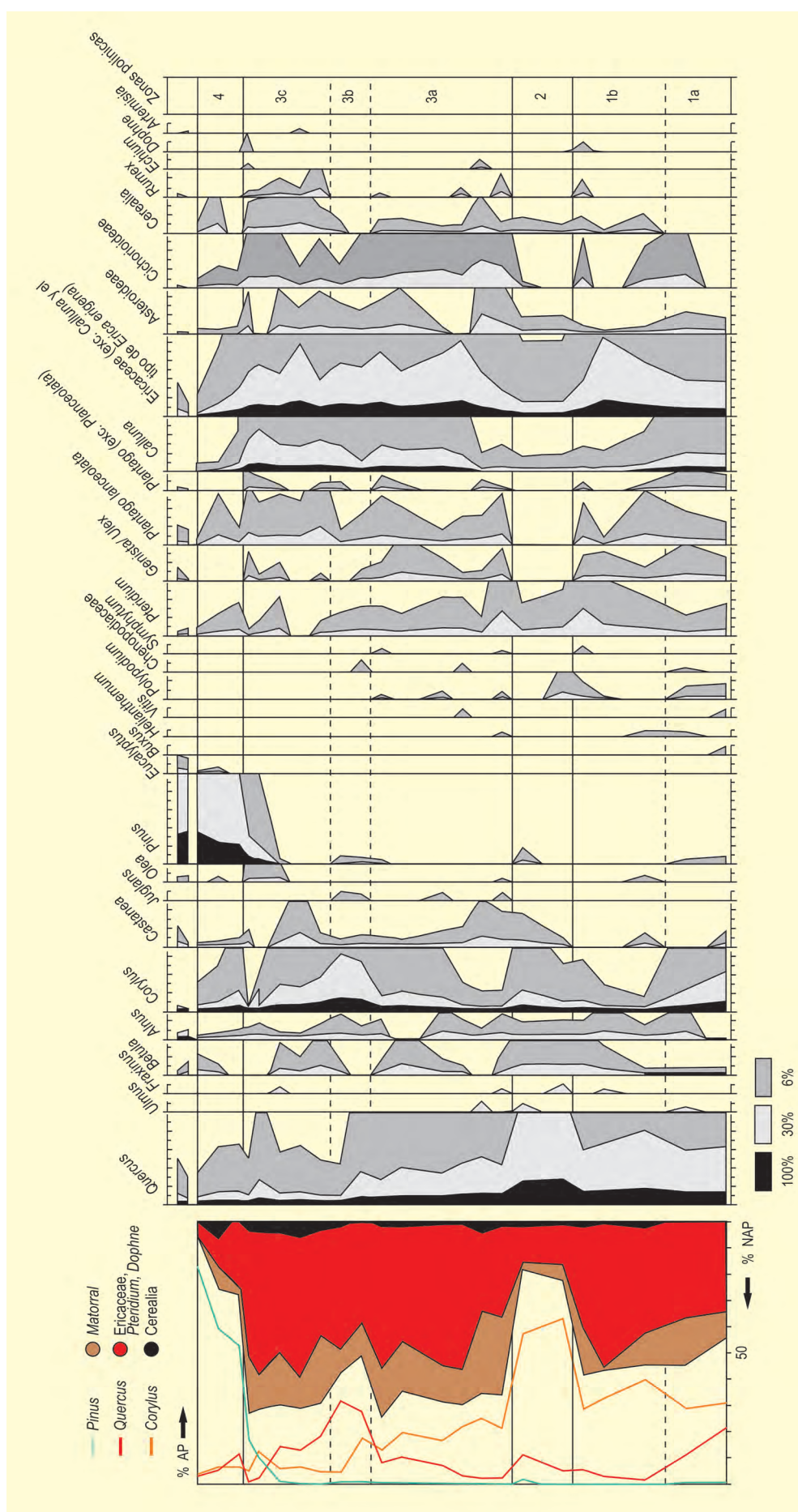


Figura 1. Diagrama polínico de Braña Rubia. Redibujado de Törnqvist et al. (1989)

duce un notable descenso de la cubierta arbórea (especialmente *Quercus*) en favor del matorral, los pastos y los campos de cultivo. En mitad de este período, en torno a los 600 años BP, se aprecia una breve y ligera recuperación de la cubierta arbórea (especialmente *Corylus*) que caracteriza la subzona 3b y se asocia a la crisis agraria del siglo XIV. Finalmente, durante la zona

4 se muestra el comienzo hacia 1750 de las plantaciones de *Pinus pinaster* y *Eucalyptus globulus*, etapa en la que la influencia antrópica se manifiesta en un aumento de la cubierta forestal.

Más información

Van Mourik (1986), Törnqvist *et al.* (1989)



BRAÑAS DE LAMELA

Villafranca del Bierzo, León
Holoceno (3313 años cal BP)

La turbera de Brañas de Lamela ($42^{\circ} 46' 05''$ N, $06^{\circ} 51' 00''$ O; 1280 m s.n.m.) se encuentra en el margen derecho del río Valongo, 2 km al norte de la localidad leonesa de Tejeira (Figs. 1 y 2). La turbera está formada en un área en la que el drenaje queda impedido por la existencia de un cordón morrénico que dejó el antiguo aparato glaciar que circulaba por el valle. Se ubica sobre pizarras negras de Luarca del Ordovícico medio. Alrededor de la turbera, la vegetación dominante es un brezal de *Erica australis* y *Erica arborea*, con leguminosas como *Cytisus scoparius*, *Cytisus multiflorus* y *Pterospartum tridentatum*. El yacimiento se ubica en el piso montano y aunque el paisaje que rodea la turbera se encuentra prácticamente deforestado, en la ladera orientada sobre Tejeira se conservan restos de melojar (*Quercus pyrenaica*), con caducifolios dispersos (*Betula alba*, *Sorbus aucuparia*, *Ilex aquifolium*, *Frangula alnus* y *Corylus avellana*). También en las cercanías, en zonas de umbrías de difícil acceso, se mantienen bosquetes de *Quercus petraea*, con *Salix caprea*, *Frangula alnus*, *Acer pseudoplatanus*, *Betula alba* y *Prunus padus* en las vaquadas.



Figura 1. Valle de Tejeira, León (Foto: S. Ramos Martínez)

El registro palinológico (Muñoz-Sobrino *et al.* 1997) comprende algo más de un metro y medio de niveles turbosos, que en la parte final van enriqueciéndose en arcillas y gravas, con fases de erosión. Los últimos 25 cm se corresponden con arcillas y alteritas. En la columna de sedimentos se ha realizado una única datación sobre material turboso, obteniéndose un valor cercano a los 3090 años BP.

La parte basal de la secuencia polínica de Brañas de Lamela (Fig. 3) registra el final del Tardiglacial, aunque presenta hiatos a lo largo del Holoceno. En las zonas basales (LPAZ1-LPAZ2), los porcentajes de polen arbóreo son superiores al 50 %, con predominio de polen de caducifolios (sobre todo *Betula* y *Quercus*) y una presencia muy baja de polen de *Pinus*.

Tras la discontinuidad, el sondeo registra la parte final del Holoceno medio. Tras un periodo de polen arbóreo estable alrededor del 80 %, en el que *Betula* y *Quercus* dominan, se registra un descenso mantenido del polen arbóreo y un aumento de Ericaceae y Poaceae. Primero, el descenso en *Betula* se ve compensado



Figura 2. Panorámica de Tejeira (Foto: S. Ramos Martínez)

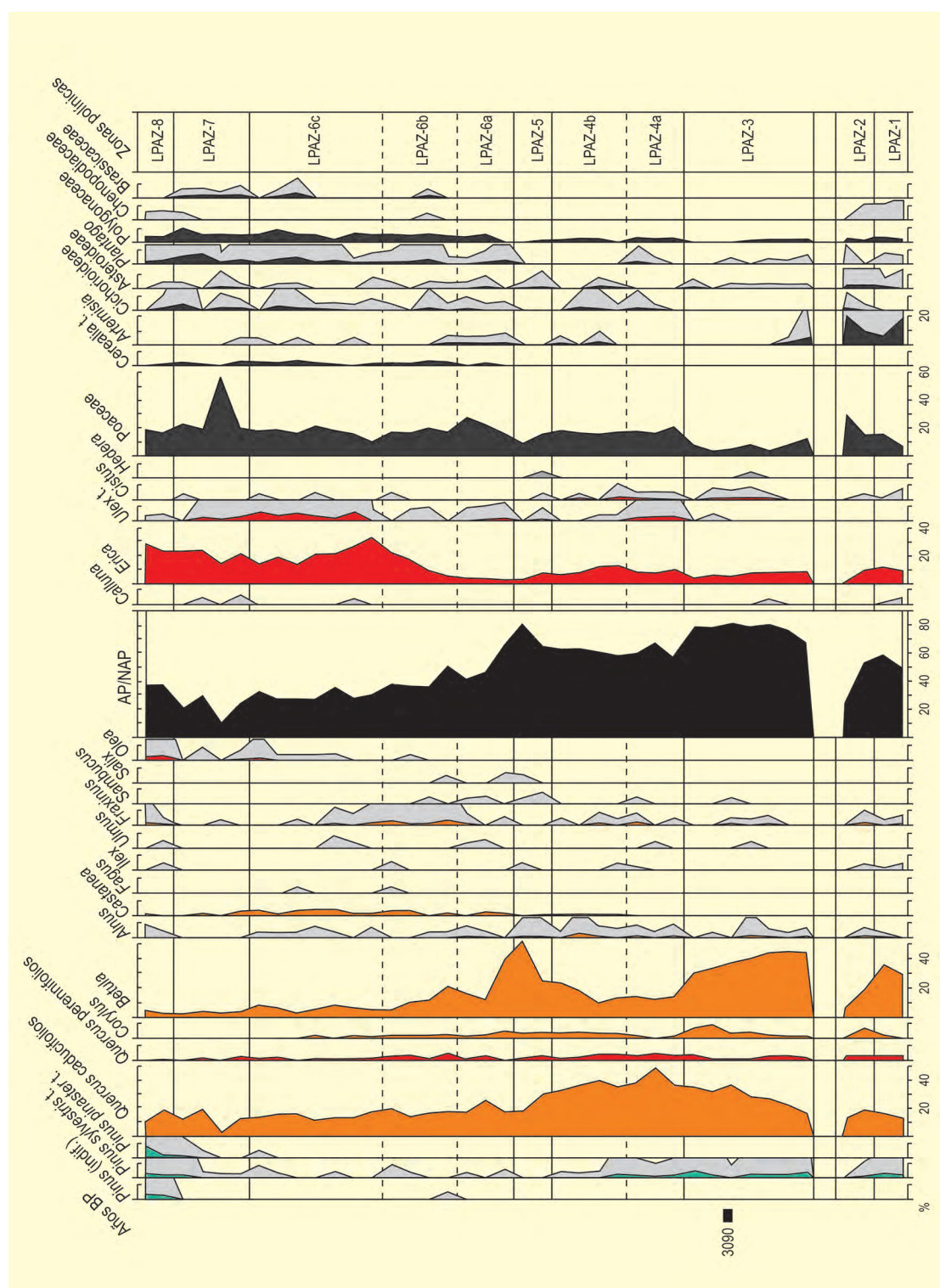


Figura 3. Diagrama polínico de Brañas de Lamela. Redibujado de Muñoz-Sobrino et al. (2007)

con un ligero ascenso en *Quercus* (que alcanza su máximo en LPAZ5, al principio del Holoceno final), pero ambos taxones decrecen hasta el final de la secuencia. La sincronía con el aumento de taxones indicadores de actividad antrópica (*Cerealia*, *Plantago* y *Asteroidae*) hace notable un proceso de deforestación continuada

con episodios de regeneración limitada, sobre todo de *Betula*, que sufre alguna oscilación en la parte final. Con los restos leñosos de *Betula*, hallados en la mitad superior de la secuencia, se constata además una presencia local del abedul en el entorno de la turbera a lo largo del Holoceno final.

Tabla 1. Datación de radiocarbono de Brañas de Lamela

Ref. Lab.	Prof.	Años BP	Años cal. BP (2σ)	Material
CSIC-1115	160-165 cm	3090 ± 35 BP	3313	Turba

Este diagrama, en comparación con otros yacimientos de las montañas de Ancares, recoge una mayor abundancia de taxones xerófilos (ej. *Quercus perennifolia*, *Olea* y *Artemisia*) en los periodos más fríos. Esto es probablemente debido al matiz climático de mediterraneidad que existe en las laderas orientadas al sur, hacia

la depresión del Bierzo, que se sitúan en zona de sombra de lluvias, al estar resguardada de los vientos húmedos atlánticos.

Más información

Muñoz-Sobrino *et al.* (1997), Muñoz-Sobrino (2001)

CABEZO DE LA CRUZ

Campo de Cariñena, La Muela, Zaragoza
Holoceno (2870-2570 años cal BP)



El Cabezo de la Cruz se localiza en el término de La Muela (Zaragoza), a $41^{\circ} 29' 36''$ N, $01^{\circ} 04' 10''$ O y a 428 m de altitud. El yacimiento ocupa la cima y una de las laderas de un cerro en la margen izquierda del río Huerva, tributario del Ebro (Fig. 1). Las condiciones bioclimáticas actuales de la zona son de tipo mesomediterráneo y las precipitaciones no superan los 350 mm de media anual. En general, todo el valle del Ebro tiene un clima contrastado con veranos calurosos e inviernos fríos, donde son frecuentes los días con heladas. El paisaje actual del entorno del yacimiento está profundamente modelado por las actividades agrícolas, sobre todo por cultivos de cereal. La vegetación natural es escasa, de carácter estépico, y se compone básicamente de eriales ralos donde crecen matorrales bajos de tomillo, artemisa y albardín, con pino carrasco y enebros dispersos. Hacia el este del yacimiento, el curso constante aunque de reducido caudal del río Huerva favorece los cultivos de regadío y una vegetación natural de ribera con tarajes, chopos, sauces y otras especies hidrófilas.

Las intervenciones llevadas a cabo en el Cabezo de la Cruz, bajo la dirección de J. Picazo y J.M^a Rodanés entre 2002 y 2004, han puesto de manifiesto las grandes dimensiones del yacimiento (con una superficie de 13.000 m²) y su complejidad estratigráfica, que incluye un campamento epipaleolítico, un poblado del Bronce final y tres poblados superpuestos de la Primera Edad del Hierro, y que está avalada por una extensa serie de dataciones radiocarbónicas (Picazo & Rodanés 2009) (Tabla 1).

El análisis antracológico (Fig. 4) se ha realizado a partir de los restos de combustible (Badal, en Picazo & Rodanés 2009) y de la abundante madera de construcción carbonizada (Carrión-Marco, en Picazo & Rodanés 2009) que evidencia una explotación de las formaciones vegetales locales en todas las fases del yacimiento.

Durante el Epipaleolítico, los restos más abundantes pertenecen a *Pinus halepensis*, en proporciones en torno



Figura 1. Vista aérea del entorno actual del Cabezo de la Cruz y del área excavada (Foto: GIGA - Universidad de Zaragoza)

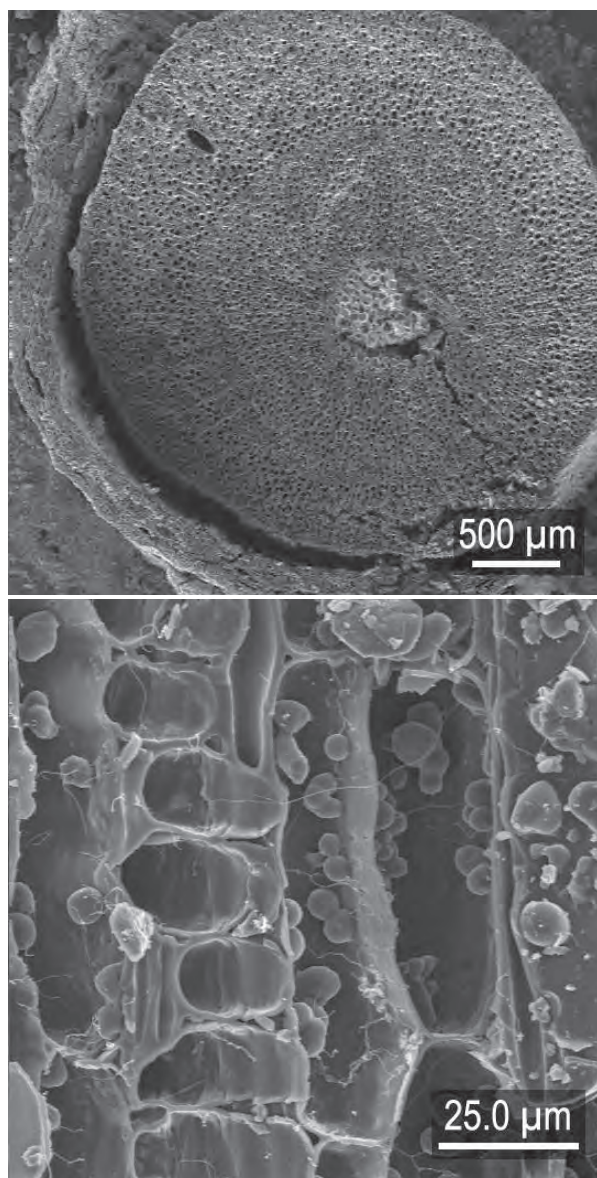


Figura 2. Imágenes al M.E.B. del corte transversal de una ramita carbonizada de *Salix-Populus* con corteza (superior) y del corte tangencial de un carbón de *Salix-Populus* atacado por hongos (inferior) (Foto: Yolanda Carrión-Marco)

a un 80 %. El resto de taxones identificados en esta fase (*Juniperus*, Monocotiledóneas y *Prunus*) presentan unos porcentajes muy bajos. En los restos de combustible de un hogar asociado a la cabaña epipaleolítica (no incluido en el diagrama) se han identificado otros taxones, que son un reflejo de la diversidad floral que debió existir en el territorio, al tiempo que matizan la sobre-representación del pino carrasco en estos contextos. Además de los citados antes, están presentes los *Quercus*, tanto caducifolios como perennifolios, Lamiaceae y *Rhamnus-Phillyrea*.

En la Edad del Bronce, los pinos siguen siendo dominantes en el carbón, aunque reducen su porcentaje con respecto a la fase anterior. El pino se acompaña de un variado estrato arbustivo esclerófilo, en el que se han identificado, entre otros, el lentisco, la coscoja, el labiérnago, el madroño, el belcho, diversas leguminosas y varias especies de labiadas, entre ellas el romero. También se documenta cierta diversidad de taxones de ribera, que están representados fundamentalmente por *Salix*, *Populus*, *Fraxinus* y *Tamarix*, estos últimos evidenciando el componente salino de la vega del Huerva o de sus ramblas tributarias.

Durante las tres fases de la Edad del Hierro se da cierta estabilidad en las frecuencias antracológicas (a excepción de la Fase III, posiblemente porque hay un número insuficiente de carbones). Las frecuencias de *Pinus* se reducen ligeramente a favor de los taxones de sotobosque y de *Quercus*, que cobra mayor relevancia. La frecuencia de los taxones de ribera no sufre grandes cambios con respecto a la fase del Bronce. Esa estabilidad en las tres fases puede indicar unas condiciones constantes en el entorno del poblado y una gestión del territorio en la que el espacio ocupado por campos, pastos y bosques se mantendría estable.

La presencia de otras especies de pino, esto es, *P. nigra-sylvestris* en la Edad del Bronce y *P. pinea-pinaster* en la Edad del Hierro, denota el carácter de transición entre diversos pisos bioclimáticos del enclave donde se encuentra el yacimiento; el primero podría localizarse en los relieves circundantes al valle del Ebro, ya en piso supramediterráneo, mientras que el segundo tiene un fuerte componente edáfico que lo situaría en zonas de suelos arenosos. Todos ellos confinan el área de captación de madera de los habitantes del Cabezo de la Cruz.

La flora local del Cabezo de la Cruz fue también explotada para la elaboración de soportes constructivos desde el Epipaleolítico, utilizándose básicamente el pino carrasco para los elementos de mayor tamaño y ramitas jóvenes de sauce o chopo y de taray para los entramados de los techos.

Una muestra polínica obtenida de la base de la secuencia de la Edad del Hierro y tres de la segunda fase

Tabla 1. Dataciones radiocarbónicas del Cabezo de la Cruz (a partir de Picazo & Rodanés 2009)

Ref. Lab.	Material	Años BP	Años cal. BP	Años cal. BC	Arqueología	Fase
GrN-29149	Tronco carbonizado	2515 ± 20	2620	650-545	Tercer poblado del Hierro, peribérico	IV
GrN-29148	Conjunto de carbones	2470 ± 30	2570	672-484	Segundo poblado del Hierro	III
GrN-29147	Vid carbonizada	2470 ± 30	2570	672-484	Segundo poblado del Hierro	III
GrN-29146	Mijo carbonizado	2510 ± 30	2610	788-538	Segundo poblado del Hierro	III
GrN-29145	Cebada carbonizada	2540 ± 20	2670	794-748	Segundo poblado del Hierro	III
GrN-29863	Conjunto de carbones	2520 ± 25	2630	652-543	Final primer poblado del Hierro	II
GrN-29144	Estiércol	2500 ± 60	2580	791-483	Final primer poblado del Hierro	II
GrN-29143	Estiércol	2530 ± 40	2620	798-537	Final primer poblado del Hierro	II
GrN-29142	Cebada carbonizada	2590 ± 20	2740	805-769	Final primer poblado del Hierro	II
GrN-29140	Poste	2610 ± 20	2750	812-778	Construcc. primer poblado del Hierro	II
GrN-29138	Carbón de poste	2610 ± 20	2750	812-778	Construcc. primer poblado del Hierro	II
GrN-29141	Poste	2620 ± 20	2750	818-785	Construcc. primer poblado del Hierro	II
GrN-29139	Madera de poste	2680 ± 20	2780	850-802	Construcc. primer poblado del Hierro	II
GrN-29136	Carbón de rama	2690 ± 20	2790	895-807	Bronce final	I
GrN-29137	Carbón de poste	2770 ± 20	2870	976-842	Bronce final	I

**Figura 3.** Reconstrucción virtual del entorno de los poblados de la I Edad del Hierro del Cabezo de la Cruz, con la vegetación de ribera en primer plano (Foto: GIGA - Universidad de Zaragoza)

constructiva del poblado son significativas en esta discusión, ya que identifican estas mismas especies de pino, *Pinus sylvestris* t. y *P. pinaster* t. durante las fases del Bronce y del Hierro (Iriarte, en Picazo & Rodanés 2009). En estas cronologías, se identifica a través del polen un paisaje abierto, con predominio de la vegetación herbácea y arbustiva, entre la que destacan las quenopodiáceas y gramíneas.

En síntesis, la implicación ecológica de la abundante presencia del pino carrasco desde el Epipaleolítico, mucho antes del establecimiento de los sistemas agrarios y la tecnología para modelar el paisaje a gran escala, corrobora la hipótesis de que esta especie formaría parte importante de la vegetación de las áreas xerotérmicas del valle del Ebro antes de su propagación masiva a causa de las actividades humanas.



Rodanés & Picazo (2006), Picazo & Rodanés (2009), Badal *et al.* (2010)



CABO DE GATA

Almería, SE Península Ibérica
Holoceno (6500 años cal BP – actualidad)

El depósito de marisma Cabo de Gata ($36^{\circ} 49' 01''$ N, $02^{\circ} 25' 27''$ O; 1 m s.n.m.) se encuentra ubicado en la bahía de Almería, en una de las localidades más áridas del Mediterráneo occidental. El sondeo alcanzó 550 cm de profundidad.

Esta región se sitúa en el piso termomediterráneo de condiciones semiáridas. La media anual de precipitaciones está establecida entre 183 mm para la estación meteorológica del faro del Cabo de Gata (con un mínimo de 37 mm/año) y 271 mm en el faro de la Mesa de Roldán (con máximo de 674 mm/año). Las temperaturas son estables a lo largo de todo el año, con medias anuales entre 18 y 20 °C y oscilaciones entre los meses más fríos y los más cálidos inferiores a 15 °C. Los veranos son cálidos, con medias de 26 °C y los inviernos suaves (media de 12 °C), en los que raramente se producen heladas.

Las condiciones climáticas de sequedad de Cabo de Gata son semejantes a las que existen en extensos territorios del África del Norte o de Oriente Medio. A pesar de ello y de su aparente aspecto desértico encierra formas de vida animal y vegetal muy peculiares, que han logrado adaptarse a extremas condiciones de aridez, caracterizada por su elevada insolación (media de 2960 horas). El reparto anual de precipitaciones queda restringido a una quincena de días, que están ligados a los periodos favorables de otoño-invierno, llegando en ocasiones a recogerse en un solo día más del 40 % de la media anual.

La vegetación en las zonas de influencia marina se caracteriza por *Crithmum maritimum*, *Cakile marítima*, *Otanthus maritimus*, *Elymus farctus*, *Ammophila arenaria*, *Sarcocornia fruticosa*, *Limonium delicatum* y *Ononis natrix* subsp. *ramosissima*, siendo *Tamarix boveana*,



Figura 1. Vista panorámica de una parte de la bahía de Almería con cabo de Gata al fondo (Foto <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5391106>)

Tabla 1. Dataciones radiocarbónicas de la secuencia de Cabo de Gata (Almería). Calibraciones según CalPal on-line (<http://www.calpal-online.de/>)

Prof. (cm)	Años BP	Años cal BP	Método
421-424	3540 ±60	3825 ±83	Convencional
512-515	5920 ±60	6759 ±73	Convencional

Thymelaea hirsuta, *Ephedra* y *Lycium europaeum* las únicas especies arbóreo-arbustivas. Repartidas entre las distintas formaciones de matorral bajo (barronal) y esteparias hallamos a la única palmera europea (*Chamaerops humilis*), *Ziziphus lotus*, *Periploca laevigata*, *Withania frutescens*, *Retama sphaerocarpa*, *Genista umbellata*, *Stipa tenacissima*, *Salsola oppositifolia*, *S. webbii*, *Linaria benitoi*, *Limonium insigne*, *Sideritis osteoxyla*, *Teucrium charidemi*, *Herniaria fontanesii* subsp. *almeriana* y *Caralluma europaea*. Por otra parte, entre los abundantes endemismos (12 % del total de especies) encontramos a *Ulex canescens*, *Salsola papillosa*, *Antirrhinum charidemi*, *Dianthus charidemi*, *Teucrium charidemi*, *Limonium estevei* y *Androcymbium europaeum*.

La secuencia polínica (Fig. xxx) ha permitido elaborar la historia vegetal desde hace unos 6500 años hasta la actualidad en el cabo de Gata. La parte inferior del diagrama (zona A) muestra la máxima expansión de la cubierta vegetal en los últimos 6500 años. Los taxones arbóreos (*Pinus*, *Quercus t. ilex-coccifera*, *Q. caducifolios*, *Olea*, *Phillyrea*, Cupressaceae, etc.) llegaron a alcanzar el 40 % del paisaje vegetal, gracias a una pluviometría mejor repartida a lo largo del año que en la actualidad. Indicadores de aquel ambiente más húmedo son los taxones *Quercus caducifolios*, *Fraxinus*, *Corylus*, *Ulmus*, *Alnus* y *Salix*, así como de los higro-hidrófitos Cyperaceae, *Typha*, *Myriophyllum* y *Ruppia*. Al mismo tiempo, los porcentajes de arbustos también son más elevados, habiendo sido mucho más abundantes taxones como

**Figura 2.** Vista de la playa de Monsul con la rala vegetación de sus alrededores (Foto <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=12307044>)

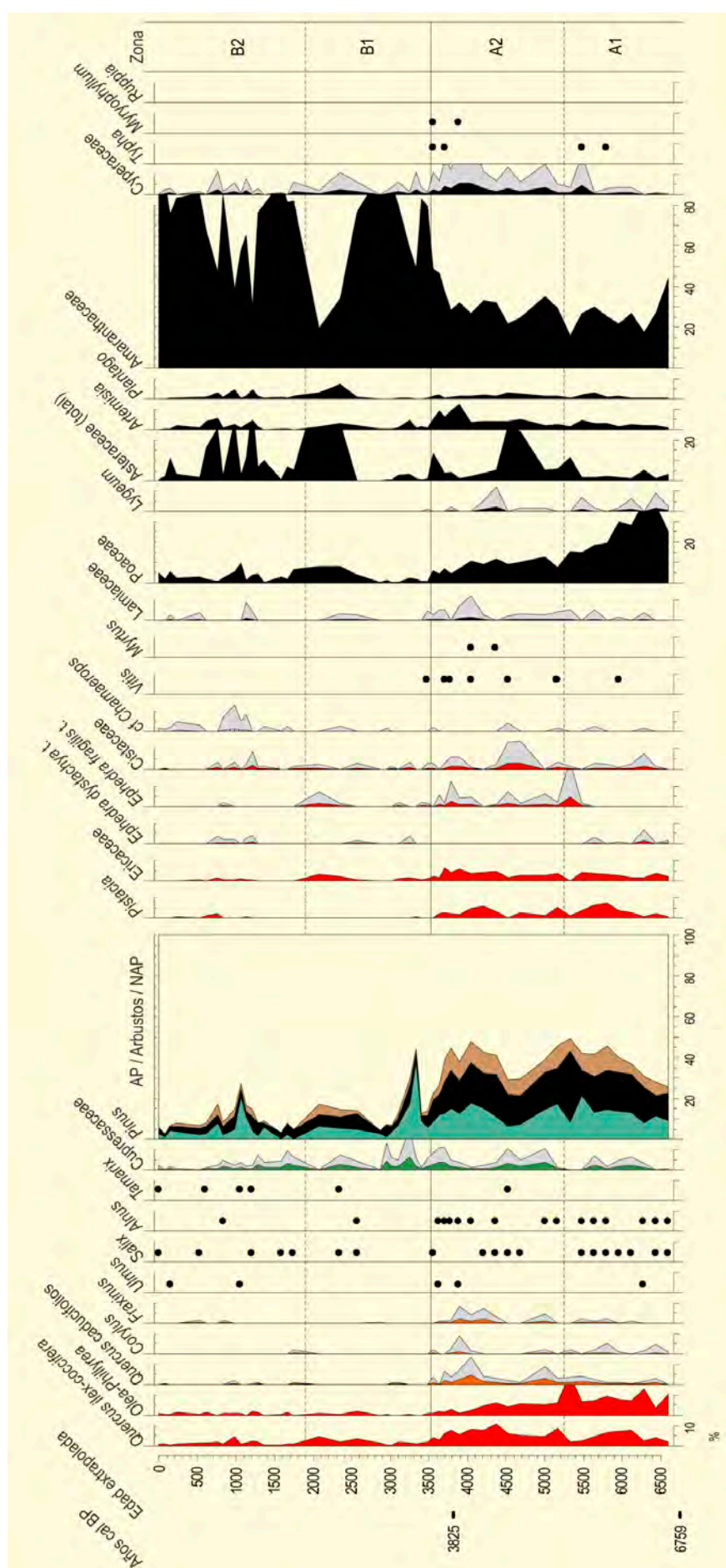


Figura 3. Diagrama polínico de la secuencia de Cabo de Gata, habiéndose excluido ningún taxon de la suma base (versión F. Burjachs)

Pistacia, Ericaceae, Cistaceae, Lamiaceae y *Vitis*, remarcándose la presencia de *Myrtus*. Respecto a las herbáceas, los taxones relevantes son Poaceae y *Lygeum*, este último de carácter estépico, pero que necesita de una humedad periódica para sobrevivir.

Los cambios en la composición de la vegetación entre la zona A1 y la A2 serían una respuesta a la crisis climática global marcada por el episodio M5 (Frigola *et al.* 2007), contemporáneo del AC2, que marca un descenso de temperatura en la superficie del mar de Alborán (Cacho *et al.* 2001). Durante este período se incrementarían los valores de las xéricas *Olea* y *Ephedra* t. *fragilis*. Por otra parte, no hay grandes diferencias entre las zonas A1 y A2, a no ser por el descenso continuado de Poaceae, el incremento de Cistaceae, Cyperaceae y Asteraceae en la zona A2 y el intercambio de especies de *Ephedra*, pasando a dominar el tipo *fragilis* en la zona A2.

La zona B se caracteriza por el dominio total de las herbáceas, sobre todo de las locales Amaranthaceae y Asteraceae. Árboles y arbustos, sean xéricos o mésicos, se mantienen a nivel testimonial en la región, con presencia más continua de *Tamarix* y *Chamaerops*, sin que el componente arbóreo sobrepase el 26 %. Además, llegan a desaparecer del espectro polínico *Vitis*, *Myrtus*, *Lygeum* y todas las higro-hidrófitas, a excepción de Cyperaceae que descienden sus porcentajes. Según la cronología disponible, estos cambios en la vegetación se producirían después del global y crítico episodio 4.3 (Bond *et al.* 1997), coincidiendo con el M3 (Frigola *et al.* 2007) y descenso de temperatura en el mar de Alborán (Cacho *et al.* 2001).

Más información

Julià *et al.* (1994), Esteban-Amat (1995), Burjachs & Riera (1996a), Burjachs *et al.* (1996b), Jalut *et al.* (2000)



CALA GALDANA

Ferreires, Menorca
Holoceno (8271 años cal BP – actualidad)

Cala Galdana (39° 56' 13" N, 03° 57' 54" E; 3 m s.n.m.) se localiza en la desembocadura del río Algendar, al sur de Menorca, en un terreno dominado por substratos miocénicos, propios de esta parte de la isla (Fig. 1). El lugar de sondeo se localiza en una zona de playa con una pequeña marisma en la misma desembocadura, de limitada extensión, dependiente de la época del año y la pluviosidad. Los depósitos cuaternarios no son abundantes y casi todos tienen origen eólico, por lo que los pocos lugares propicios para el estudio de secuencias polínicas se han de buscar en las desembocaduras de los pocos riachuelos existentes en la parte sur de la isla.

El clima actual de la zona es templado y ventoso, fuertemente estacional en cuanto a la humedad y menos en cuanto a las temperaturas, con precipitaciones de entre 500 y 600 mm anuales pero con nieblas húmedas muy importantes que elevan la disponibilidad hídrica de manera notable.

La zona central y sur de la isla, coincidiendo con el área más húmeda, está dominada por el encinar baleárico (*Cyclamini-Quercetum ilicis*) y los pinares de *Pinus halepensis* son las formaciones forestales más importantes, con matorrales de romero y brezos (*Erica multiflora*). La degradación de encinares y acebuchares puede haber llevado a la instalación de brezales o matorrales bajos y abiertos, pero no de garrigas, inexistentes en las Gimnésicas. El único bosque de ribera autóctono es el representado por *Vitex agnus-castus* y *Vinca major* que hacia la costa cambia hasta formaciones halófilas con *Tamarix*.

La mayor parte del sondeo, de veinte metros de profundidad, consiste en arcillas con materia orgánica



Figura 1. Vista aérea de Cala Galdana en Menorca (Foto: F. Piña)

y restos de gasterópodos, especialmente abundantes entre los 18 y los 20 m. La secuencia se sustenta sobre una lumaquela de *Ostrea* que descansa sobre el basamento de travertino.

En el diagrama polínico de Cala Galdana (Fig. 2) se observan dos fases claramente diferenciadas: la zona inferior (zona A) desde la base hasta 12,20 m, definida por la presencia importante de caducifolios, y la zona superior, desde esta potencia hasta la superficie, caracterizada por los bajos porcentajes de los taxones mesófilos y la abundancia de *Olea* y ericáceas.

En la zona A la mitad de los pólenes arbóreos corresponden a los taxones mesófilos (especialmente *Corylus*) y *Juniperus*, y la otra mitad a *Pinus*, con una importante presencia de *Ephedra* y especies higrófilas representantes de las condiciones locales (*Apiaceae*, *Potamogeton* y *Typha*).

La transición entre la zona A y la B es muy brusca y viene definida por la sustitución radical de los mesófilos

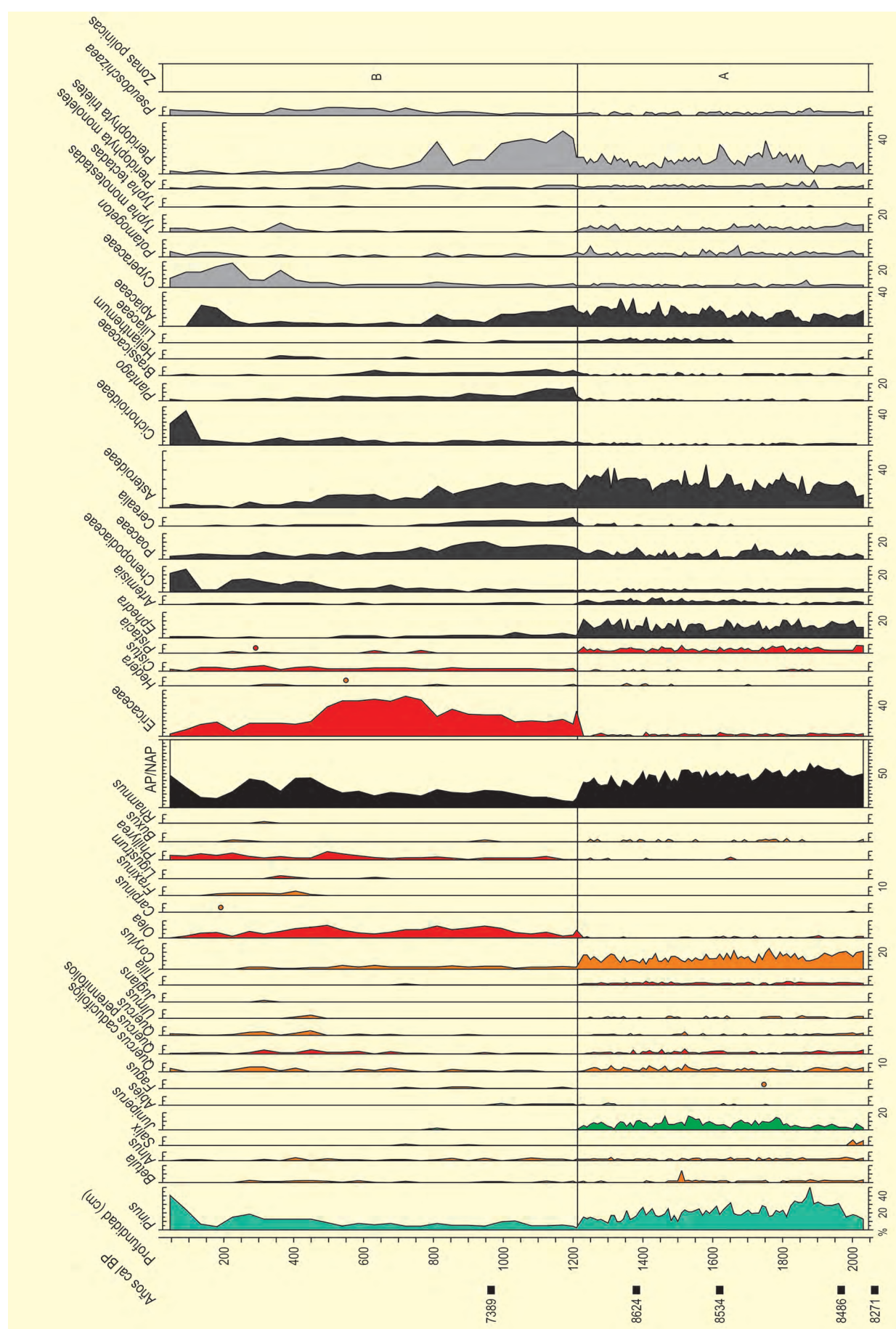


Figura 2. Diagrama polínico de Cala Galdana. Redibujado de Yll *et al.* (1994b)

Tabla 1. Dataciones radiocarbónicas de la secuencia de Cala Galdana (Menorca). La edad calibrada (CALIB 6.0; Stuiver et al. 1998, Stuiver et al. 2005) se ha tomado en el punto medio del intervalo de probabilidad (95,4%, 2 σ)

Ref. Lab.	Prof. (cm)	Años BP	Años cal. BP	Material	Método
Ua-2729	935	6290 $\pm$ 80	7389	<i>Cerastoderma</i>	AMS
Ua-2730	1445	7655 $\pm$ 85	8624	<i>Ostrea</i>	AMS
Ua-2731	1610	7505 $\pm$ 105	8534	Sedimento	AMS
Ua-2810	2010	7685 $\pm$ 75	8486	Madera	AMS
Ua-2811	2040	7430 $\pm$ 75	8271	<i>Ostrea</i>	AMS



Figura 3. Panorámica estival de Cala Galdana (Foto: Riker Yll)

dominantes durante la primera mitad del Holoceno por taxones xéricos y arbustivos. Estas condiciones, que se instalan hasta los 8,5 m del testigo, registran a partir de este momento un predominio absoluto de las ericáceas, que paulatinamente van contrayéndose hasta el establecimiento de las condiciones actuales, hacia los 2,20 m, con dominio de los pinares y los espacios abiertos y la desaparición de *Quercus* y de los taxones arbóreos en general, a excepción de *Olea* y *Pinus*.

El diagrama polínico y la sucesión de especies establecidas en su momento resultaban sorprendentes,

más teniendo en cuenta que los análisis polínicos de Cala Galdana (Yll et al. 1994b) realizados en la isla de Menorca, junto a los de la Albufera de Alcúdia (Burjachs et al. 1994) realizados en Mallorca eran los primeros, de los que se disponía en cuanto a secuencias naturales para las Islas Baleares. Desde el punto de vista botánico, resulta interesante destacar la baja representación de *Pinus* y *Quercus*, a diferencia de otros registros mediterráneos de la misma época. El lugar de sondeo, en el fondo del valle, y la proximidad de la vegetación costera podrían condicionar este hecho, aunque encontramos unos resultados similares en

todos los registros polínicos elaborados en el sur de la isla (Yll *et al.* 1997).

La existencia de taxones como *Fagus*, *Abies*, *Juglans* y *Carpinus* debería explicarse por la llegada de lluvia polínica procedente de la vecina isla de Mallorca e incluso desde el continente; y los elevados porcentajes, teniendo en cuenta su escasa dispersión, de polen de tipo Cerealia, podrían entenderse teniendo en cuenta la extensión local de carrizales. La actividad antrópica, considerada en un principio como detonante de estos cambios y fundamentada en la existencia de los porcentajes de cereal, de *Plantago* y la aparición de *Olea*, parece poco clara como causa de los cambios observados. La naturaleza y el origen de éstos es en la actuali-

dad un elemento esencial en la problemática botánica e histórica de las Islas Baleares.

El momento de transición entre las dos zonas y la manera secuencial en que se produce no son idénticos para todos los registros de Menorca, lo que podría explicarse por la existencia de condiciones locales diversas, pero también por ciertos problemas de datación existentes para la primera parte del Holoceno en muchas secuencias costeras mediterráneas, especialmente en los niveles más antiguos.

Más información

Yll *et al.* (1994b, 1997), Pérez-Obiol *et al.* (2001)



CALA'N PORTER

Alaior, Menorca
Holoceno (8792-5221 años cal BP)

Cala'n Porter (39° 52' 27" N, 04° 43' 14" E; 24 m s.n.m.) es una amplia y profunda cala del litoral sur de Menorca. En su margen occidental desemboca un pequeño torrente que puede experimentar importantes crecidas con las lluvias del fin del verano y que antes de llegar a la playa forma un pequeño y alargado humedal de donde procede la secuencia estudiada (Fig. 1). La zona presenta un bioclima mediterráneo xérico marítimo, con temperaturas que registran una media anual de 16,8° C y precipitaciones de entre 500 y 600 mm anuales aunque con fuertes nieblas que aumentan de manera importante el aporte hídrico.

En la zona interior y meridional de la isla, se extienden formaciones forestales de *Quercus ilex* y pinares de *Pinus halepensis*. La degradación de estos encinares (Fig. 4) lleva a la instalación de brezales o matorrales bajos y abiertos e importantes extensiones de cardo blanco (*Galactites tomentosa*). En los humedales donde se realizó el sondeo se dan formaciones herbáceas higrofilas con lentejas de agua (*Lemna minor*) y berraza (*Apium nudiflorum*), de gran importancia en los análisis palinológicos, mientras que en las proximidades, pero fuera de la influencia de estos humedales, existen territorios con un medio más árido, en los que la vegetación potencial se limita a formaciones arbustivas



Figura 1. Vista general del arroyo de Cala'n Porter en la isla de Menorca (Foto: PJ. Vila Fernández)

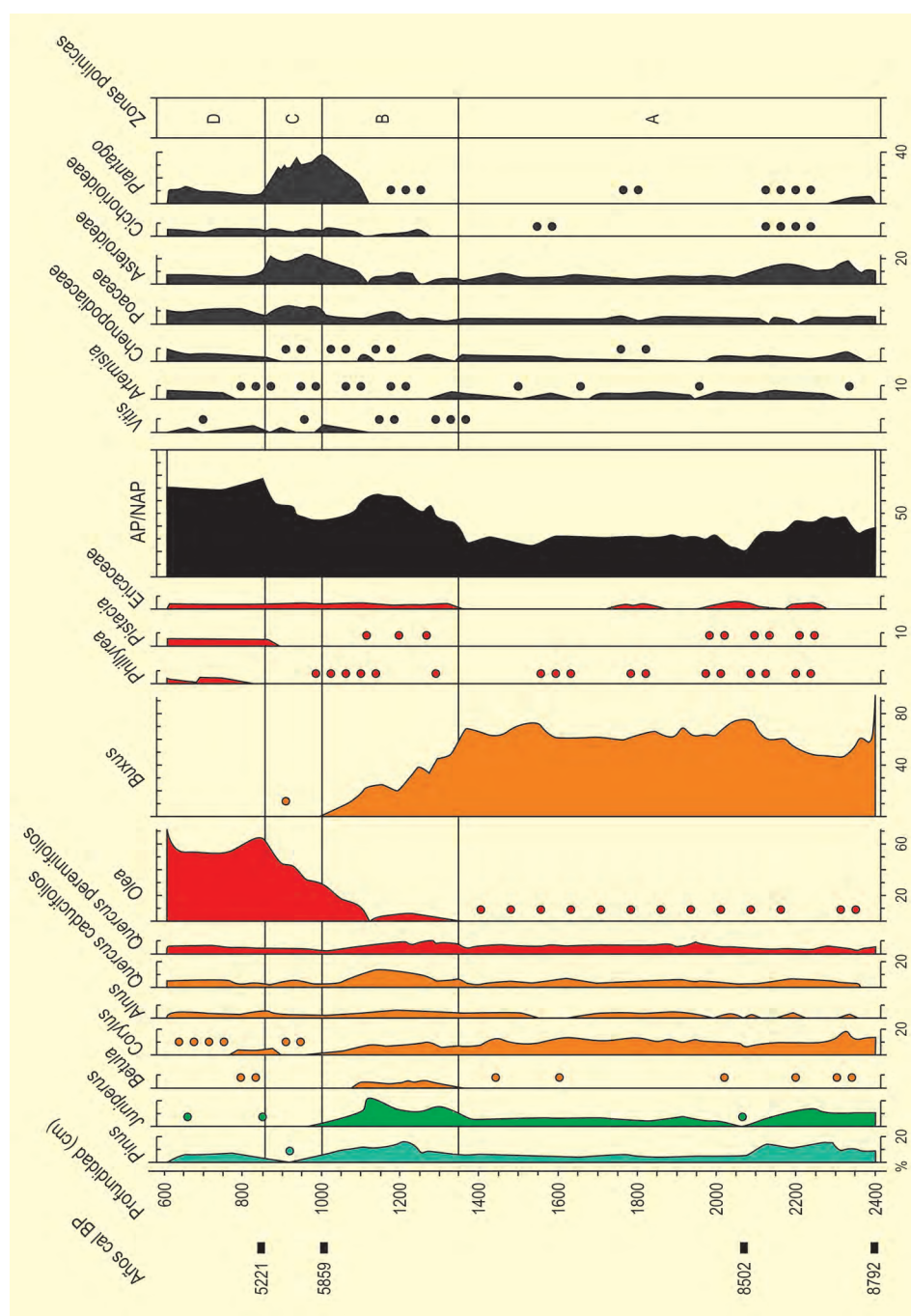


Figura 2. Diagrama polínico sintético de Cala'n Porter (Menorca). Redibujado de Yll et al. (1997)

dominadas por *Olea europaea* var. *sylvestris*, *Prasium majus*, *Euphorbia dendroides* y *Phillyrea rodriguezii*.

Tal como sucede en los otros registros de Menorca, el diagrama polínico (Fig. 2) se divide en dos zonas bien diferenciadas (Pantaleón-Cano et al. 1996a, Yll et al. 1994b, 1997). La zona inferior (Zona A) que se extiende desde la base, datada en 8792 años cal BP hasta los 13,50 m, muestra un dominio absoluto de *Buxus*, seguido por *Corylus*, *Juniperus* y *Quercus* tanto caducifolia

como perennifolia. La mayor extensión de *Buxus balearica* favorecida por unas condiciones climáticas muy distintas a las actuales permitiría, a la vez, una importante presencia de *Corylus* en las escarpadas y profundas hondonadas cerca de la costa (Pérez-Obiol et al. 1996, 2003, Pérez-Obiol & Yll 2002). En general, podemos hablar de un paisaje conformado por una primera línea litoral y prelitoral con *Juniperus* y *Ephedra*. Rodeando las marismas y siguiendo los cursos de agua dulce encontraríamos bosques de ribera formados por

Tabla 1. Dataciones radiocarbónicas de la secuencia de Cala'n Porter (Menorca). La edad calibrada (CALIB 6.0; Stuiver *et al.* 1998, Stuiver *et al.* 2005) se ha tomado en el punto medio del intervalo de probabilidad (95,4%, 2 σ)

Ref. Lab.	Prof. (cm)	Años BP	Años cal. BP	Método
Beta-95128	860	4450 $\pm$ 50	5221	Convencional
Beta-95129	1020	5120 $\pm$ 60	5859	Convencional
Beta-95131	2080	7720 $\pm$ 60	8502	Convencional
Beta-67283	2400	7920 $\pm$ 60	8792	Convencional



Figura 3. Trabajos con equipo portátil durante una de las campañas de sondeo en las Islas Baleares (Foto: M. Marí)



Figura 4. Aspecto de los encinares degradados en los alrededores de Cala'n Porter (Foto: D. Coll)

Corylus y *Alnus*. Todas las secuencias litorales muestran unos elevados porcentajes de *Typha* y *Apiaceae*, indicadores de una extensión de las zonas marismáticas superior a la actual.

A continuación, se registra una fase intermedia (Zona B) hasta los 10 m de profundidad, donde se registra una datación de 5859 años cal BP, que supone un periodo de transición definido por un proceso de susti-

tución del tipo de vegetación ya descrito por uno muy diferente, de tipo más xérico, dominado por *Olea*, junto a *Juniperus*, *Ericaceae* y *Quercus*. Por encima de los 10 metros (Zonas C y D) se consuma el cambio, que queda consolidado hacia 5221 años cal BP, cuando las especies mesófilas y caducifolias son sustituidas definitivamente. Al mismo tiempo, el estrato herbáceo cobra mayor importancia, fundamentalmente a partir del aumento de los taxones estépicos.

Dependiendo de las secuencias, los humedales litorales registran una expansión o contracción, en función de su ubicación geográfica o de las características orográficas locales. *Olea* comienza a constituirse desde mitad del Holoceno como el elemento característico de la vegetación baleárica, subrayando el creciente carácter xérico del clima. Las ericáceas, formando parte de las extensas maquias que colonizan el paisaje, aumentan notablemente su representación. Paralelamente, se registra el incremento de *Pseudoschizaea*, un palinomorfo de procedencia presumiblemente algal, interpretado generalmente como resultante de la instauración de condiciones erosivas en el medio sedimentario (Pantaleón-Cano *et al.* 1996b).

El inicio de esta zona supone también la aparición de curvas relevantes de *Plantago*, de gramíneas de tipo cereal y de *Asphodelus*, género ligado comúnmente al ramoneo de animales, por lo que, aunque todo indica que el factor condicionante original haya sido el cambio natural del clima, hay que considerar la posibilidad del inicio de cierta influencia de las actividades humanas en el paisaje.

El cambio radical del paisaje concretado durante el quinto milenio BP implicó, a medio plazo, la desaparición de especies vegetales y animales en la isla de Menorca. Entre éstas últimas, son conocidas las extinciones de *Hypnomys morpheus*, *Nesiotites hidalgo* y, especialmente, de *Myotragus balearicus*, un antílope muy extendido en las islas en ese momento. La coincidencia de fechas abre un debate en torno a la relación entre estas extinciones y su interpretación a partir de causas climáticas o antrópicas (Pantaleón-Cano *et al.* 2001, Pérez-Obiol *et al.* 2000, 2001, Yll *et al.* 1995, 1999, 2001).

A partir de los 4000 años BP aproximadamente, se acentúa el carácter mediterráneo de la vegetación y en Menorca el cambio es aún más brusco que en la vecina Mallorca, registrándose una apertura notable de la vegetación, donde *Olea*, junto a algunos *Quercus* representa casi la totalidad de la vegetación arbórea.

Más información

Yll & Pérez-Obiol (1992), Yll *et al.* (1994b, 1995, 1997, 2001)



CAMPO LAMEIRO PRD-2

Monte Paradela, Campo Lameiro, Pontevedra
Holoceno (6132-1773 años cal BP)

El Parque de Arte Rupestre de Campo Lameiro (Fig. 1) (Pontevedra), en el entorno de Monte Paradela, es una región de gran interés arqueológico, ya que alberga diversos yacimientos y uno de los mayores conjuntos de arte rupestre del noroeste ibérico.

Como resultado de varios milenios de intensa interacción humana con el medio, la vegetación actual está formada por un mosaico de matorral de brezos, tojos y retamas, pequeños bosquetes de carballos, pinos y eucaliptos, helechos y abundante vegetación herbácea (Fig. 4).

El clima de la región es templado y húmedo, con temperaturas medias anuales en torno a los 15 °C (9 °C en invierno y 21°C en verano) y una precipitación media anual de 1200 mm, que se concentra sobre todo en otoño-invierno.

En el seno de este Parque, se ha estudiado paleobotánicamente un suelo coluvial denominado PRD-2 (42° 32' 48" N, 08° 31' 40" O; 310 m s.n.m.) (Fig. 1), de 210 cm de potencia, que ha permitido reconstruir la historia de la vegetación y la dinámica antrópica del área durante gran parte del Holoceno (Costa Casais *et al.* 2009, Carrión-Marco *et al.* 2010b).



Figura 1. Vegetación en las proximidades del Centro de Interpretación del Arte Rupestre de Campo Lameiro (Foto: J. Kaal)

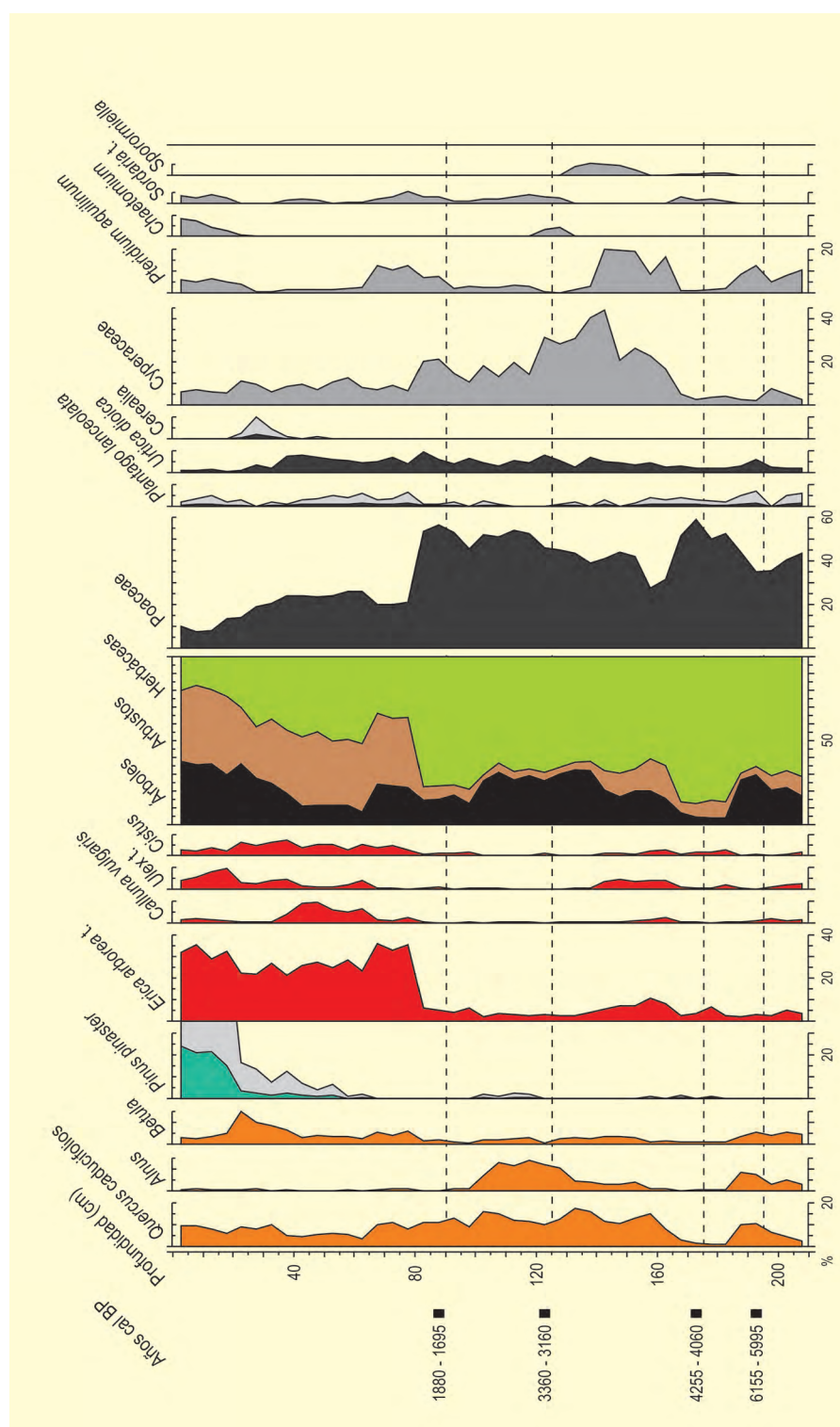


Figura 2. Diagrama palinológico del paleosuelo de Campo Lameiro PRD-2. Redibujado de Carrión-Marco *et al.* (2010b)

La secuencia polínica (Fig. 2) se inicia hacia finales del VII milenio cal BP, momento para el que se refleja la existencia de un paisaje arbóreo de carballal relativamente abierto. El registro polínico muestra, hasta 6000-5500 años cal BP la presencia de ciertos elementos mesófilos (aliso, abedul y castaño), algunos arbustivos de etapas degradativas del tojal-breza y,

sobre todo, pastizales antrópicos y antropozoógenos. El registro antracológico de esta fase está dominado por el carballal, con presencia importante de leguminosas (Fig. 2).

Tras un hiato sedimentario, relacionado con eventos erosivos (*Glomus* y *Pseudoschizaea*), la vegetación

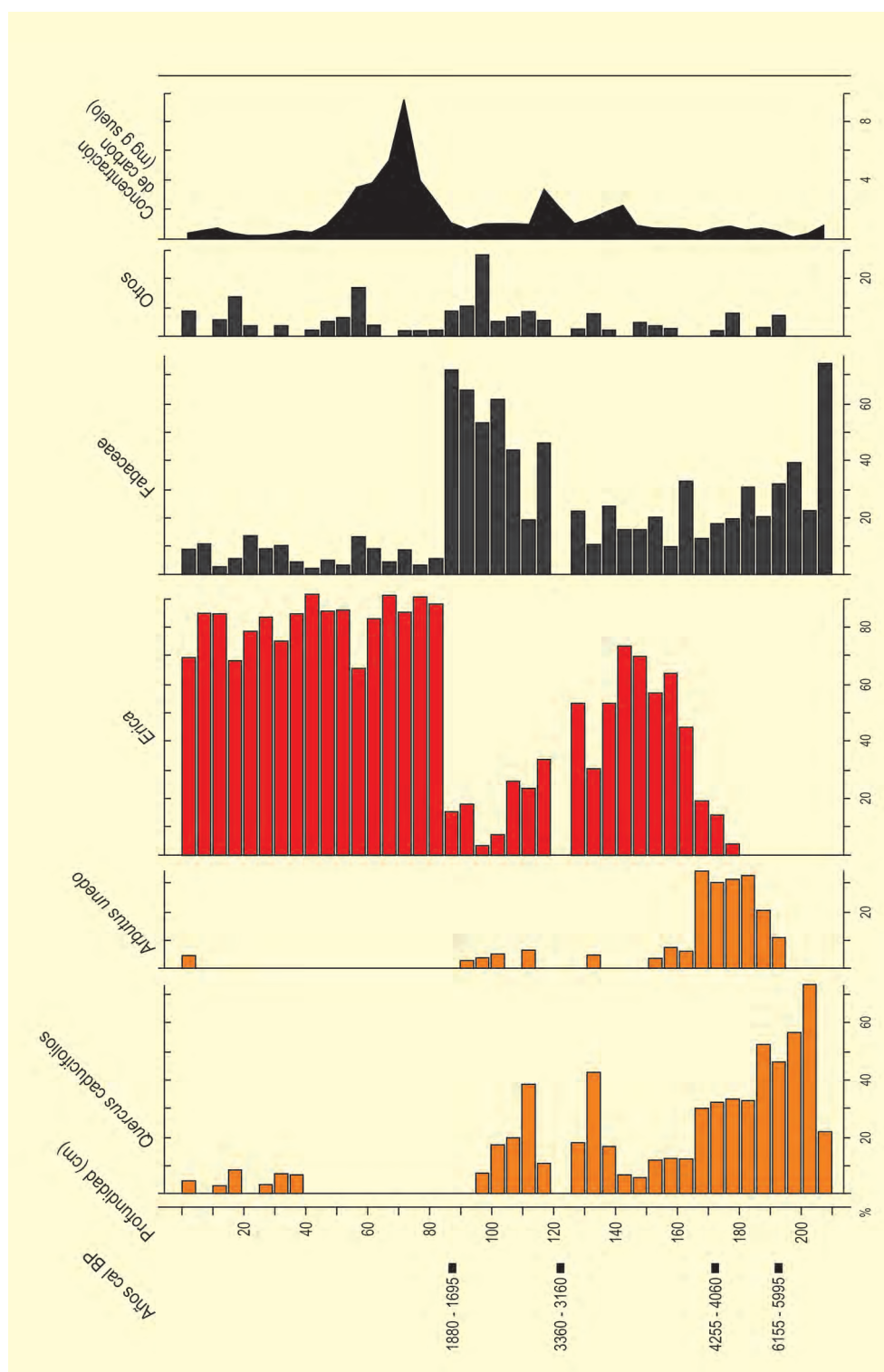


Figura 3. Antracología del paleosuelo de Campolameiro PRD-2. Redibujado de Carrión-Marco *et al.* (2010b)

muestra una drástica reducción de la cobertura arbórea y la proliferación de elementos antrópicos y antropozógenos, y pastizales de gramíneas hasta 4000 años cal BP. El carbón de *Quercus* también se reduce sensiblemente y se da una fase de expansión del madroño, así como el arranque de la curva de *Erica*. Estos hechos, probablemente, tienen relación con el evento climático abrupto del 4100-4200 años cal BP o con procesos

antrópicos importantes (Martínez-Cortizas *et al.* 2009), pues de hecho se confirma una intensa actividad pastoral local y una alta concentración de carbón en estos niveles que reflejarían un aumento de la incidencia antrópica del fuego.

A partir de la fecha anterior, hasta 1900 años cal BP, se produce una recuperación y estabilización progre-

Tabla 1. Dataciones radiocarbónicas del paleosuelo de Campolameiro (PRD-2) (Martínez-Cortizas *et al.*, 2009)

Ref. Lab.	Prof. (cm)	Años BP	Años cal. BP
Ua-22555	85-90	1835 ± 40	1773
Ua-22556	120-125	3055 ± 40	3280
Ua-22557	170-175	3770 ± 40	4139
Ua-22558	190-195	5350 ± 40	6132

**Figura 4.** Entorno de Monte Paradela donde se ha estudiado el paleosuelo de Campo Lameiro PRD-2 (Foto: J. Kaal)

siva del carbballal, probablemente favorecida por una fase de elevadas precipitaciones, como parece indicar la presencia de pastizales higrófilos (Cyperaceae) y la importancia de aliso y abedul. No obstante, los indicadores de procesos antrópicos y de presión pastoral siguen siendo evidentes, particularmente hongos coprófilos (*Sordaria* y *Sporormiella*).

En la secuencia antracológica, este periodo está marcado por un dominio del matorral, primero de brezos y luego de leguminosas, produciéndose el cambio hacia 3300-3100 años cal BP. En este momento también se observa un progreso notable del polen de *Alnus* en detrimento de los pastos higrófilos, coincidiendo con un episodio de recuperación de la curva de carbón

de *Quercus*, dinámicas que apuntan hacia un periodo de mayor humedad edáfica.

En los dos últimos milenios se produce una expansión muy notable del tojal-breza y de los helechares (*Pteridium aquilinum*), posiblemente como respuesta al aclarado del carbballal. Cobran también importancia otros elementos heliófilos, como el abedul y se introducen en la zona el castaño, el pino resinero y el eucalipto en fechas relativamente recientes (tras 400 años cal BP), así como el cultivo de cereales. El registro antracológico también muestra una abrupta expansión del breza en detrimento de las formaciones de *Quercus*-leguminosas.

El máximo pico de concentración de carbón de la secuencia, que se produce en torno a 1500 años cal BP, demuestra que este cambio en la vegetación tuvo su origen o se vio favorecido por el fuego. La antropización del paisaje va incrementándose progresivamente, aunque las actividades ganaderas parecen más esporádicas.

Solo en el techo de la secuencia, el registro antracológico muestra una leve reaparición del carbballal, aunque sigue dominado por los brezos. El mantenimiento de estos brezales-tojales tuvo que verse favorecido por la práctica de quema y roza (de hecho se confirma la presencia de hongos pirófilos como *Chaetomium*), basada fundamentalmente en una ingente actividad pastoral en estos paisajes.

Más información

Costa Casais *et al.* (2009), Martínez-Cortizas *et al.* (2009), Carrión- Marco *et al.* (2010b)



CAMPORREDONDO

Meseta norte, Camporredondo, Valladolid
Holoceno (11249-1630 años cal BP)

El sondeo se localiza en la Meseta norte, muy próximo a la localidad vallisoletana de Camporredondo ($41^{\circ} 27' 34''$ N, $04^{\circ} 32' 40''$ O; 800 m s.n.m.). Se trata de una zona lacustre colmatada próxima al río Masegar, perteneciente a la cuenca hidrográfica del Duero.

El área se encuadra dentro del clima mediterráneo con marcado carácter continental. La temperatura media es de 12°C y la precipitación media anual de 442 mm en la cercana Valladolid. Geológicamente la zona está constituida por materiales terciarios (margas, yesos, arcillas y calizas) cubiertos por mantos de arena cuaternarios. El sondeo se incluye dentro del área de estas arenas, conocida como Tierra de Pinares, aunque en una posición marginal próxima a los páramos calizos.

La vegetación que se desarrolla en sus inmediaciones está constituida por pinares de *Pinus pinaster* y *P. pinea* sobre los mantos de arena (Figs. 1 y 3). En materiales calizos son frecuentes *Quercus faginea* y *Q. ilex* subsp. *ballota* y, de forma dispersa, otros árboles como *Juniperus communis* subsp. *communis*, *J. thurifera* o *Pinus nigra*. Entre los arbustos o matas destacan *Cytisus scoparius*, *Genista scorpius*, *Cistus laurifolius*, *Lavandula pedunculata*, *L. latifolia*, *Thymus mastichina*, *Dorycnium pentaphyllum*, *Lithodora fruticosa* y *Santolina rosmarinifolia*.

El testigo estudiado palinológicamente alcanza los 240 cm de profundidad, de los cuales los 15 cm superiores no pudieron ser analizados y los 32 cm basales resultaron polínicamente estériles. La secuencia polínica (Fig. 2) muestra la dinámica de la vegetación de prácticamente todo el Holoceno, salvo los aproximadamente 1500 últimos años (Tabla 1).

El registro polínico (Fig. 2) muestra durante el Holoceno la dominancia de los pinares respecto al resto



Figura 1. Pinar de pino piñonero (*Pinus pinea*) sobre arenas en los parajes de Camporredondo, Valladolid (Foto: Paul Smith)

de taxones arbóreos (*Quercus*, *Salix*, *Betula* y *Juniperus*). Las variaciones en la proporción de estos taxones con otras especies leñosas (*Ephedra*, Ericaceae, Cistaceae y *Genista*) y herbáceas permiten establecer dos zonas polínicas.

El inicio del Holoceno (11213-8635 años cal BP, zona CR-1) destaca por su alta representación de polen arbóreo (85-66%), donde los pinos, con valores entre un 80 y un 71%, dominan el paisaje. Probablemente *P. sylvestris* y *P. nigra*, especies más adaptadas a climas fríos, fueron las especies dominantes de estos bosques. Algunos rodales de estas especies aún persisten en las

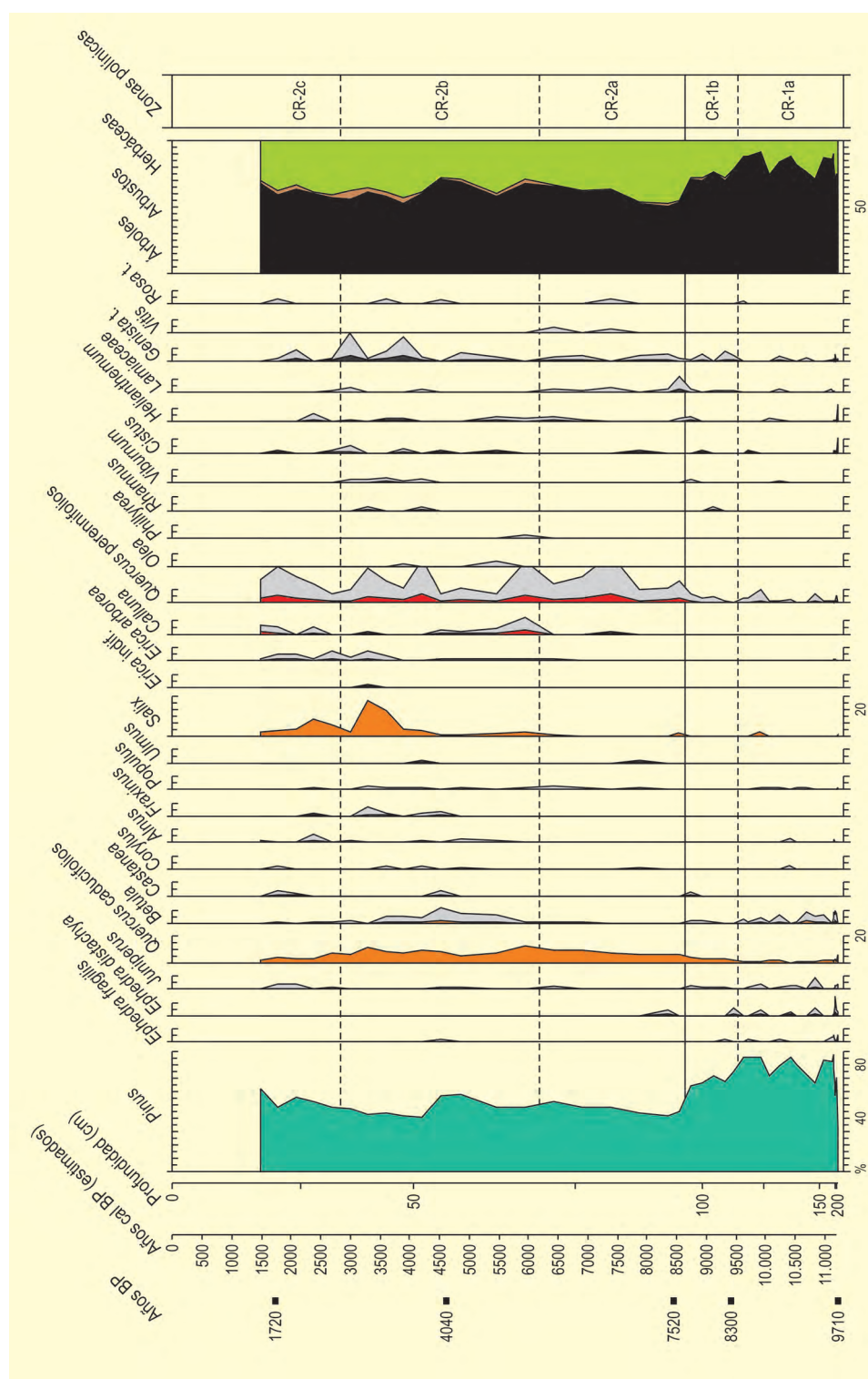


Figura 2. Diagrama polínico de Camporredondo. Redibujado de García-Antón *et al.* (2011.)

proximidades y testimonios fósiles cercanos, como macrorrestos en la segunda mitad del Holoceno (Rubiales *et al.* 2010), muestran su continuidad en el tiempo.

Durante el Holoceno medio y tardío (8635-1478 años cal BP, zona CR-2) el paisaje, aún siendo forestal, reduce su representación en árboles (50-60%). Aunque

las frondosas (fundamentalmente especies caducifolias y perennifolias de *Quercus*) incrementan progresivamente su presencia, los pinos siguen siendo los taxones dominantes (45-50%). Probablemente en estos pinares estén más representados los pinos más termófilos, como los presentes actualmente en la zona. Este cambio tan temprano difícilmente puede



Lo más característico de esta secuencia es el descenso del bosque hace unos 8300 años, manteniéndose durante el resto del Holoceno, al menos hasta el final del registro hace unos 1500 años. El ecosistema forestal no vuelve a recuperar su extensión inicial ni siquiera por el incremento de los valores de *Quercus*. Otras secuencias holocenas en la Meseta como El Carrizal (Franco-

Tabla 1. Cronología de radiocarbono de la secuencia polínica de Camporredondo. García-Antón *et al.* (2011)

Ref. Lab.	Prof. (cm)	Años BP	Años cal. BP	Material	Método
GrA-18310	17-18	1720 ± 45	1630	Sedimento orgánico	AMS
Beta-267418	55-56	4040 ± 40	4513	Sedimento orgánico	AMS
Beta-267419	87-88	7520 ± 50	8343	Sedimento orgánico	AMS
GrA-22736	107-108	8300 ± 50	9317	Sedimento orgánico	AMS
GrA-22735	155-156	9710 ± 60	11135	Sedimento orgánico	AMS
GrA-18311	225-226	9840 ± 60	11249	Sedimento orgánico	AMS

**Figura 3.** Cultivos de cereal y pinares mixtos de pino piñonero (*Pinus pinea*) y pino resinero (*Pinus pinaster*) en Camporredondo (Foto: Paul Smith)

Música *et al.* 2005) o Espinosa de Cerrato (Franco-Múgica *et al.* 2001) muestran en este tramo bosques densamente forestados. El primero de ellos muestra su continuidad hasta la actualidad, probablemente relacionado con su ubicación más al interior de los mantos de arena, y el segundo con un drástico descenso hace tan solo 1400 años atribuible a actuaciones antrópicas. No obstante, tanto Camporredondo como las secuen-

cias mencionadas coinciden en la dominancia de los pinares a lo largo del Holoceno, es decir, con la mejoría climática holocena no se produce en ningún caso una sustitución de coníferas por frondosas como ocurre en otros sitios peninsulares o europeos.

Más información

García-Antón *et al.* (2011)



CAN ROQUETA

Sabadell, Barberà del Vallès, Barcelona
Holoceno (~5787 años cal BP – actualidad)

El complejo arqueológico de Can Roqueta se encuentra en la depresión prelitoral catalana, en los términos municipales de Sabadell y Barberà del Vallès (Vallès Occidental, Barcelona). La comarca del Vallès Occidental está rodeada por las sierras de Collserola y de Marina y por el Massís de Sant Llorenç de Munt, que alcanza una altitud de 1104 m (Fig. 1). No obstante, la parte central de la comarca pertenece a la depresión prelitoral y es mayoritariamente plana con altitudes por debajo de los 400 m s.n.m. Se trata de una depresión terciaria bordeada por fallas que la separan de las montañas circundantes. Este sector conforma una llanura ondulada surcada por una red hidrográfica de escaso caudal y gran irregularidad, con fuertes crecidas en primavera y otoño que erosiona los materiales arcillosos. La vegetación está dominada por encinares,

que se extienden por las planicies y territorios montañosos, si bien también se encuentran bosques mixtos y robledales en umbrías y las zonas más altas, en estas últimas junto con pino albar. Los bosques de ribera crecen a lo largo de los cursos fluviales. La comarca está altamente urbanizada, en ella se encuentran importantes ciudades de tradición industrial como Sabadell o Terrassa, que han ejercido un fuerte impacto en el entorno. Por ello el paisaje está actualmente dominado por cultivos, matorrales y pinares de pino blanco en las zonas bajas no urbanas, mientras que los bosques han quedado relegados a las umbrías y las zonas de mayor altitud.

En el paraje de Can Roqueta se han llevado a cabo un gran número de intervenciones arqueológicas de ur-

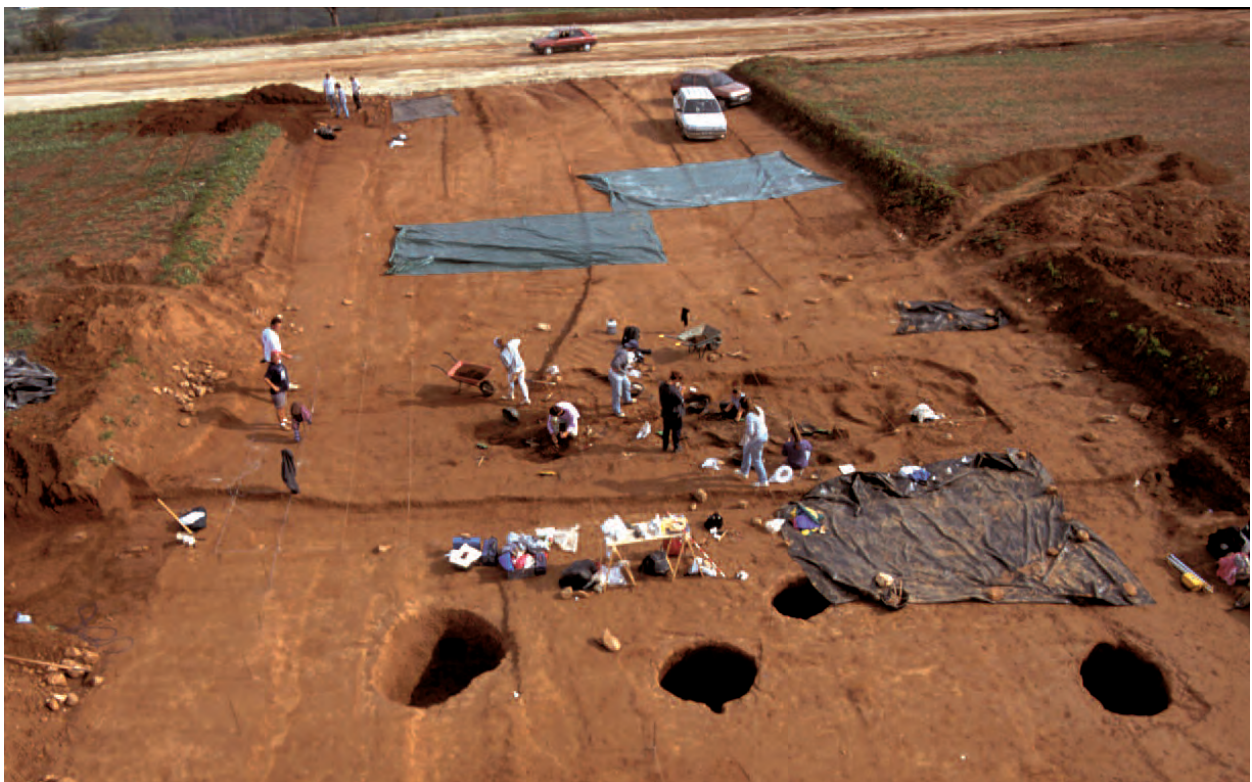


Figura 1. Vista de la excavación de Can Roqueta II (Sabadell, Vallès Occidental), Q2 (1479). (Foto: Alba Rodríguez, Antoni Palomo)

Tabla1. Dataciones radiocarbónicas de los diferentes sectores de Can Roqueta. Carlús *et al.* (2007, 2008)

Ref. Lab.	Yacimiento	Años BP	Años cal. BC	Años cal. BP	Material	Arqueología
UBAR862	Can Roqueta II	5055±50	3962-3711	5912-5661		Neolítico antiguo
UBAR685	Can Roqueta/Can Piteu	4540±60	3496-3026	5446-4976		Neolítico final
UBAR698	Can Roqueta II	3590±85	2199-1694	4149-3644	Hueso	Bronce inicial
UBAR863	Can Roqueta/Torre Romeu	3530±40	2008-1744	3958- 3694	Hueso	Bronce inicial
UBAR797	Can Roqueta II	3500±45	1947-1691	3897- 3641	Hueso	Bronce inicial
UBAR697	Can Roqueta II	3465±60	1936-1621	3886- 3571	Hueso	Bronce inicial
UBAR798	Can Roqueta II	3445±45	1882-1629	3832-3579	Hueso	Bronce inicial
UBAR864	Can Roqueta/Torre Romeu	3370±70	1882-1629	3832-3579	Hueso	Bronce inicial
UBAR799	Can Roqueta II	3265±45	1626-1432	3576-3382	Hueso	Bronce inicial
UBAR230	Can Roqueta	3370±80	1883-1498	3833-3448	Carbón	Bronce medio
UBAR482	Can Roqueta/DIASA	2995±50	1394-1055	3344-3005	Carbón	Bronce final
UBAR483	Can Roqueta/DIASA	2950±45	1366-1012	3316- 2962	Carbón	Bronce final
UBAR674	Can Roqueta II	2735±70	1052-790	3002-2740	Carbón	Bronce final/Hierro
UBAR866	Can Roqueta/Torre Romeu	2770±35	1004-830	2954-2780	Carbón	Bronce final/Hierro
KIA24835	Can Roqueta/Can Piteu	2755±30	983-822	2933-2772	Hueso	Bronce final/Hierro
Betag1847	Can Roqueta/DIASA	2630±50	911-590	2861-2540	Carbón	Bronce final/Hierro
KIA24838	Can Roqueta/Can Piteu	2520±30	798-544	2748-2494	Hueso	Bronce final/Hierro
UBAR487	Can Roqueta/DIASA	2725±45	982-803	2932-2753	Carbón	Hierro I
UBAR699	Can Roqueta II	2615±55	905-549	2855-2499	Carbón	Hierro I
UBAR867	Can Roqueta/Torre Romeu	2580±35	812-568	2762-2518	Carbón	Hierro I
UBAR675	Can Roqueta II	2530±45	803-516	2753-2466	Carbón	Hierro I
UBAR778	Can Roqueta II	2505±40	790-481	2740-2431	Carbón	Hierro I
Betag1848	Can Roqueta/DIASA	2350±70	753-206	2703-2156	Carbón	Hierro I

gencia entre los años 1989 y 2006 (Carlús *et al.* 2002, 2008) a medida que se urbanizaba la zona. Las distintas intervenciones realizadas han recibido diferentes denominaciones según la zona concreta en la que se desarrollaron las excavaciones: Can Roqueta-DIASA (CRDIA), Can Roqueta-Can Ravella (CRRRA), Can Roqueta II (CRII), Can Roqueta-Torre Romeu (CRTR). Además, cabe mencionar las intervenciones en la cercana necrópolis de incineración de Can Piteu (CRCP). El conjunto de intervenciones arqueológicas realizado ha permitido documentar una larga secuencia de ocupación

que va desde el Neolítico hasta la actualidad. El paraje incluye 18 puntos de interés arqueológico que se distribuyen por un área de 2,5 km² por el margen del río Ripoll, en una planicie ondulada que no supera los 200 metros de altitud. En este paraje se documentan diferentes asentamientos, caracterizados por la presencia de estructuras de diversas morfologías relacionadas con los espacios de hábitat, y espacios de uso funerario. El paraje fue ocupado desde el Neolítico antiguo, si bien las ocupaciones más importantes son las que corresponden al Bronce inicial, Bronce final y Hierro. Durante

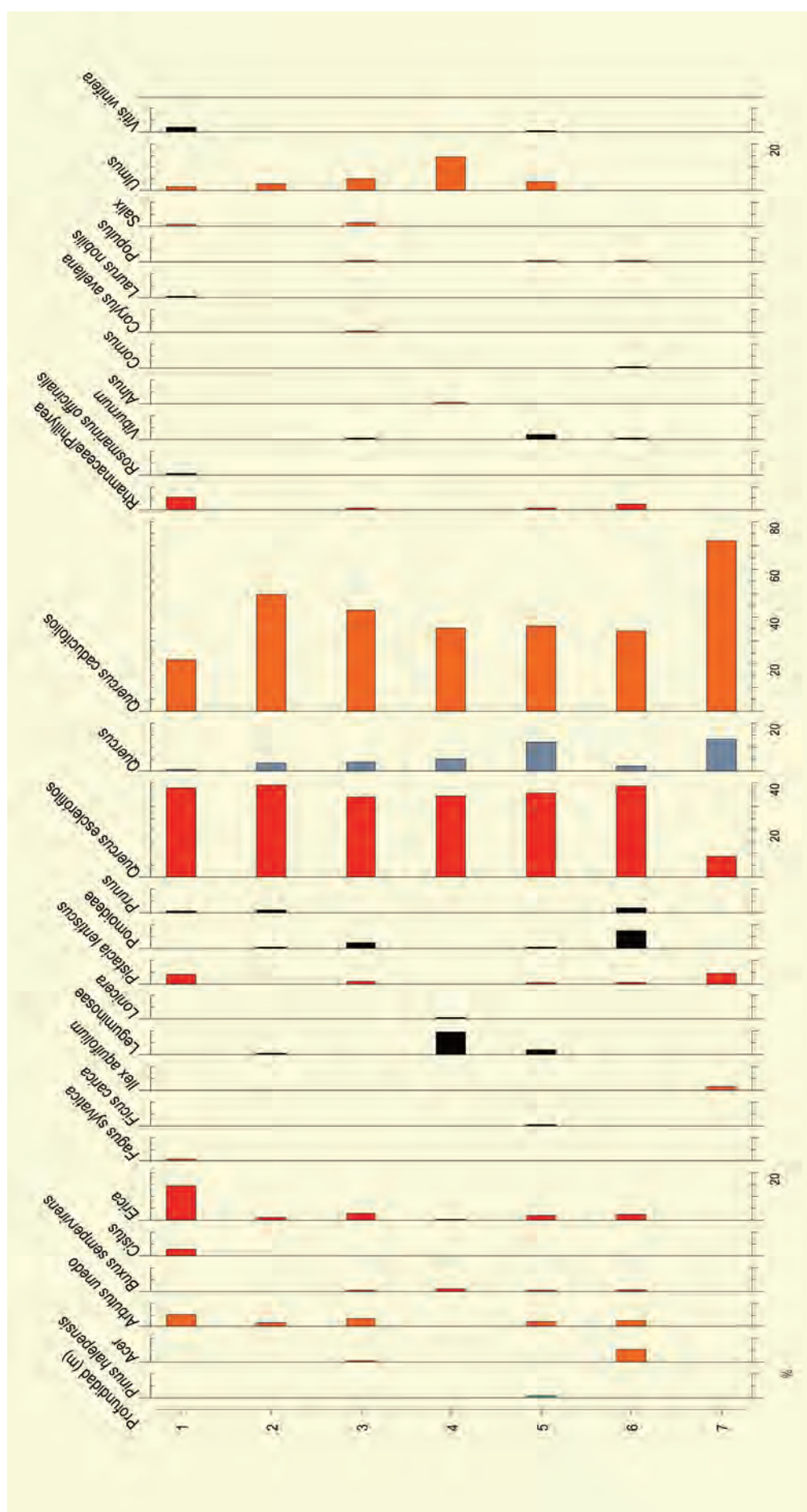


Figura 2. Diagrama antracológico de Can Roqueta. Modificado de Piqué (1999), Piqué & Mensua (2007, 2012)

la fase del Bronce final y Hierro además de las estructuras relacionadas con el hábitat se documenta una necrópolis de incineración. El paraje se ocupó también durante época Ibérica (s. VI BC), finalmente también se han documentado ocupaciones que datan de entre los siglos VI y VII AD ya en la antigüedad tardía.

Se han llevado a cabo diversos estudios antracológicos que han sido publicados parcialmente (Piqué 1999, Piqué & Mensua 2007, 2012). El estudio antracológico de los contextos domésticos de Can Roqueta se ha basado en el análisis de 6905 fragmentos de carbón procedentes de las estructuras domésticas de las diferentes fases documentadas (Fig. 2). También se han estudiado 494 procedentes de la necrópolis de incineración. En este trabajo nos centraremos principalmente en los resultados de las estructuras domésticas neolíticas, de la edad del Bronce, Hierro, época Ibérica y Antigüedad tardía, si bien también se hará referencia a los resultados del estudio de los carbones procedentes de la necrópolis de incineración. Los carbones de origen doméstico representan un uso continuado de la leña, mientras que los procedentes de la necrópolis de incineración muestran usos muy puntuales ligados exclusivamente al ritual funerario de incineración del Bronce final y Primera Edad del Hierro.

Los resultados del estudio antracológico de los carbones de origen doméstico en su conjunto muestran el aprovechamiento de un gran número de especies (Fig. 2). Se han identificado un número mínimo de 27 taxones, que presentan una distribución heterogénea entre las fases estudiadas (Tabla 1). Las estructuras del Bronce final y Hierro son las que han proporcionado en su conjunto más diversidad, 19 y 21 taxones respectivamente, esta circunstancia, sin embargo, puede estar relacionada con el hecho de que son también las que han proporcionado más restos. En el sentido opuesto, las estructuras neolíticas apenas han proporcionado restos, lo que sin duda ha incidido en la pobreza taxonómica documentada. Una mención aparte merecen los carbones procedentes de la necrópolis de incineración, donde el número de taxones identificado es más bajo en relación con las estructuras domésticas del mismo periodo, lo que puede estar apuntado a un uso selectivo de los taxones para esta finalidad.

Los taxones dominantes a lo largo de la secuencia son el roble (*Quercus caducifolios*) y la encina-coscoja (*Quercus perennifolios*). Los restos de *Quercus* suman entre el 60 % de los determinables y el 100 % según la fase. Son los mejor representados en las estructuras neolíticas, si bien, como se ha señalado, para estas fases el número de restos analizados es muy bajo, por lo que probablemente solo están representados los taxones más importantes. En cambio, entre las estructuras del Bronce inicial y de la Edad del Hierro, que son las que han proporcionado el mayor número de restos, su presencia se mantiene bastante estable, oscilando entre el 75-85 % de los restos determinados, también son los taxones más frecuentes en las urnas de incineración, donde representan alrededor del 90 %. Las quercíneas continúan siendo explotadas intensamente durante la época Ibérica, más del 90 % de los restos determinados pertenecen a estos taxones. Sin embargo, en las estructuras que corresponden a la antigüedad tardía las quercíneas apenas representan el 60 %, si bien esta caída principalmente se debe al menor aprovechamiento del roble. En todas las fases con buena representación de restos, la relación roble/encina-coscoja se mantiene bastante similar, si bien el roble tiende a incrementarse y presenta proporciones ligeramente superiores que la encina-coscoja, sin embargo, durante la antigüedad tardía la encina-coscoja pasa a ser la mejor representada, mientras que el roble presenta frecuencias mucho más bajas.

Otros taxones fueron también recolectados de manera habitual, aunque siempre en menor frecuencia. Este es el caso del madroño (*Arbutus unedo*) y brezo (*Erica*), Rosaceae-Maloideae, prunáceas (*Prunus*) y olmo (*Ulmus*) se encuentran en todas las fases aunque siempre representados por un número de restos menor. También es recurrente la presencia de ramnáceas-aladiernas. El resto de taxones solo se encuentran de manera esporádica en algunas de las fases o presentan frecuencias muy bajas, entre ellos tenemos representados el aliso (*Alnus*), el avellano (*Corylus avellana*), las jaras (*Cistus*), cornejo (*Cornus*), la higuera (*Ficus carica*), el enebro (*Juniperus*), las leguminosas (Leguminosae), madreselva (*Lonicera*), pino carrasco (*Pinus halepensis*) (*Rhamnus-Phillyrea*), arce (*Acer*), boj (*Buxus sempervirens*) y durillo (*Viburnum*). Cabe destacar que



Figura 3. Vista de la excavación de Can Roqueta II (Sabadell, Vallès Occidental), vial 1-3 (1040) (Foto: Alba Rodríguez, Antoni Palomo)

la presencia de taxones arbustivos es especialmente relevante en las estructuras tardo antiguas, donde las ericáceas tienen una presencia destacada juntamente con las jaras y el lentisco. Este incremento de especies arbustivas en la antigüedad tardía va acompañado, como se ha mencionado, de una importante caída en la presencia de roble en relación a las fases anteriores.

Las especies de ribera merecen una mención especial. Estas son más aprovechadas en la Edad del Hierro en relación con las fases anteriores, y parece que estos bosques ya no se recuperan en posterioridad dado que la presencia de taxones procedentes de estos ambientes vuelve a decaer. Consideramos que estos cambios que se producen entre el Bronce final y Hierro podrían ser resultados de una mayor presión sobre el entorno que llevaría a ampliar las áreas de captación o gestionarlas de otra manera. Así se incrementa la presión sobre los bosques de ribera, que son probablemente los más cercanos a los yacimientos, recordamos que todos ellos están en las proximidades del río Ripoll. Estas tierras

son, además, muy fértiles y apropiadas para la agricultura y, por tanto, es posible que pasaran a ser utilizadas como tierras de cultivo permanentemente, reduciendo así la extensión de estos bosques. También los robledales y otras submediterráneos incrementan su presencia progresivamente, lo que podría indicar el acceso a nuevas formaciones forestales antes no utilizadas.

Por último, queremos destacar que en general predomina el aprovechamiento del estrato arbóreo por encima del arbustivo. No obstante, al no poder distinguir si entre los restos de *Quercus* perennifolios tenemos representadas solo las arbóreas (encina) o también las arbustivas (coscoja) no se puede estimar hasta qué punto esta tendencia es la dominante. La baja presencia de arbustos colonizadores (ericáceas, estepas, leguminosas) nos hace pensar que probablemente la presencia de coscoja sería también baja.

A modo de conclusión podemos destacar la continuidad en el paisaje explotado, el combustible se reco-

lecta en las mismas formaciones forestales, si bien algunas especies de estas son explotadas más intensamente en algunos momentos. Los taxones determinados permiten plantear que el combustible fue recolectado principalmente en un bosque mixto de encinas y robles. En estas formaciones leñosas se explotaría tanto el estrato arbóreo (robles y encinas) como arbustivo (madroño, brezo, ramnáceas, leguminosas, etc). A partir de la primera Edad del Hierro se aprovecha más intensamente el bosque de ribera para obtener combustible, en estos se recolectó principalmente olmo, aunque también puntualmente fueron utilizadas otras especies propias de estos ambientes (chopos, sauces, alisos, avellanos y cornejo). También se da un ligero incremento en la presencia de restos de

especies arbóreas. Sin embargo, es durante la antigüedad tardía cuando se observan los cambios más importantes, con el incremento de la explotación de las especies arbustivas y la menor explotación del roble. Las especies colonizadoras de los espacios degradados, como las estepas, las leguminosas, el lentisco o las ericáceas (brezo y madroño), podrían ser recolectadas tanto en matorrales como en el sotobosque. Estas especies indicarían que la biomasa de los espacios antropizados también fue aprovechada, aunque su presencia solo es importante en el conjunto a partir de la antigüedad tardía.

Más información

Piqué (1999), Piqué & Mensua (2007, 2012)



CANCELA DE LA AULAGA

Parque Nacional de Doñana, Andalucía, Huelva
Holoceno (~9967-6484 años cal BP)

Dentro del complejo marismeño del Guadalquivir reciben el nombre local de lucios las pequeñas depresiones que actúan como cuencas de sedimentación y que, debido a su microtopografía, son las últimas en desecarse en verano (Fig. 1). Entre ellas, en el margen oeste de las marismas de Doñana, se encuentra el Lucio de la Cancela de la Aulaga (LuCA, 36° 59' 50" N, 6° 25' 48" O; 0 m s.n.m.).

Su vegetación es muy característica y extraordinariamente rica en comunidades de macrófitos, incluyendo especies de *Myriophyllum*, *Potamogeton*, *Ranunculus* subgen. *Batrachium*, *Callitriche* e *Isoetes*. Adyacente a la marisma, en su margen occidental se encuentran los paisajes dunares del manto eólico de

Doñana, de origen litoral y que comprenden sistemas de dunas móviles, semimóviles y fijas. Los últimos constituyen los denominados cotos de Doñana, dominados por comunidades arbustivas de labiadas, cistáceas y genisteas (*Ulex*, *Stauracanthus*, *Genista*) y salpicados por alcornoques (*Quercus suber*) y pinares de *Pinus pinea*, en algunos casos de repoblación.

La cronología de la secuencia paleoecológica del LuCA ha sido establecida mediante cinco dataciones de ¹⁴C (Tabla 1) y recoge el intervalo 9930 a 6484 años cal BP. La secuencia sedimentaria está interrumpida por una serie de eventos de alta energía (tormentas y tsunamis) que se manifiestan en alteraciones del patrón granulométrico de los sedimentos y cuya máxima ex-



Figura 1. Toma de muestras en el Lucio de la Cancela de la Aulaga en el Parque Nacional de Doñana, Huelva (Foto: Santiago Fernández)

Tabla 1. Dataciones radiocarbónicas de LuCA. Las edades calibradas se han obtenido usando la curva de calibración IntCal13.14C y Marine13 (Reimer *et al.* 2013), tomando como punto medio el intervalo de probabilidad 95 %. Manzano *et al.* (2018)

Ref. Lab.	Prof. (cm)	Grosor (cm)	Curva de Calibración	Años BP	Años cal. BP
ETH-57403	42	2	IntCal13.14C	5702 ± 4	6407 - 6566
ETH-57405	205	2	IntCal13.14C	7015 ± 36	7783 - 7938
ETH-57407	476	2	Marine13	7364 ± 37	7644 - 8011
Poz-55367	615	4	Marine13	7830 ± 40	8105 - 8460
Poz-55368	711	4	Marine13	9180 ± 50	9615 - 10319

presión es un evento de deposición súbito en torno a 9100 años cal BP asociado a un tsunami en el golfo de Cádiz. Entre 112 y 118 cm de profundidad aparece un hiato polínico que se asocia al máximo Flandriense.

En la secuencia del LuCA los registros terrestre y acuático se estudiaron de forma independiente debido a la riqueza y abundancia de palinomorfos acuáticos (polen de helófitos, macrófitos y restos algales) contenidos en el sedimento (Fig. 2). Se distinguen así cuatro zonas LuCA T1-T4 (terrestres) que son paralelas a tres zonas paleolimnológicas: LuCA A1-A3.

La zonas LuCA T1 (710-640 cm de profundidad; 9930-8787 años cal BP) y LuCA T2 (640-445 cm; 8787-7908 años cal BP) se caracterizan por la presencia estable de *Quercus* perennifolios, *Q. suber* y *Pinus pinea/halepensis* t., que en su conjunto oscilan entre valores del 23 y el 50 % acompañados de una orla arbustiva dominada por *Erica*, con la presencia de *Juniperus*, *Olea*, *Phillyrea*, *Pistacia*, *Cytisus/Genista* t. y Cistaceae (*Cistus ladanifer* t., *Cistus* t. y *Halimium/Helianthemum* t.) y un estrato herbáceo dominado por Poaceae, lo que sugiere un mosaico de espacios abiertos, parcialmente arbolados.

Las zonas LuCA T1 y T2 coinciden cronológicamente con las fases paleolimnológicas LuCA A1 (710-652 cm; 9930-9041 años cal BP) y LuCA A2 (652-292 cm de profundidad; 9041-7863 años cal BP). En estas

zonas domina *Isoetes*, que en la Zona LuCA A1 se mantiene en valores por encima del 50 %, con un máximo del 76 %, mientras que en la zona LuCA A2 su representación disminuye ligeramente en favor de la presencia de Ranunculaceae. Otros macrófitos que están presentes son *Myriophyllum alterniflorum* t., Potamogetonaceae y Ranunculaceae, con valores bajos que solo puntualmente superan el 5 % en el caso de Ranunculaceae. Los valores de Cyperaceae y Amaranthaceae se mantienen estables a lo largo de estas dos zonas oscilando alrededor de un 15 y un 20 % respectivamente. Estas oscilaciones se atribuyen al desarrollo de sistemas dunares con relieves pronunciados durante pulsos áridos, el hábitat preferente de *Juniperus phoenicea* subsp. *turbinata* (taxón al que se atribuye el tipo polínico *Juniperus* en esta secuencia) (Zonas LuCA T1, T2 y T3). El desarrollo de estas grandes dunas expande tanto la superficie de captación como la capacidad de retención de agua del acuífero subyacente, lo que se traduce en una subida del nivel freático, que favorece la presencia de *Q. suber*. En última instancia esto provoca mayores descargas del acuífero hacia los ecosistemas de la marisma.

La parte superior de la secuencia comprende las zonas LuCA T3 (445-118 cm; 7908-7117 años cal BP) y T4 (102-42 cm; 6895-6484 años cal BP). La composición de los ambientes terrestres en estas zonas se mantiene, en general, estable y sin grandes diferencias con las zonas anteriores. Sin embargo, las fluctuaciones perió-

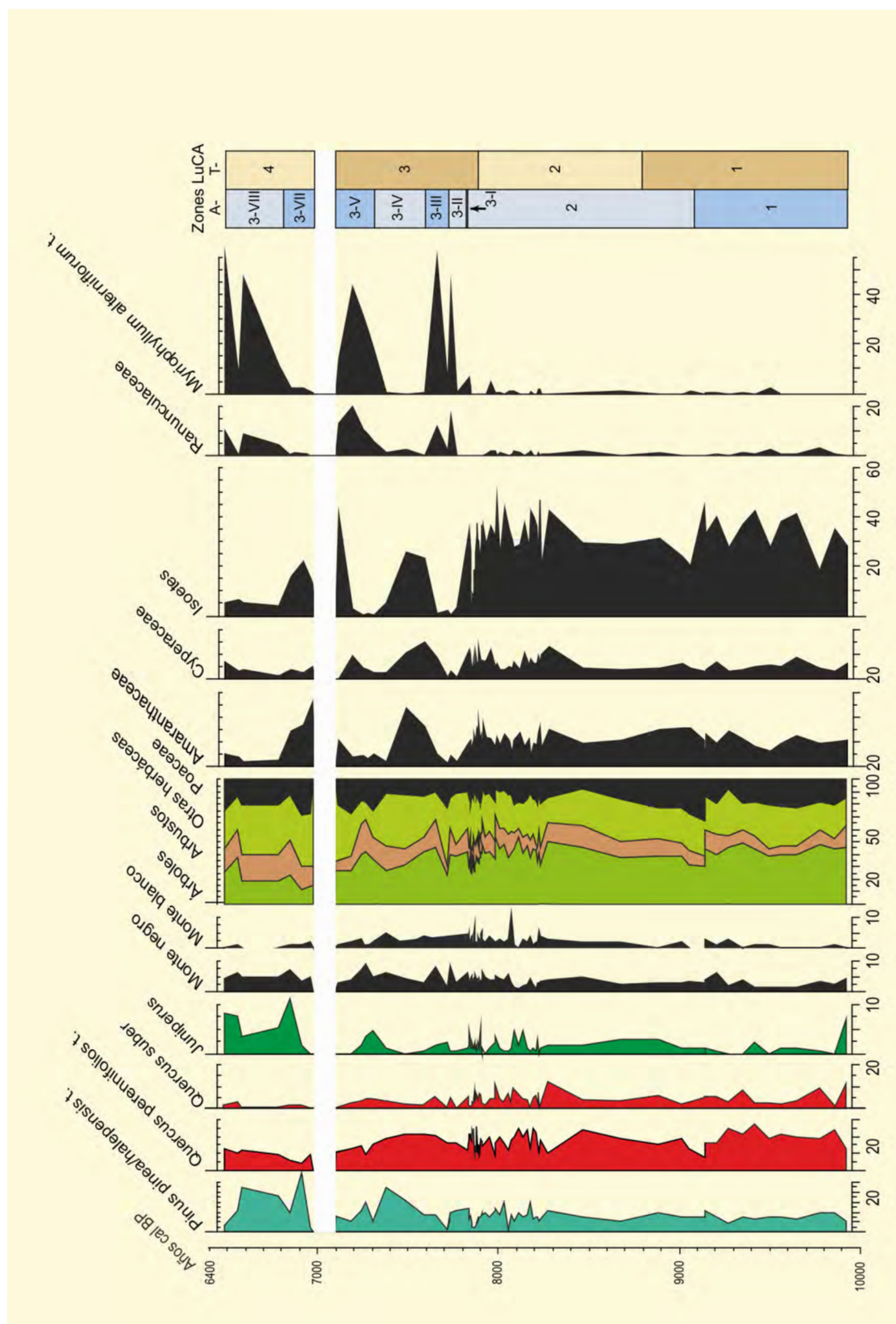


Figura 2. Diagrama polínico sintético de la secuencia Lucio de la Cancela de la Aulaga. Redibujado de Manzano et al. (2018). Monte negro incluye el sumatorio de los tipos *Arbutus*, *Calluna vulgaris*, *Cystisus/Genista* t., *Erica* t., *Hedera*, *Ligustrum*, *Myrtus*, *Olea*, *Phillyrea*, *Pistacia*, *Prunus*, *Rhamnus*, *Smilax* y *Viburnum*. Monte blanco incluye el sumatorio de los taxones *Asparagus*, *Cistus* t., *C. ladanifer* t., *Chamaerops humilis*, *Daphne gnidium* t., *E. fragilis* t., *Halimium/Helianthemum* t., *Lamiaceae* 3C y 6C, y *Sideritis*

dicas de los valores de distintos taxones conducen a una zona T₄ en la que destaca la disminución de *Q. suber* y perennifolios y el aumento de *Juniperus*, junto con cambios en la composición de las comunidades arbustivas.

La conectividad duna-marisma queda plasmada en la dinámica de las comunidades vegetales marismeñas. Así, en la zona LuCAA₃ (292-42 cm; 7863-6484 años cal BP) dos comunidades acuáticas marcadamente diferentes se alternan en el tiempo, asociadas a la dinámica

dunar. Por un lado, una comunidad dominada por helófitos emergentes y plantas más resistentes a la desecación: *Amaranthaceae*, *Cyperaceae* e *Isoetes*, y por otro lado una comunidad de macrófitos dominada por *Ranunculaceae* y *Myriophyllum alterniflorum* t. que aparece en los momentos de mayor desarrollo dunar, evidenciados por máximos periódicos en la curva de *Juniperus*.

Más información

Manzano *et al.* (2018)



CAÑADA DE LA CRUZ

Sierra de Segura, Santiago-Pontones, Jaén
Holoceno (9360-46 años cal BP)

La Cañada de la Cruz ($38^{\circ} 03' 53''$ N, $02^{\circ} 41' 27''$ O; 1595 m s.n.m.) es un valle intramontañoso situado en la zona central de la Sierra de Segura. La depresión está flanqueada por un relieve abrupto de

montañas y plataformas kársticas que exceden los 1700 m. El sitio estudiado palinológicamente es una laguna temporal que se extiende unos 0,25 x 2,7 km durante los años lluviosos, secándose habitualmente de 6 a 8



Figura 1. Laguna de la Cañada de la Cruz inundada (superior) y seca en el momento del sondeo (inferior) (Fotos: Carlos Herrera -superior-, JS Carrión -inferior-)

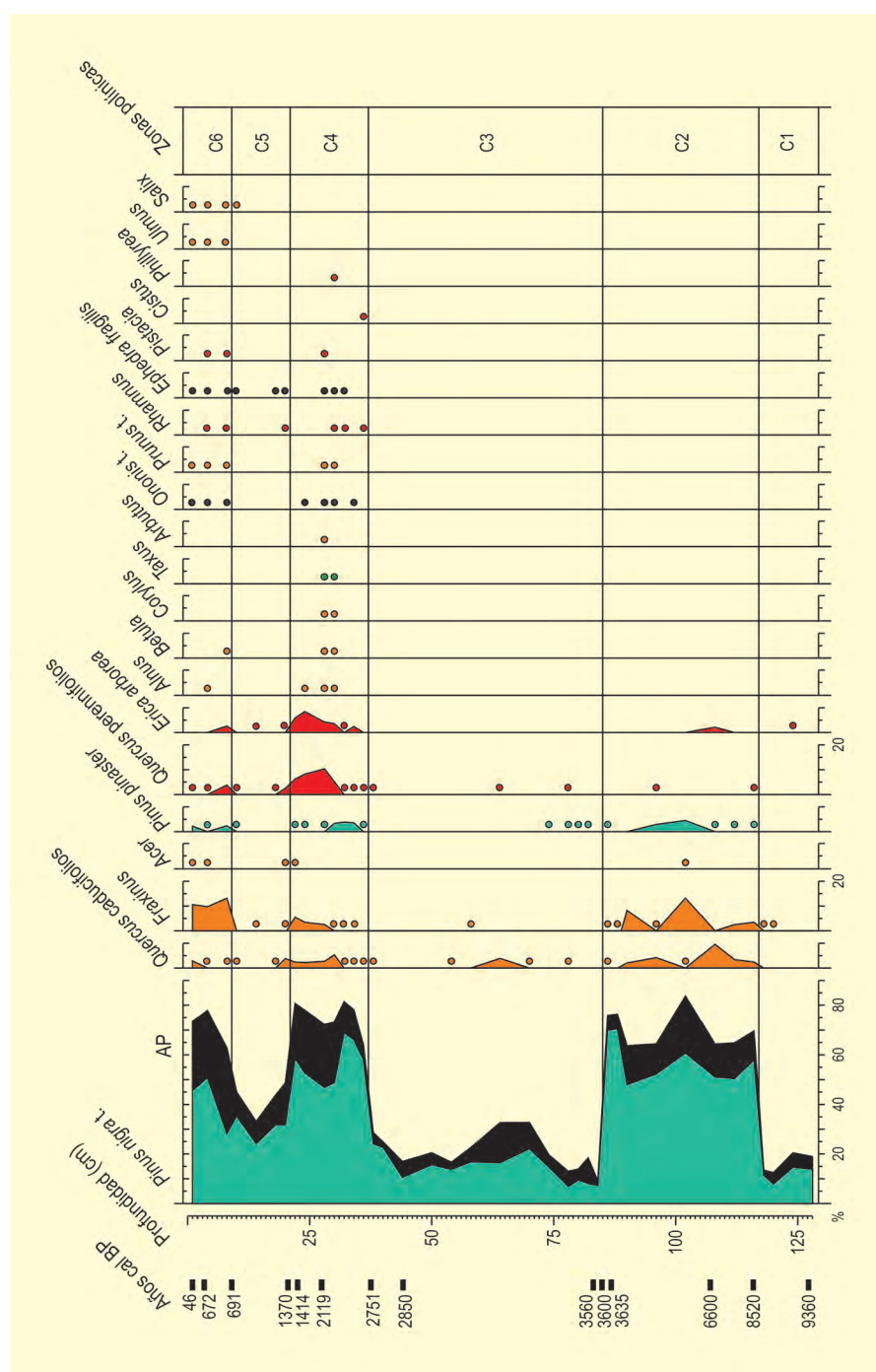


Figura 2. Diagramas polínicos de la Cañada de la Cruz. Carrión *et al.* (2001b)

meses al año (Fig. 1). El contexto sedimentario es una capa compacta de arcillas orgánicas sobre un lecho fluvial concrecionado y conglomerático. El valle se sitúa entre los pisos supra y oromediterráneo. La vegetación actual se caracteriza por sabinas y enebros rastreros (*Juniperus sabina* y *J. communis*), algunos pies de *Pinus nigra* y un matorral postrado de *Ononis aragonensis*, *Prunus prostrata* y *Rhamnus saxatilis*.

En la estratigrafía polínica (Figs. 2 y 4), los elementos dominantes son *Pinus* cf. *nigra* y Poaceae, mostrando oscilaciones abruptas en torno a 9360, 8520, 3600, 2750, 1400 y 690 años cal BP. Las zonas C1, C3 y C5 se caracterizan por Poaceae; las zonas C2, C4 y C6 por *Pinus*. Las zonas dominadas por polen de gramíneas son, además, abundantes en *Juniperus*, *Artemisia*, *Ephedra nebrodensis*, *Chenopodiaceae*, *Asteraceae* y,

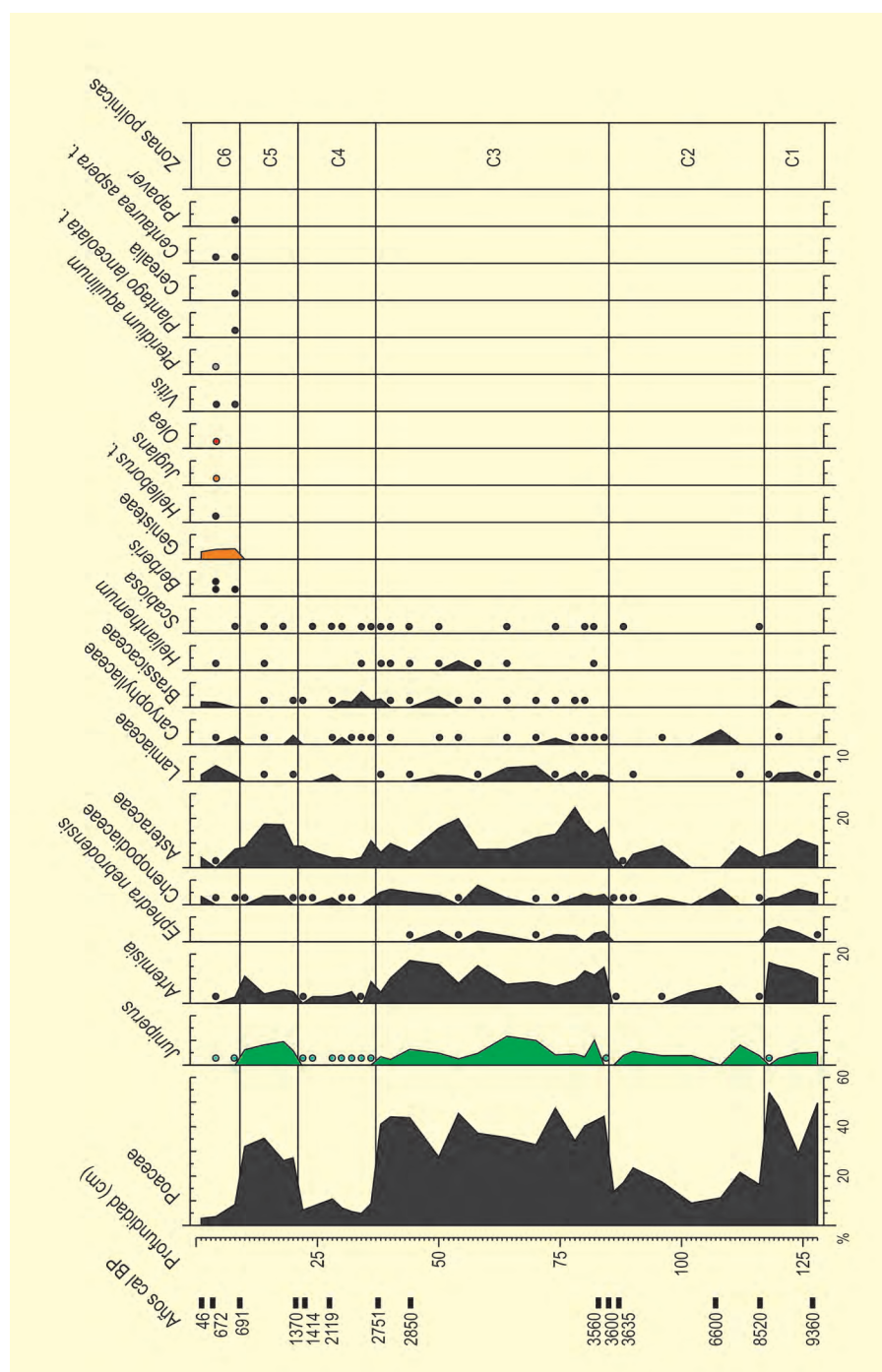


Figura 2. Continuación

parcialmente, Lamiaceae y *Helianthemum*. Las zonas dominadas por *Pinus* muestran porcentajes relativamente elevados de *Quercus*, *Fraxinus*, *Acer*, *Pinus pinaster* y *Erica arborea*, aunque hay asincronías importantes en la aparición y desaparición de estos taxones, especialmente *Pinus nigra* en relación con *Quercus*, *P. pinaster* y *Erica arborea*. Desde C4 hacia arriba, hay también concordancia entre *Pinus* y los taxones mesotermófilos

como *Alnus*, *Betula*, *Ononis*, *Prunus*, *Rhamnus*, *Ephedra fragilis* y *Pistacia*.

La acumulación de sedimento es tal que cada cm representa, por término medio, unos 50 años en la zona C1, 130 años en la zona C2, 15 años en la zona C3, 66 años en la zona C4, 65 años en la zona C5 y 106 años en la zona C6. Los cambios más abruptos en las frecuencias

Tabla 1. Dataciones radiocarbónicas de la secuencia de la Cañada de la Cruz (Jaén). Calibraciones según Stuiver *et al.* (1998) (CALIB 4.3). La edad calibrada se tomó como el punto medio del intervalo de probabilidad (95,4%, 2 σ). Carrión (2002a)

Ref. Lab.	Prof. (cm)	Años BP	Años cal. BP	Método
Pta-8009	0-2	1955/1956 AD	46	Convencional
Pta-7999	3-4	750 $\pm$ 90	672	Convencional
Pta-7883	8-10	790 $\pm$ 70	691	Convencional
GrA-13531	20-21	1500 $\pm$ 50	1370	AMS
GrA-14159	22-23	1550 $\pm$ 40	1414	AMS
GrA-14161	27-28	2130 $\pm$ 40	2119	AMS
Beta-141044	37-38	2630 $\pm$ 140	2751	Convencional
Pta-8342	43-45	2740 $\pm$ 50	2850	Convencional
GrA-14160	83-84	3350 $\pm$ 40	3560	AMS
Pta-8339	84-86	3370 $\pm$ 20	3600	Convencional
Pta-8340	86-88	3385 $\pm$ 30	3635	Convencional
Beta-141046	106-108	5820 $\pm$ 40	6600	AMS
Beta-141047	115-117	7770 $\pm$ 40	8520	AMS
Beta-13532	126-128	8320 $\pm$ 50	9360	AMS



Figura 3. Vista panorámica de la Cañada del Rincón, en la Sierra de Segura (Foto: Carlos Herrera)

polínicas tienen lugar en intervalos de 1-2 cm, lo cual induce a pensar que las transiciones vegetales se producen en la escala de las décadas, o como mucho la centuria.

Los mecanismos que controlan los cambios vegetales en la Cañada de la Cruz parecen principalmente

de naturaleza climática. El ecotono entre los bosques de pino y los pastizales se habría movido altitudinalmente al menos cinco veces durante los últimos diez mil años. Este ecotono habría sido sensible a la temperatura, intensidad del viento, longitud de la fase estival y distribución estacional de lluvias. El límite altitudinal

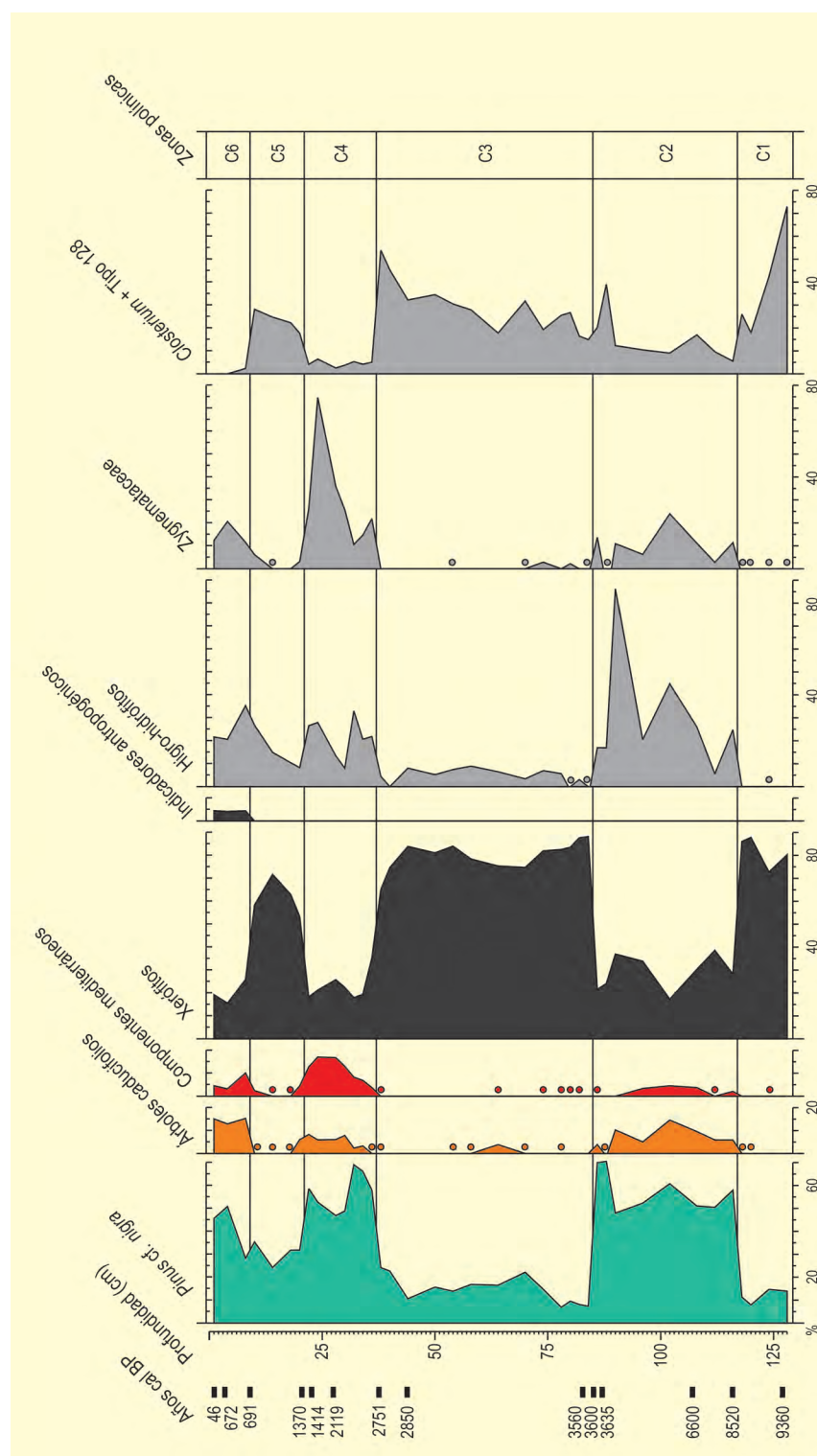


Figura 4. Diagrama polínico sintético de la Cañada de la Cruz. Carrión *et al.* (2001b)

superior del bosque de angiospermas habría sido igualmente muy sensible a la temperatura media anual. El escenario se ve apoyado por la correlación entre Poaceae, *Artemisia*, Chenopodiaceae, *Juniperus* y *Ephedra nebrodensis*, por un lado, y *Quercus*, *Pinus pinaster*, *Fraxinus*, *Acer*, *Erica arborea*, *Alnus*, *Betula*, *Corylus*, *Arbu-*

tus, *Ulmus*, *Pistacia*, *Cistus*, *Phillyrea*, *Ephedra fragilis* y *Olea*, por otro (Carrión *et al.* 2001b). Durante los periodos comprendidos entre 8520-3600, 2751-1400 y 690 años cal BP-actualidad, los pinares habrían invadido el piso oromediterráneo y los robledales se habrían instalado en el supramediterráneo. A partir de 690 años cal



Figura 5. Cañada Margosa, zonas cacuminales del Parque Natural de las Sierras de Cazorla, Segura y las Villas (Foto: Carlos Herrera)

BP, hay evidencias de agricultura y pastoreo: *Plantago lanceolata*, *Cerealia*, *Vitis*, *Centaurea aspera*, *Papaver*, *Olea*, *Juglans*, *Pteridium aquilinum*, *Helleborus*, *Genisteae*, *Fraxinus* y *Berberis*.

Los cambios paleolimnológicos son compatibles con la propuesta de control climático. Las zonas C1, C3 y, en menor medida C5, caracterizadas por *Closterium* y el tipo 128 así como por mayor influjo minerogénico, representan fases comparativamente pobres en nutrientes bajo un contexto de bajas temperaturas, veranos cortos y escasa vegetación en los márgenes de la

laguna. Las zonas C2, C4 y C6, con la asociación de Zygnemataceae, hongos y polen de higrófitos, representarían episodios de moderada eutrofización y colonización temporal de los márgenes, dentro de un paisaje circundante más forestal. La ausencia de capas turbosas y de macrorrestos sugiere, en cualquier caso, que el sistema ha sido siempre temporal, con predominio de la descomposición y mineralización de la materia orgánica.

Más información

Carrión *et al.* (2001b), Carrión (2002a)



CÁÑAR

Robledal de Cáñar, Sierra Nevada (Alpujarra), Granada
Holoceno reciente (~2000 años cal BP)

El depósito de Cáñar (36° 57' 28" N, 3° 25' 16" O) se sitúa a 1593 m s.n.m. en la cara sur de Sierra Nevada, en el municipio de Cáñar (Granada). El área está encuadrada en el núcleo central de la sierra, formado por materiales silíceos, concretamente por micaesquistos y cuarcitas (Fig. 1). El clima es de tipo mediterráneo, con un régimen de precipitación media de 718 mm anuales y una temperatura media anual de 13,3 °C (Estación de Soportújar, 1700 m s.n.m.). El testigo se extrajo en el ámbito de un robledal que ocupa aproximadamente 170 ha con estructura de monte bajo. En el pastizal se encuentran ciperáceas como *Carex camposii*, *Cyperus longus* y *Scirpus holoschoenus*, juncáceas (*Juncus effusus*, *J. conglomeratus*), gramíneas (*Holcus lanatus*, *Anthoxanthum odoratum*, *Poa trivialis*) y leguminosas (*Lotus uliginosus*, *Trifolium pratense*).

En el año 2013 se extrajo un testigo de 64 cm con una sonda rusa, en el que se realizaron cuatro datacio-

nes radiocarbónicas (Tabla 1). Las muestras se analizaron cada 2 cm y se establecieron cuatro zonas polínicas. En el diagrama obtenido (Fig. 2) se han agrupado los tipos polínicos en función de sus afinidades ecológicas (Tabla 2).

La subzona CAÑA1 (62-56 cm; ca. 2000-1560 cal BP) muestra un paisaje muy abierto desde los inicios del período Romano, como reflejan los bajos porcentajes de polen arbóreo. Los arbustos están relativamente extendidos, especialmente *Cytisus*, y los pastizales dominan claramente, con altos porcentajes de Poaceae, Vivaces (VA) y Nitrófilas antropógenas (NA), y más bajos de Nitrófilas antropozoógenas (NAZ). Destacan también los altos porcentajes de Cerealia y *Secale cereale*, que evidencian su cultivo local, aunque con una tendencia descendente. Los helechos marcan un llamativo máximo, relacionado probablemente con la intensa deforestación, con niveles crecientes de ciperáceas. Los hongos



Figura 1. Entorno de Cáñar en la Alpujarra granadina (Foto: Francisca Alba-Sánchez)

Tabla 1. Dataciones radiocarbónicas de la secuencia de Cáñar. Alba-Sánchez *et al.* (2021)

Ref. Lab.	Prof (cm)	Años BP	Años cal. BP
Poz-92960	16	260 ± 30 BP	151-171 280-331 357-431
Poz-92961	32	745 ± 30 BP	662-726
Poz-92962	48	1220 ± 30 BP	1063-1188 1203-1258
Poz-64990	62	2040 ± 30 BP	1903-1908 1923-2068 2079-2111

coprófilos están prácticamente ausentes, al igual que los microcarbones, que indicarían una escasa incidencia del pastoreo y del fuego en el área. En la siguiente subzona CAÑA2 (56-44 cm; ca. 1560-1000 cal BP) se mantienen los mínimos porcentajes de polen arbóreo. Los pastizales alcanzan su máxima extensión, dominados por valores crecientes de Poaceae y VA, frente al retroceso inicial de NA. También adquiere mayor importancia el cultivo de cereal, lo que podría ser característico del período Visigótico en el área. El declive de ese cultivo junto al posterior incremento de *Secale cereale*, la aparición de *Linum* y el aumento de los valores de los hongos coprófilos parece revelar un cambio en el uso del suelo, con una mayor importancia de las actividades ganaderas, probablemente asociadas al uso del fuego,

como indicaría el máximo en la concentración de microcarbones hacia el final de la subzona. Este cambio correspondería al establecimiento del período Islámico, con una economía multiproductiva.

La siguiente subzona CAÑB1 (44-16 cm; ca. 1000-335 cal BP) muestra el asentamiento del cambio en el uso del suelo iniciado en la subzona anterior. Se extiende la cobertura arbórea, debido principalmente al avance de los robledales de *Quercus pyrenaica* y a cultivos arbóreos como *Olea*. Los pastizales retroceden, tanto Poaceae como VA, mientras crecen NA, NAZ y los cultivos herbáceos. La aparición de HdV-18, indicador de fases húmedas, en el ámbito de la fase más árida de la Anomalía Climática Medieval, podría señalar el inicio

Tabla 2. Grupos polínicos asociados según sus afinidades ecológicas. Modificado de Alba-Sánchez *et al.* (2021)

Grupo	Polen y NPPs
Bosques de ribera	<i>Alnus</i> , <i>Fraxinus</i> , <i>Juglans</i> , <i>Prunus</i> , <i>Salix</i>
Cultivos	Cerealia, <i>Secale cereale</i> , <i>Vicia faba</i> , <i>Linum</i>
Vivaces antropozoógenas (VA)	<i>Allium</i> , Apiaceae, <i>Artemisia</i> , Brassicaceae, <i>Campanula</i> , Caryophyllaceae, Fabaceae, Liliaceae, <i>Ranunculus</i> , Rosaceae, Scrophulariaceae, <i>Viola</i>
Nitrófilas antropógenas (NA)	<i>Anthemis</i> , <i>Aster</i> , Boraginaceae, Cardueae, <i>Centaurea cyanus</i> , <i>C. nigra</i> , Cichorioideae, <i>Erodium</i> , <i>Galium</i> , <i>Geranium</i> , <i>Malva sylvestris</i>
Nitrófilas antropozoógenas (NAZ)	Amaranthaceae, <i>Plantago</i> , <i>Rumex</i> , <i>Urtica dioica</i>
Hongos coprófilos	<i>Gelasinospora</i> (HdV 1), <i>Gelasinospora</i> cf. <i>retispora</i> (HdV 2), <i>Chaetomium</i> (HdV 7A), <i>Sordaria</i> -t. (HdV 55), <i>Cercophora</i> (HdV 112), <i>Sporormiella</i> (HdV 113), <i>Coniochaeta</i> cf. <i>lignaria</i> (HdV 172), <i>Podospora</i> -t. (HdV 368)
Fases de erosión	<i>Glomus</i> , <i>Pseudoschizaea circula</i> , <i>Entorrhiza</i> (HdV 527)
Fases áridas	<i>Pleospora</i> (HdV 3B), HdV 16C, HdV 63C
Fases húmedas	HdV 18

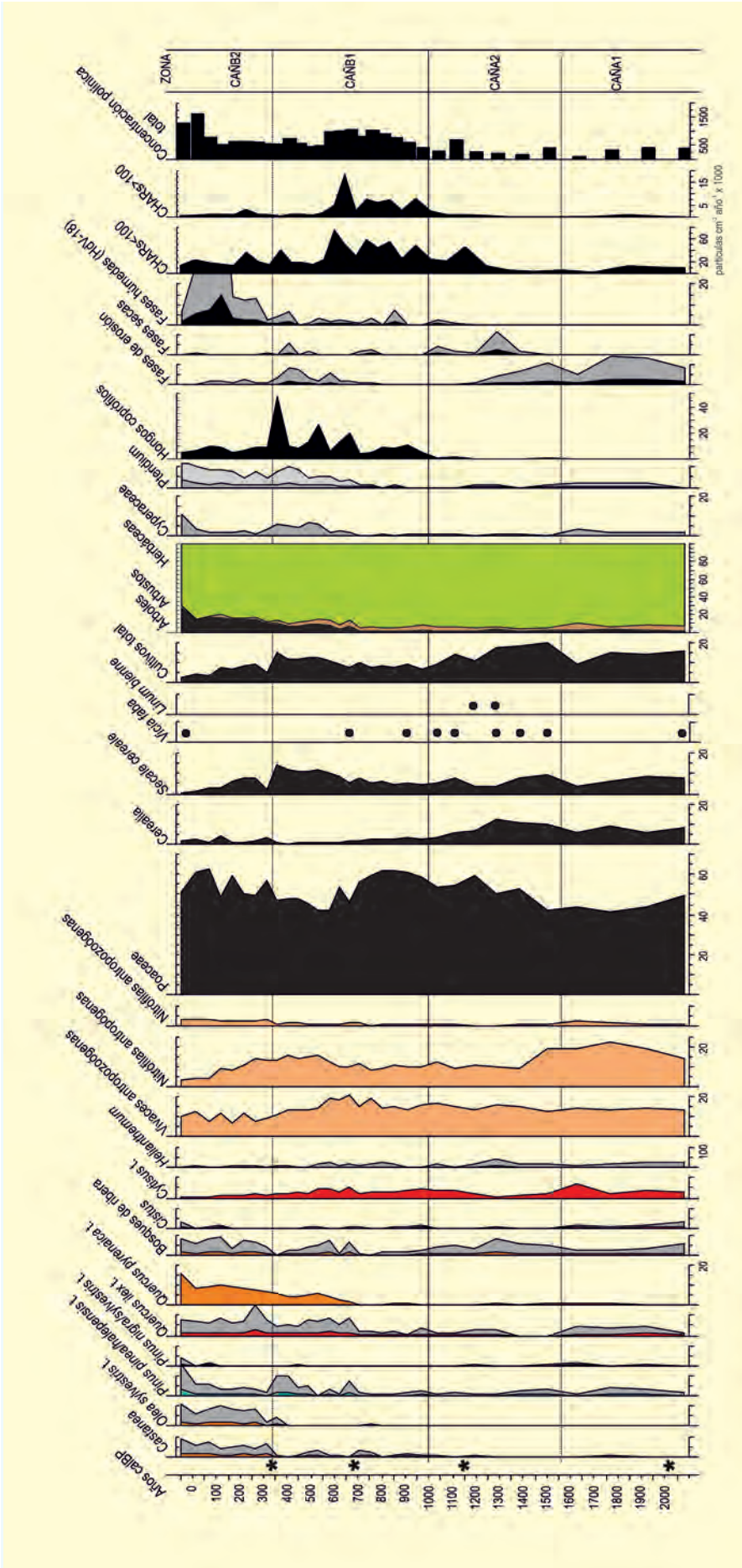


Figura 2. Diagrama polínico de la secuencia de Cáñar. Redibujado de Alba-Sánchez et al. (2021)

de la utilización de sistemas de regadío en esta zona, que habría contribuido a extender los recursos económicos de los pobladores. Los cultivos de secano, principalmente *Cerealia*, prácticamente desaparecen, mientras se desarrolla *Secale cereale*. La ganadería se integra en el sistema productivo con un manejo asociado al uso del fuego.

La zona más superficial CAÑBz (16-0 cm; ca. 335 cal BP-presente) muestra máximos de polen arbóreo, gracias sobre todo a *Quercus pyrenaica*, pero también a *Pinus pinea*, *Castanea* y *Olea*. Las herbáceas, en consecuencia, registran sus niveles mínimos, especialmente Poaceae y NA, mientras que NAZ alcanzan sus máximos en la secuencia. Los cultivos también retroceden, pero mantienen porcentajes mínimos. Los hongos coprófilos continúan mostrando altos valores lo que, unido al incremento de NAZ, podría indicar cierta sedentarización de la ganadería. Los también altos niveles de HdV-18 podrían indicar el restablecimiento del regadío. Nuevas medidas de manejo se introducen desde mediados del siglo XVIII en la zona, que favore-

cen la protección, en primera instancia, de los robledales y, posteriormente, de los pinares. Además, la intensificación de las actividades humanas ha contribuido, por un lado, al desarrollo de olivares y castaños y, por otro, al establecimiento de la ganadería.

El registro de Cáñar revela un paisaje prácticamente deforestado desde los inicios del período Romano. El establecimiento del período Islámico trajo consigo la mayor transformación del uso del suelo, especialmente con la instalación de nuevos sistemas de regadío, que permitieron una mayor diversificación de los recursos económicos. Junto a la intensificación de la presión humana, diversas medidas de protección del arbolado, especialmente de los robledales de *Quercus pyrenaica* y de los pinares, han contribuido a un acusado incremento de la cobertura arbórea, sobre todo en épocas más recientes.

Más información

Alba-Sánchez *et al.* (2021)