XXXV JORNADAS DE PALEONTOLOGÍA

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PALEONTOLOGÍA

BAZA 2-5 OCTUBRE DE 2019

Libro de Resúmenes

Mammut borsoni *Anancus arvernensis*

B. Martínez-Navarro, P. Palmqvist,
M.P. Espigares y S. Ros-Montoya (Eds)

LIBRO DE RESÚMENES
XXXV JORNADAS DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PALEONTOLOGÍA

Baza, 2 - 5 de octubre 2019

Editores:

Bienvenido Martínez-Navarro, Paul Palmqvist, Mª Patrocinio Espigares y Sergio Ros-Montoya

Jornadas de Paleontología (35. 2019.Baza)

Libro de Resúmenes de las XXXV Jornadas de Paleontología/editores, Bienvenido Martínez-Navarro, Paul Palmqvist, Mª Patrocinio Espigares y Sergio Ros-Montoya

ISBN: 978-84-09-14609-3

Depósito Legal: GR-1191-2019

Este proyecto se ha financiado por:

Universidad de Málaga
Proyecto de Investigación RNM-146 de la Junta de Andalucía
Fundación Caja Rural de Granada

Edita:

Institut Català de Paleoecologia Humana y Evolució Social (IPHES) y Universidad de Málaga (UMA)

Impresión y Encuadernación:

GRX Servicios Gráficos

Reservados todos los derechos. No se permite la reproducción total o parcial de esta obra, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio (electrónico, mecánico, fotocopia, grabación, etc.) sin autorización previa y por escrito de el autor y/o editores. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (Art. 270 y siguientes del Código Penal).

Comité Organizador

Presidente:
Bienvenido Martínez-Navarro (ICREA-IPHES-URV)

Vicepresidente:
Paul Palmqvist Barrena (UMA)

Secretaria:
María Patrocinio Espigares Ortiz (UMA)

Tesorero:
Sergio Ros-Montoya (UMA)

Vocales:

Francisco Javier Luengo Gutiérrez (IPHES, URV)
Lorenzo Sánchez Quirante (Museo Arqueológico de Baza)
Josefa Martínez Talavera (UNED Baza)

Comité científico

Luis Alcalá Martínez, Fundación Dinópolis, Teruel
Laia Alegret Badiola, Universidad de Zaragoza
Eloísa Bernáldez Sánchez, Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, Sevilla
Hugues-Alexandre Blain, Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolucio Social
Héctor Botella Sevilla, Universidad de Valencia
Juan Carlos Braga Alarcón, Universidad de Granada
Marc Furió Bruno, Institut Català de Paleontologia M. Crusafont, Univ. Autòn. Barcelona
José Ignacio Canudo Sanagustín, Universidad de Zaragoza
Carolina Castillo Ruiz, Universidad de La Laguna
María José Comas Rengifo, Universidad Complutense de Madrid
Rosa Domènech Arnal, Universidad de Barcelona
Esperanza Fernández Martínez, Universidad de León
Borja Figueirido Castillo, Universidad de Málaga
Aurora Grandal D'Anglade, Universidad de A Coruña
Joan Madurell Malapeira, Institut Català de Paleontologia M. Crusafont
Elvira Martín Suárez, Universidad de Granada
Eduardo Mayoral Alfaro, Universidad de Huelva
Raef Minwer-Barakat Requena, Universidad de Granada
Luis O'Dogherty Luy, Universidad de Cádiz
Francisco Ortega Coloma, UNED, Madrid
Xabier Pereda Suberbiola, Universidad del País Vasco
Juan Antonio Pérez Claros, Universidad de Málaga

Isabel Rábano Gutiérrez del Arroyo, Instituto Geológico y Minero de España
Francisco Javier Rodríguez Tovar, Universidad de Granada
Matías Reolid Pérez, Universidad de Jaén
Manuel Salesa Calvo, Museo Nacional de Ciencias Naturales-CSIC, Madrid
Francisco Serrano Lozano, Universidad de Málaga
Francisco Javier Sierro Sánchez, Universidad de Salamanca
Montserrat Truyols Massoni, Universidad de Oviedo

Junta Directiva de la Sociedad Española de Paleontología

Presidente: Francisco J. Rodríguez Tovar

Vicepresidenta: Isabel Rábano Gutiérrez del Arroyo

Secretario: Matías Reolid Pérez

Tesorera: Ángela Raquel Fraguas Herráez

Editor: Julio Aguirre Rodríguez

Editores adjuntos: Gonzalo Jiménez Moreno
Carlos Martínez Pérez

Vocales: Laia Alegret Badiola
Carmen Álvarez Vázquez
Esperanza Fernández Martínez
Enrique Peñalver Mollá
Ana Rosa Gómez Cano

Conferencia Inaugural

Rook, L. Ruscinian and Villafranchian: an historical review of two large mammals biochronologic unit in the Pliocene and Early Pleistocene of Europe..... **3**

Resúmenes

Aguirre, J., Aranda, S., Braga, J.C., Checa, A., Company, M., Dorador, J., García-Alix, A., Jiménez, A., Jiménez, G., Martín, E., Minwer-Barakat, R., Montes, S., Olóriz, F., Rivas, P., Rodrigo, M., Rodríguez-Tovar, F.J. & Sandoval. J. Los fósiles de la ciudad..... **7**

Alcalá, L., Ayala, D., Cobos, A., Espílez, E., González, A., Mampel L. & Royo-Torres, R. ¿Sueñan los turistas con dinosaurios electrizantes?..... **11**

Álvarez Álvarez, D., Blanco-Ferrera, S. & Sanz-López, J. Estudio del índice de alteración del color de los conodontos (CAI) y de las alteraciones superficiales en elementos procedentes de la Formación Iraty (Bashkiriense, Pirineos)..... **15**

Álvarez-Parra S., Barrón E. & Rodrigo. A. Yacimientos de ámbar de la Cuenca del Maestrazgo. Importancia patrimonial..... **19**

Álvarez-Vázquez, C., Knight, Peláez, J.I. & Sardina, L. Revisiting the reconstructions of Pennsylvanian tree and forest..... **23**

Álvarez-Vázquez, C., Knight, J.A. & Sardina, L.J. Reclaiming *Lobatopteris* Wagner: a form-genus for lobing pecopterid foliage of the Upper Pennsylvanian..... **25**

Baeza, E., Delvene, G., Piñuela, L. & García-Ramos, J.C. Replicando la Serie Tipo de los bivalvos de agua dulce del Jurásico asturiano..... **29**

Baeza-Carratalá, J.F., Giannetti, A., Benavente, D. & Cuevas-González, J. Análisis de elementos traza en braquiópodos del Jurásico inferior del Subbético Oriental. Correlación con las señales bióticas e implicaciones en eventos críticos..... **33**

Bailon S. & Verbeke. C. Reptiles escamosos del Mioceno final (MN13) de Salobreña (Granada, España)..... **37**

Bartolini Lucenti, S., Bushkhianidze, M., Lordkipanidze, D., Martínez-Navarro, B. & Rook, L. The carnivorans guild from the Early Pleistocene site of Dmanisi (Georgia)..... **39**

Blanco-Ferrera, S. & Sanz-López, J. Implicaciones de los nuevos hallazgos de conodontos entorno a la primera aparición de *Declinognathodus* en el Carbonífero de la Cordillera Cantábrica..... **41**

Blanco-Moreno, C., Gomez, B. & Buscalioni, Á.D. Paleobiogeografía de los helechos Cretácicos *Ruffordia goeppertii* y *Onychiopsis psilotoides*..... **45**

Cardenal, J., Reolid, M., Cobo-Carrillo, J., Mata, E., Mozas, A., Pérez-García, J.L., Gómez-López, J.M. & Delgado, J. Proyecto del Museo Paleontológico Virtual de la Universidad de Jaén (PALEOV-Jaén)..... **49**

Casinos. A. En el centenario de la muerte de Ernst Haeckel. Vicisitudes de sus hipótesis filogenéticas..... **53**

Castillo Ruiz, C., Castro Rosa, J.R., González Montelongo, C. & Santos Guerra, A. *Fossil-lagerstätte* de plantas en terrenos volcánicos..... **55**

Castillo Ruiz, C. & Cruzado Caballero, P. El patrimonio paleontológico de Canarias. Un referente para el desarrollo cultural y ambiental del Atlántico a proteger..... **59**

Castillo Ruiz, C., La Roche Brier, F. & Verde Cataldo, M. Novedad en el registro paleoicnológico canario: trazas fósiles de abejas (*Palmiraichnus)* en Tenerife..... **63**

Cobos, A., Royo-Torres, R., González, A. & Alcalá, L. La Ruta del Dinosaurio en El Castellar (Teruel): la Paleontología como factor de desarrollo territorial en el medio rural..... **67**

Coca Ortega, C. & Pérez Claros, J.A. Adaptaciones secundarias de la familia Hyaenidae a dietas durófagas y carnívoras..... **71**

Coca Ortega, C. & Pérez Claros, J.A. Sobre la estimación de la masa corporal de *Pachycrocuta brevirostris* y *Crocuta crocuta spelaea*..... **75**

Collantes, L., Gozalo, R., Mayoral, E., Garzón, I., Chirivella, J.B. & Liñán, E. Trilobites Olenelinos en el Cámbrico Inferior (Marianiense) de la Provincia de Huelva..... **79**

Costa-Pérez, M., Serrano, F.J., Martín-Serra, A. Evolución mofofuncional del húmero en las aves modernas (Neornithes)..... **83**

De la Torre, D., Baena Preysler, J., Luengo Gutiérrez F.J., Palmqvist, P. & Ros-Montoya, S. Sistemas de información geográfica (SIG) aplicados a la paleontología. Cuenca de Guadix-Baza, un ejemplo de distribución. **87**

De Renzi. M. Planes Corporales Animales—Algunos Aspectos Relacionados con su Evolución..... **93**

De Renzi M. & Mayoral. E. An empirical morphospace for *Gyrolithes*—a general approach..... **97**

Delvene, G., Menéndez, S., Vegas, J. La necesidad de promover la cooperación internacional para la regulación del comercio internacional de elementos muebles del patrimonio paleontológico..... **99**

Dorador, J., Rodríguez-Tovar, F.J., Mena, A. & Francés, G. Estudio icnológico de sedimentos contorníticos en el Margen NW de la Península Ibérica: condiciones paleoambientales afectadas por corrientes de fondo..... **103**

Escaso, F., Gasulla, J.M., Narváez, I., Sanz J.L. & Ortega, F. Nueva Información Anatómica del Ornitópodo Estiracosterno *Morelladon beltrani* del Barremiense Superior de la Formación Arcillas de Morella (Castellón, España)..... **105**

Fesharaki, O. & Rodrigo, A. Aprender la historia de la Tierra y la Vida a través de fichas didácticas, una propuesta para el Museo Geominero..... **107**

Fidalgo Casares, D., Fernández-Martínez, E. & Castaño de Luis, R. Vertebrados del Neógeno de la provincia de León: un patrimonio olvidado..... **111**

Figueirido, B. & Lautenschlager, S. Convergencia morfológica y disparidad funcional en vertebrados sinápsidos con caninos en forma de sable..... **115**

Fraguas A. & Hillebrandt, A.v. Respuesta de los Nanofósiles Calcáreos al Evento de Extinción Masiva del Límite Triásico/Jurásico en Los Alpes Calcáreos Septentrionales (Austria)..... **119**

García-Aguilar, J. M., Guerra-Merchán, A., Palmqvist, P., Martínez-Navarro, B., Granados, A., Espigares, M.P., & Ros-Montoya. S. Lugares de interés paleontológico de la cuenca de Baza (Cordilleras Béticas, España)..... **125**

Gozalo, R., Chirivella Martorell, J.B., Dies Álvarez, MªE. & Liñán. E. Revisión bioestratigráfica de los trilobites del Piso Wuliuense (Serie Miaolingiense, Cámbrico) en las Cadenas Ibéricas (NE de España)..... **129**

Granados, A., Guerra-Merchán, A., Espigares, M.P., García-Aguilar, J.M., Ros-Montoya, S., Martínez-Navarro, B. & Palmqvist. P. Aportación de los Ostrácodos a la Reconstrucción Paleoambiental de la Serie Pliocena de Baza (Sur de España)..... **131**

Guerrero, A., Ortega, F. & Pérez-García, A. Análisis Preliminar de una Patología en una Tortuga Pleurodira del Cretácico Superior de Lo Hueco..... **135**

Iannucci, A., Bellucci, L., Conti, J., Iurino, D.A. Mazzini, I., Mecozzi, B., Strani, F. & Sardella. R. New Suidae material (Mammalia, Artiodactyla) from the Early Villafranchian of Collepardo (central Italy)..... **137**

Janés Balaguer, N., Ruiz Sánchez, F.J., Montoya Belló, P., Corbí Sevila, H., Crespo Roures, V.D., Marquina Blasco, R., Fagoaga Moreno, A. & Sánchez López, L. Modelización del Depósito Fosilífero del Yacimiento del Mioceno Superior (Mn13) de Venta del Moro Mediante Técnicas del SIG..... **139**

Karoui-Yaakoub, N., Sciuto, F. & Bejaoui, S. Systematic and paleoecology of Plio-Pleistocene ostracoda from North Tunisia..... **143**

Liao, J-C. & Valenzuela-Ríos, J.I. Herramientas para la calibración del Givetiense (Devónico Medio): conodonto estratigrafía de alta resolución vs. Astrocronología..... **145**

López-Guerrero, P., Gómez-Cano, A., Carro-Rodríguez, P.M., Domingo, L. Gamboa, S., Menéndez, I., Rios, M., Sualdea, L.R., Yelo, B.G., Oliver. A. Roles y género en el yacimiento paleontológico de Somosaguas..... **147**

Luengo Gutiérrez, F.J., Ros-Montoya, S., Espigares, M.P., Palmqvist, P., Guerra-Merchán, A., García-Aguilar, J.M., Mtimet, M., Rodríguez Rueda, A., De la Torre, D. Medin, T., Martínez-Navarro, B. Mejoras en el sistema de documentación 3D en yacimientos paleontológicos: el caso de Baza-1 (Granada, España). **151**

Madurell-Malapeira, J., Sorbelli, L., Bartolini Lucenti, S., Rufí, I., Prat-Vericat, M., Ros-Montoya, S., Espigares, M.P. & Martínez-Navarro, B. The Iberian latest Early Pleistocene: Glacial pulses, large carnivorans and hominins..... **155**

Madurell-Malapeira, J., Sorbelli, L., Ros-Montoya, S., Martínez-Navarro, B., Vallverdú, J., Pineda, A., Rosas, A., Huguet, R., Cáceres, I., García-Tabernero, A., López-Polín, L., Ollé, A. & Saladié, P. Acheulian tools and Villafranchian taxa: the latest Early Pleistocene large mammal assemblage from Barranc de la Boella (NE Iberian Peninsula)..... **161**

Manzanero Criado, E. Representación de Hipótesis en Paleoarte. El Caso Dinosaurios del Cretácico de Castilla-La Mancha..... **167**

Martín-Abad, H., Blanco-Moreno, C., Barrios de Pedro, S., Marugán-Lobón, J. & Buscalioni, A.D. Dinámica del paleoecosistema de Las Hoyas: un análisis a tres niveles..... **171**

Martín-Closas, C., Pérez-Cano, J., Sanjuan, J. & Vicente, A. Efectos de la insularidad en las floras de carofitas del Cretácico de Iberia..... **175**

Martín-Serra, A., Janis, C.M., Napoli, J. & Billingham, C. El modo de locomoción a baja velocidad en canguros gigantes extintos: ¿Qué información proporciona la epífisis proximal del húmero?..... **179**

Mayoral, E., Santos, A., Galindo, I., Martín-González, E. & Mangas. J. Contenido icnológico del Miembro medio de la Formación Detrítica Las Palmas (Mio-Plioceno) en el yacimiento de Cuevas del Guincho, Gran Canaria..... **183**

Menéndez, S. & Quiralte, M.V. Fósiles históricos de la provincia de Granada en las colecciones paleontológicas del Museo Geominero (IGME, Madrid, España)..... **187**

Meseguer-Despons, E., Gómez de Soler, B., Campeny Vall-Llosera, G., Agustí, J. & Madurell-Malapeira. J. Early Villafranchian Tapirs from the Camp Dels Ninots Maar (La Selva Basin, NE Iberian Peninsula)..... **193**

Miguez-Salas, O., Rodríguez-Tovar, F.J. & Uchman, A. An example of lazarus burrowing behaviour through a new teichichnoid trace fossil *Syringomorpha ciprosensis* from the Miocene of Cyprus..... **197**

Mtimet, M.S., Bailón, S., Blain, H.A., López-García, J.M., Amri, L., Karoui-Yaakoub, N., Martínez-Navarro, B. Paleoecological and Palaeoenvironmental Conditions of the Early Middle Pleistocene Site of Wadi Sarrat (El Kef, Tunisia). Inferred from Herpetofaunal Assemblage..... **201**

Narváez, I., de Celis, A., Serrano-Martínez, A. & Ortega, F. Variabilidad intraespecífica craneal en *Lohuecosuchus megadontos* (Crocodiliformes, Allodaposuchidae) del Cretácico superior de Lo Hueco (Cuenca)..... **203**

Palmqvist, P., Rodríguez-Gómez, G., Bermúdez de Castro, J.M., García-Aguilar, J.M., Espigares, M.P., Ros-Montoya, S., Granados, A., Serrano, F.J., Martínez-Navarro, B. & Guerra-Merchán, A. Inferencias sobre la Población de Homininos que habitó en la Depresión de Guadix-Baza durante el Pleistoceno Inferior. **205**

Pérez-Cano, J., Bover-Arnal, T. & Martín-Closas, C. Distribución paleoambiental de las carofitas del Barremiense de la Cuenca del Maestrazgo..... **211**

Pérez-García, A., Espílez, E., Mampel L. & Alcalá, L. Nuevos datos sobre las tortugas del Albiense (Cretácico inferior) de Ariño (Teruel)..... **215**

Pérez-Martín, S., Cruzado-Caballero, P., Castillo Ruiz, C. & Fortuni, J. Modelización 3D del registro fósil de islas volcánicas oceánicas activas: las Islas Canarias..... **217**

Pérez Ramos, A & Figueirido, B. Adaptaciones y Limitaciones del Oso de las Cavernas (*Ursus Spelaeus* S.L.) a las Fluctuaciones Climáticas del Pleistoceno..... **221**

Pérez-Ramos A. & Llácer, S. Avances y mejoras en el uso de tecnología 3D..... **227**

Piñuela, L. & García-Ramos, J.C. Icnitas de estegosaurios: rasgos anatómicos vs extramorfológicos..... **231**

Prat-Vericat, M., Rufí, I., Llenas, M. & Madurell-Malapeira, J. Middle to Late Pleistocene large mammal assemblages from La Grotte de la Carrière (Têt Valley, Eastern Pyrenees)..... **235**

Robles-Salcedo, R. & Vicedo, V. Arquitectura y Paleobiogeografía de los siderolítidos del Maastrichtiense..... **239**

Rodríguez, S., Somerville, I. D., Cózar, P., Sanz-López, J., Coronado, I., González, F., Said, I. & El Houicha, M. Implicaciones bioestratigráficas y biogeográficas de las asociaciones de foraminíferos, conodontos y corales de Ba Moussa oeste (Marruecos)..... **243**

Rodríguez-Castro, I., Rodríguez, S. & Fregenal-Martínez, M.A. Depósitos de flujos en masa y carbón en la formación Valdeteja (Bashkiriense) en Truébano (León, Cordillera Cantábrica)..... **247**

Rodríguez-Gómez, G., Cassini, G.H., Bargo, M.S., Toledo, N., Kay, R.F., Martín-González, J.A., Palmqvist, P. & Vizcaíno, S.F. Análisis de la hipotética comunidad depauperada de carnívoros de la Formación Santa Cruz (Mioceno inferior), Patagonia, Argentina..... **251**

Rodríguez-Gómez, G., Salvador De Lara, M., Martín-González, J.A. & Palmqvist, P. Modelando la red trófica de grandes mamíferos de los yacimientos de Orce: reconstrucción de las relaciones depredador-presa para el primer poblamiento humano de Europa Occidental..... **257**

Rodríguez-Tovar, F. J. Recuperación tras la crisis: El análisis icnológico clave para evaluar el evento de extinción del límite Cretácico/Paleógeno..... **263**

Roldán, R., Bajo, I., Cárdenas, J., Martínez-Navarro, B., Maestre, M.V., Cristel Gómez Montblanch, D., Abad, M., Alberdi, M.T. Primer registro de mamíferos terrestres en el Mioceno del suroeste de la Península Ibérica..... **267**

Royo-Torres, R., Cobos, A. & Alcalá, L. Una semana cultural sobre dinosaurios en Educación Infantil y Primaria como experiencia educativa..... **271**

Ruiz Sánchez, F.J., de Santisteban Bové, C., Marquina Blasco, R., Fagoaga Moreno, A. & Sánchez López, L. Gestionando el Patrimonio Paleontológico sobre la Única Base de la Cartografía Geológica: Paradigma de un Error Metodológico..... **275**

Sánchez Cela, I., Blanco-Ferrera, S. & Sanz-López, J. Especies del conodonto *Siphonodella* en la Formación Chappel de Texas (Tournaisiense, Carbonífero)..... **279**

Sendra, J.R. & Reolid, M. Registro de *Metaxytherium subapenninum* (Bruno, 1839), el último sirenio del Mediterráneo en el Piacenciense de Cuevas del Almanzora (Cuenca de Vera, Almería, España)..... **283**

Serrano., F.J., Chiappe., L.M., Palmqvist, P., Figueirido, B. & Sanz. J.L. Evolución del Vuelo Propulsado en Las Aves Basales Durante el Mesozoico..... **287**

Silvério, G., Liao, J.C., Escribano, M. &Valenzuela-Ríos J.I. Famennian. (Upper Devonian) conodonts from the Vi-I and CP sections (Spanish Central Pyrenees): preliminary data..... **291**

Sorbelli, L., Cherin, M., Alba, D. M. & Madurell-Malapeira, J. The Epivillafranchian *Bison schoetensacki* sample from the Vallparadís Section..... **295**

Tosal, A., Valero, L., Sanjuan, J. & Martín-Closas, C. Influencia de los ciclos climáticos de alta frecuencia en la distribución de la flora del tránsito Eoceno-Oligoceno de la Cuenca del Ebro oriental..... **299**

Valenzuela-Ríos J.I. & Liao, J.-C. Conodonto-bioestratigrafía de alta resolución en el Lochkoviense (Devónico Inferior) de los Pirineos, cambios climáticos, ciclos de Milankovitch..... **303**

Vicedo, V., Troya, L., Robles-Salcedo, R., Francisco Carrasco, J., Adserà, P., Puig, C. & Berástegui, X. Accesibilidad a las Colecciones Paleontológicas: La Base de Datos de Tipos Depositados en Cataluña..... **307**

Vidal. D. Montajes de Esqueletos de Sauropodomorfos como Herramienta para Evaluar Hipótesis Científicas. **311**

Vitón, I., Comas-Rengifo, M.J. & Paredes, R. Sinemurian (Lower Jurassic) Gastropods of the Lusitanian Basin..... **315**

Guías de Excursiones

Martínez-Navarro, B., García-Aguilar, J.M., Guerra-Merchán, A., Granados, A., Espigares, M.P., Ros-Montoya, S. & P. Palmqvist. Los Principales Yacimientos Paleontológicos de la Cuenca de Baza..... **319**

Aguirre, J., Braga, J.C. & Martín, J. M. El Plioceno Marino al Sur de Sierra Alhamilla y Sierra Cabrera (Provincia de Almería)..... **355**

BIENVENIDA

Desde que se creó la Sociedad Española de Paleontología en octubre de 1985, hace ya 34 años, los investigadores que trabajamos en la hoya de Baza hemos pensado que era necesario celebrar unas Jornadas de Paleontología en esta cuenca, donde posiblemente se encuentra el mejor registro paleontológico del Plio-Pleistoceno continental de todo el continente europeo. Sin embargo, por diversas cuestiones, la celebración de estas Jornadas se ha ido posponiendo durante más de tres décadas.

Por fin, las XXXV Jornadas, en 2019, se celebran en Baza y es un placer para todo el comité organizador poder mostrar en vivo y en directo la riqueza paleontológica de esta cuenca andaluza. En ellas, conjuntamente con los importantes yacimientos conocidos por todos, de Orce, Huéscar y demás, vamos a mostrar, por primera vez a la comunidad científica, el yacimiento plioceno de Baza-1, que se sitúa junto al casco urbano de la ciudad que le da nombre. Su riqueza paleontológica es única para un momento tan desconocido como es el Rusciniense (Plioceno inferior) en los registros continentales de Europa. La abundancia de restos de mamíferos y otros vertebrados (especialmente anfibios, reptiles y peces), conjuntamente con una buena conservación de restos vegetales, convertirá este yacimiento en un punto de referencia muy importante para este intervalo temporal.

Aprovechamos para dar la bienvenida a todos los participantes en las Jornadas de Baza, quienes nos pondrán al día sobre sus investigaciones, todas ellas de altísima calidad. Especialmente, queremos agradecer el esfuerzo de los más jóvenes, algunos ya notables investigadores, pues son el futuro de la Paleontología española.

Os deseamos que disfrutéis de las Jornadas, de la bonita ciudad de Baza y de sus buenas gentes.

No queremos acabar este escrito sin recordar y agradecer el trabajo científico realizado en esta cuenca durante el ya casi medio siglo transcurrido desde que se iniciaron de manera continuada las investigaciones geológicas, paleontológicas y arqueológicas. En primer lugar, a los pioneros, Juan Antonio Vera Torres, quien fue el primero en describir de manera coherente la geología de la cuenca, a Miguel Botella, quien fue el primero en realizar una excavación sistemática en extensión en el yacimiento del Pleistoceno medio de La Solana del Zamborino en Fonelas, a Antonio Ruiz-Bustos, prematuramente fallecido hace un par de años, quien extendió las investigaciones hasta el Pleistoceno medio de Cúllar, y a José Gibert, también desgraciadamente fallecido en 2007, quien puso a Orce en el mapa de la Ciencia. A partir de estas primeras contribuciones, se ha generado una inmensa cantidad de datos por parte de todos los investigadores que en sus respectivas especialidades han contribuido, de una manera u otra, al mejor conocimiento de esta cuenca y de la paleontología y prehistoria de Europa. A todos ellos, nuestro más sincero reconocimiento y agradecimiento.

Finalmente, queremos agradecer también a todas las instituciones y personas que han colaborado en la organización de estas Jornadas y, especialmente, a todos los habitantes de Baza, Orce, Huéscar y demás pueblos de la cuenca, por el extraordinario acogimiento y ayuda que siempre nos han brindado.

El Comité Organizador de las XXXV Jornadas de Paleontología

CONFERENCIA INAUGURAL

RESÚMENES

GUÍAS DE EXCURSIONES

RUSCINIAN AND VILLAFRANCHIAN: AN HISTORICAL REVIEW OF TWO LARGE MAMMAL BIOCHRONOLOGIC UNITS IN THE PLIOCENE AND EARLY PLEISTOCENE OF EUROPE

Lorenzo Rook

Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Firenze, Via G. La Pira 4, 50121 Firenze (Italy). lorenzo.rook@unifi.it

Vertebrate paleontologists subdivide geological time using biochronological scales based on the succession of evolutionary stage of faunal assemblages and dispersal events, the Mammal Ages *sensu* Lindsay (1990). (See also Tedford, 1979; Woodburne, 1977; Guérin, 1990; Lindsay & Tedford, 1990; Lindsay, 2003).

The European continental mammal biochronology has been developed in the 1960s and 1970s thanks to the pioneering work of eminent vertebrate paleontologists like Emile Heintz and Pierre Mein in France and Augusto Azzaroli in Italy.

The Mammal Age Ruscinian is an European biochronological unit based on large mammals spanning the Early Pliocene and part of the Late Pliocene (5,3 to 3,5 Ma; corresponding to the Zanclean and first part of the Piacenzian), while the subsequent Mammal Age Villafranchian spans from the latest part of the Late Pliocene to most of the Early Pleistocene times (3,5 to 1,0Ma; corresponding to the late Piacenzian, the Gelasian, and the early part of Calabrian). "Ruscinian" and "Villafranchian" both are concept of widespread use within the scientific community of continental stratigraphers in Southern Europe, unfortunately sometimes in the wrong way or in wrong contexts.

The term "Ruscinian" has been introduced in the literature in relatively recent times. Ruscinian (from the Latinization of Roussillon, a well-known local fauna in southern France wich is chronologically equivalent to Montpellier and other sites in the area of Perpignan) was originally intended by Kretzoi (1962) in order to identify assemblages from the period just older than that represented by the site of "Csarnota1.f" in Hungary, which is itself just pre-Villafranchian in age, and for the latter assemblage Kretzoi also proposed the use of "Csarnotian".

In the following years, some authors report in their schemes Ruscinian from faunas younger than

the Turolian "Stage" and Csarnotian for those older than the Villafranchian "Stage" (e.g. Tobien, 1970). The use of the Ruscinian as a single formal unit to represent faunal assemblages older than the Villafranchian "Stage" and younger than the Turolian "Stage" (with the suppression of the term "Csarnotian") was proposed at the 1971 RCMNS meeting in Lyon (Berggren & van Couvering, 1974; Lindasy & Tedford,1990), and since then its use is consolidated.

In contrast, much longer (and debated) is the history of the term Villafranchian. It has been proposed by Pareto in 1865 as a continental stage referring to fluvial and lacustrine sediments in the surroundings of Villafranca d'Asti (Piedmont) that contained remnants of mammal fauna. The same author included within the Villafranchian definition also mammalian faunas from Upper and Lower Valdarno in Tuscany. It was generally considered to represent the youngest part of the continental Pliocene and in 1916 Gignoux proposed a correlation of this stage with his marine Calabrian, the latest assumed at that time to represent the late Pliocene. In 1948, at the 18th International geological Congress held in London, it was agreed to place the Calabrian at the base of the Pleistocene and consequently, the Villafranchian was also considered to represent the earliest stage of the continental Pleistocene. Some authors (Azzaroli, 1962, 1970) remarked however that the so-called "Villafranchian mammal assemblages" are not homogeneous, nor strictly contemporary.

A first attempt to subdivide "Villafranchian" mammal assemblages is probably detectable in the early 1960's pioneering works of Howell (1959), Bout (1960, 1967), Bourdier (1961) and Azzaroli (1962). In the following years, both Heintz (Heintz 1968, 1970; Heintz et al, 1974) and Azzaroli (Azzaroli, 1970; Azzaroli & Vialli, 1971) proposed a comparable structured subdivision of the Villafranchian. The chronological sub-division of the Villafranchian was thus extensively discussed during two meeting in 1975 and 1976 (Azzaroli, 1977; Alberdi & Aguirre, 1977). As a result, a number of successive faunal units (Azzaroli, 1977, 1983 originally described six) were recognized subdividing the Villafranchian into Early, Middle and Late Villafranchian.

In the International Stratigraphic Scale, the Early Ruscinian corresponds to the Early Pliocene from ~5.3 to ~4.2 (most of the Zanclean), the Late Ruscinian to late Early Pliocene and parte of the Late Pliocene from~4.2 to ~3.5 (the latest Zanclean and early Piacenzian), while the Early Villafranchian corresponds to the latest Late Pliocene from ~3.5 to ~2.6 Ma (the final part of the Piacenzian), the Middle Villafranchian to the early part of the Early Pleistocene (Matuyama pre-Olduvai subchron), from ~2.6 to ~2.0 Ma (most of the Gelasian), and the Late Villafranchian covers most of the rest of the Early Pleistocene (Matuyama from Olduvai to Jaramillo subchronon), a time span from ~2.0 to ~1.0 (that includes the latest part of the Gelasian to part of the Calabrian). Within these limits the Ruscinian spans from about 5.3 to 3,5 Ma and the Villafranchian spans from around 3.5 Ma to about 1.0-1.1 Ma. Together these two biochronologic units covers a time span of more than 4 million hears of biochronologic history of continental western Europe.

Especially the Villafranchian, which with his approximately 2.5 my duration, in his long time interval remarkable faunal changes took place. The term has come thus to lose much of its intrinsic value (Azzaroli, 1977) and its name is maintained for historical reasons and for the sake of stability in nomenclature but has no real meaning unless it is used with definite qualification: early Villafranchian, middle Villafranchian, and late Villafranchian, or better with the indication of a definite faunal unit (Azzaroli, 1992). Till the mid 1980's most references to the Villafranchian were implying correlations (direct or indirect) to the French /Spanish or even Dutch faunal succession

(Etouaires, Vialete, Villarroya, Roccaneyra, St. Vallier, Puebla del Valverde, Senèze, Tegelen) and also to Italian land mammal sites (Triversa, Lower and Upper Valdarno).

During 80's Mein (1975, 1990) and Guerin (Guérin 1982, 1990; Faure & Guerin, 1992) significantly contributed to the subdivision of Ruscinian and Villafranchian through the MN/MNQ zone-system. The Ruscinian including MN14 and MN15, the Villafranchian including MN16a (Early Villafranchian), and MN16b and MN17 (Middle Villafranchian), while the Late Villafranchian falls outside the Mein zonation. It is subdivided more commonly with the use of "Faunal Units" (cfr. Azzaroli et al 1982, 1988; Rook & Martinez Navarro, 2010) more than the MNQ (Mammal Neogene Quaternary) units. The latter were defined by Guérin (Guérin, 1982; Faure & Guerin, 1992) as an extension of the previously existing MN units for the European and circum-Mediterranean Neogene.

References

Alberdi, M.T. & Aguirre, E., 1977. Round table on Mastostratigraphy of the Mediterranean Neogene, Madrid 28 sept. / 1 oct. 1976. Trabajos sobre Neògeno-Cuaternario 7, 1-47.

Azzaroli, A., 1962. Rinoceronti Pliocenici del Valdarno Inferiore. Palaeontographia Italica 57, 11-20.

Azzaroli, A., 1970. Villafranchian correlations based on large mammals. Giornale di Geologia 35, 111-131.

Azzaroli, A., 1977. The Villafranchian stage in Italy and the Plio–Pleistocene boundary. Giornale di Geologia 41, 61-79.

Azzaroli, A. 1983. Quaternary Mammals and the End-Villafranchian Dispersal event - a turning point in the history of Eurasia. Palaeogeography, Palaeoecology, Palaeoclimatology 44, 117-139.

Azzaroli, A., 1992. The cervid genus Pseudodama n.g. in the Villafranchian of Tuscany. Palaeontographia Italica 79, 1-41.

Azzaroli, A., De Giuli, C., Ficcarelli, G., Torre, D., 1982. Table of stratigraphic distribution of terrestrial mammalian faunas in Italy from the Pliocene to the early Middle Pleistocene. Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria 5, 55-58.

Azzaroli, A., De Giuli, C., Ficcarelli, G., Torre, D., 1988. Late Pliocene to early mid-Pleistocene mammals in Eurasia: faunal succession and dispersal events. Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology 66, 77-100.

Azzaroli, A. & Vialli, V., 1971. Villafranchian. Giornale di Geologia 37/2(1969), 221-232.

Berggren, W.A. & van Couvering J.A., 1974. The Late Neogene. Biostratigraphy, geochronology and paleoclimatology of the last 15 million years in marine and continental sequences. Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology 16, 77-210.

Bourdier, F., 1961. Le Bassin du Rhone au Quaternaire. Géologie et Préhistoire. Tome 1. Texte. CNRS, Paris.

Bout, P., 1960. Le Villafranchien du Velay et du basin Hydrographique Moyen et Supérieure de l'Allier. Thesis, Jeanne d'Arc, Le Puy en Velay, 344pp.

Bout, P., 1967. Observations sur le Villafranchien d'Auvergne et du Velay. Compte rendu de l'excursion de l'A.F.E.Q., du 19 au 22 mai 1966. Bulletin de l'Association Francaise pour l'etude du Quaternaire 1, 3-64.

Faure, M. & Guérin, C., 1992. La Grande Faune d'Europe Occidentale au Pléistocène Moyen et Supérieur et ses Potentialités d'Information en Préhistoire. Mémoires de la Société Géologique de France 160, 77-84.

Gignoux, M., 1916. L'étage Calabrien (Pliocène supérieur marin) sur le versant NE del l'Apennin, entre le Monte Gargano et Plaisance. Bulletin de la Societé Géologique de France 4 (14), 324-348.

Gliozzi, E., Abbazzi, L., Argenti, P., Azzaroli, A., Caloi, L., Capasso Barbato, L., Di Stefano, G., Esu, D., Ficcarelli, G., Girotti, O., Kotsakis, T., Masini, F., Mazza, P., Mezzabotta, C., Palombo, M.R., Petronio, C., Rook, L., Sala, B., Sardella, R., Zanalda, E., Torre, D., 1997. Biochronology of selected mammals, molluscs and ostracods from the middle Pliocene to the late Pleistocene in Italy. The state of the art. Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia 103, 369-388.

Guérin, C., 1982. Première Biozonation du Pléistocène Européen, Principal Résultat Biostrati-graphique de l'Etude des Rhinocerotidae (Mammalia, Perissodactyla) du Miocène Terminal au Pléistocène Supérieur d'Europe Occidentale. Géobios 15(4), 593-598.

Guérin, C. 1990. Biozones or mammal units? Methods and limits in biochronology. In: Lindsay, E.H., Fahlbush, V., Mein, P. (Eds.), European Neogene Mammalian Chronology. NATO ASI Series A Life Sciences, 180, 119-130. Plenum Press, New York.

Heintz, E., 1968. Principaux résultats systématiques et biostratigraphiques de l'étude des Cervidés villafranchiens de France et d'Espagne. Comptes Rendus de l'Académie de Sciences de Paris 266, 2184-2186.

Heintz, E., 1970. Les cervidés Villafranchiens de France et d'Espagne. Mémoires du Muséum national d'Histoire Naturelle de Paris C 22, 1-206.

Heintz, E., Guérin, C., Martin, R. and Prat, F., 1974. Principaux gisements villafranchiens de France: listes fauniques et biostratigraphie. Mémoires du Bureau pour la Recherche Géologique et Mineraire (France) 78, 131-135.

Howell, F.C., 1959. The Villafranchian and Human Origins. Science 130, 831-844.

Kretzoi M., 1962. Fauna und faunenhorizont von Csarnota. Jahresber. Ungar. Geol. Anstalt 1959, 344-395.

Lindsay, E., 2003.Chronostratigraphy, Biochronology, Datum Events, Land Mammal Ages, Stage of Evolution, and Appearance Event Ordination. Bulletin of the American Museum of Natural History 279, 212-230.

Lindsay, E.H., 1990. The setting. In: Lindsay, E.H., Fahlbush, V., Mein, P. (Eds.), European Neogene Mammalian Chronology. NATO ASI Series A Life Sciences, 180, 1-14. Plenum Press, New York

Lindsay, H., Tedford, R.H., 1990.Development and application of Land Mammal Ages in North America and Europa, and comparison. In: Lindsay H., Fahlbusch W. & Mein P. (Eds), European Neogene Mammalian Chronology. NATO ASI Series A Life Sciences, 180, 601-624. Plenum Press, New York.

Mein, P., 1975. Resultats du groupe de travail des vertébrés. In: Senes, J. (Ed.), Report on Activity of the R.C.M.N.S. Working Groups. Regional Committee on Mediterranean Neogene Stratigraphy, 78-81. Bratislava.

Mein, P., 1990. Updating the MN zones. In: Lindsay H., Fahlbusch W. & Mein P. (Eds), European Neogene Mammalian Chronology. NATO ASI Series A Life Sciences, 180, 73-90. Plenum Press, New York.

Pareto, L., 1865. Note sur les subdivisions que l'on pourrait établir dans les terrains tertiaires de l'Apennin septentrional. Bulletin de la Société Géologique de France 22, 210-277.

Rook, L. & Martínez-Navarro, B., 2010. Villafranchian: The long story of a Plio-Pleistocene European large mammal biochronologic unit. Quaternary International 219, 134-144.

Tedford, R.H., 1970. Principles and practices of mammalian geochronology in North America. Proc. North American. Paleontological Convention F, 666-703.

Tobien, H., 1970. Biostratigraphy in the mammalian faunas at the Pliocene-Pleistocene boudary in Middle and Westrern Europe. Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology 8, 77-93.

Woodburne, M.O., 1977. Definition and characterization in mammalian chronostratigraphy. Journal of Paleontology 51, 220-234.

LOS FÓSILES DE LA CIUDAD

J. Aguirre, S. Aranda, J.C. Braga, A. Checa, M. Company, J. Dorador, A. García-Alix, A. Jiménez, G. Jiménez, E. Martín, R. Minwer-Barakat, S. Montes, F. Olóriz, P. Rivas, M. Rodrigo, F.J. Rodríguez-Tovar & J. Sandoval

Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencias, Campus Fuentenueva s/n, Universidad de Granada, 18071 Granada, España.

Introducción

En la ciudad de Granada muchas rocas ornamentales empleadas en la construcción de los edificios, de las fuentes y de los pavimentos contienen fósiles. Por eso pasear por las calles de Granada es también pasear por la historia de la vida que nos desvelan estos fósiles; es pasear por un tiempo en millones de años. Los edificios antiguos se hicieron con rocas procedentes de canteras cercanas a la ciudad. Estas rocas y sus fósiles proporcionan una información muy interesante de la historia geológica de nuestro entorno. En construcciones más modernas y pavimentos se han empleado rocas que, a veces, proceden de zonas mucho más lejanas. Estas frases proceden de la página web que os presentamos en estas jornadas.

Desde hace tiempo, los paleontólogos del Departamento dirigimos visitas guiadas a los fósiles de la ciudad. A veces nos las piden desde los centros de enseñanza, en otras ocasiones son actividades de divulgación científica de la Universidad o del Geolodía. A partir de esta demanda surgió la idea de hacer una página web sobre los fósiles de la ciudad (Figura 1). Está alojada en el Departamento y también tiene un enlace en la página de la Sociedad Española de Paleontología (http://fosilesciudad.ugrestratig.es).

Contenidos

La página web tiene una estructura sencilla y se ha organizado en cuatro rutas: Catedral y alrededores, eje de Puerta Real a Plaza Nueva, Alhambra y Universidad. También se accede a la información por el tipo de fósiles, por el tipo de rocas y por su ubicación en monumentos, fuentes y pavimentos.
Los fósiles que presentamos en la página web siguen el orden alfabético de sus nombres en español: algas rojas, ammonites, belemnites, bivalvos, braquiópodos, briozoos, corales, crinoides, equínidos, gasterópodos, nummulites, oncolitos y rudistas. Para todos ellos se despliega un menú que

contiene un esquema de su anatomía, una descripción de unas diez líneas, numerosas fotografías de los que se observan en la ciudad y algunos ejemplares de las colecciones del Departamento.

Las rocas están ordenadas en una secuencia temporal desde las calizas con gasterópodos y oncolitos "crema de Loja" del Jurásico inferior, hasta los travertinos más recientes. La explicación de cada roca consiste en un esquema sencillo de su origen, una breve descripción y abundantes fotografías.

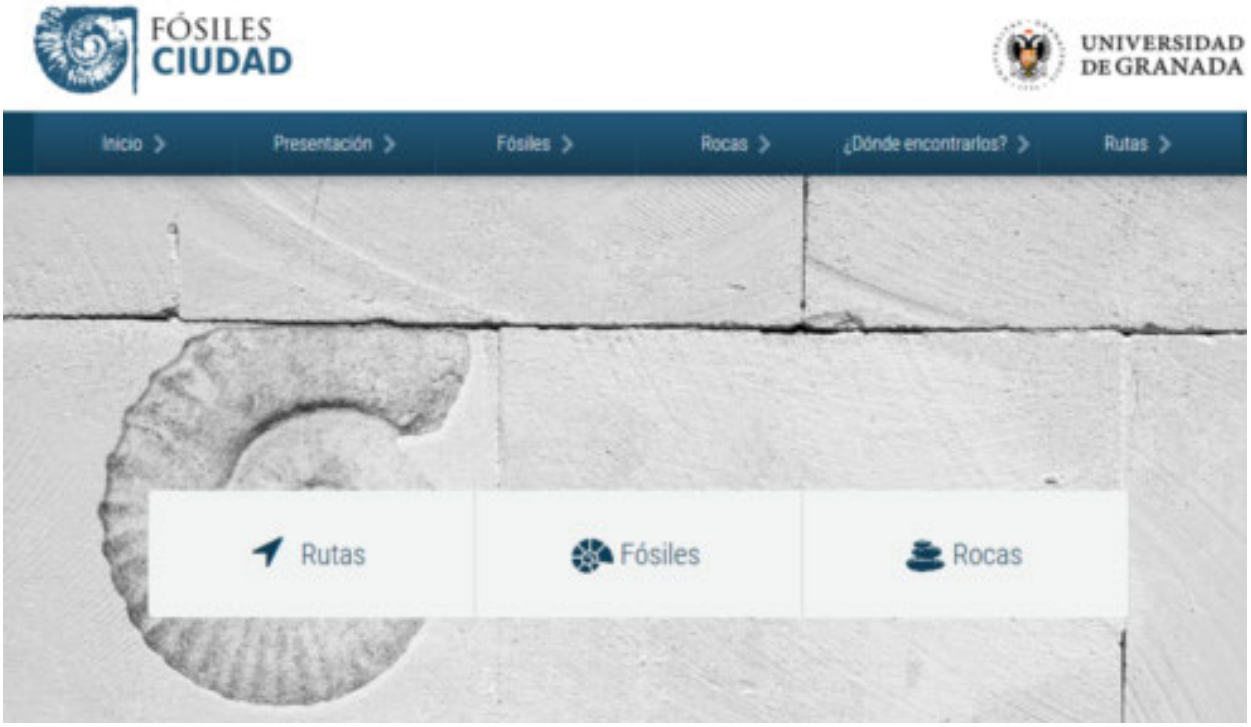

Figura 1.- Menú de inicio de la página web http://fosilesciudad.ugrestratig.es

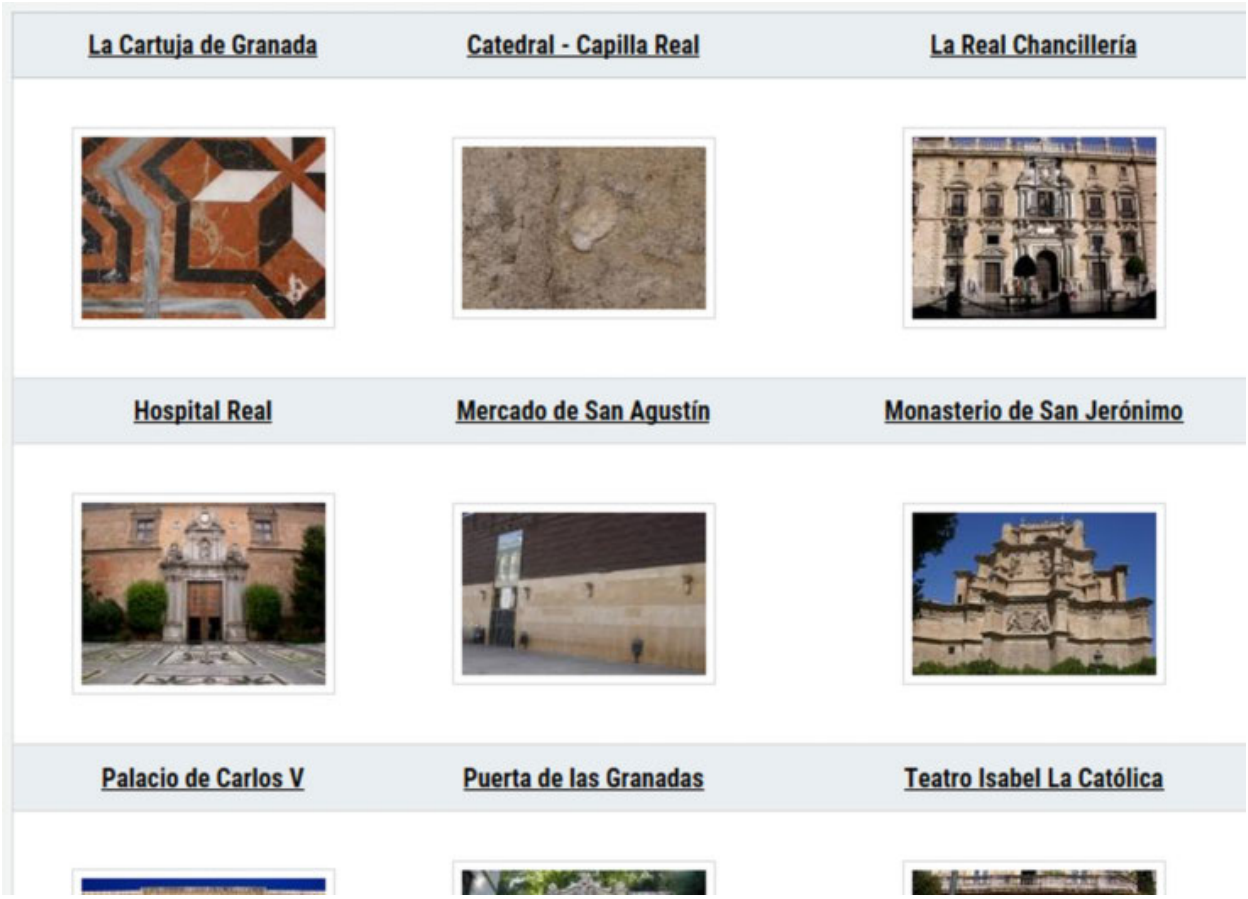

Figura 2.- Ejemplo de uno de los menús desplegables de la página web.

La pestaña "dónde encontrarlos" se despliega en edificios, fuentes y pavimentos (Figura 2).

La información que proporciona la página web se complementa con materiales expuestos en el pasillo principal del Departamento. Hay cuatro vitrinas que contienen los tipos de fósiles descritos en la web y que se observan con facilidad en las calles de Granada. Además, hay ocho losetas (40 x 40 cm) de las rocas referidas en la web y que han sido las más empleadas en la construcción en Granada.

Agradecimientos

La financiación de esta página web ha sido posible gracias a un proyecto de innovación docente que nos concedió la Universidad de Granada, a la contribución del Parque de las Ciencias de Granada y a la colaboración altruista de amigos canteros y marmolistas.

¿SUEÑAN LOS TURISTAS CON DINOSAURIOS ELECTRIZANTES?

L. Alcalá, D. Ayala, A.Cobos, E. Espílez, A. González, L. Mampel & R. Royo-Torres

Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis / Museo Aragonés de Paleontología. Avda. Sagunto s/n, 44002 Teruel, España.

Que los dinosaurios atraen a todo tipo de públicos, y no solo a los niños –como tópicamente se le manifiesta sin cesar a los profesionales de la paleontología que los investigan– queda demostrado por un sinfín de datos objetivos. Que se encuentran en el mundo numerosos destinos en los que el detonante de la visita lo constituyen instalaciones de todo tipo y condición centradas en los dinosaurios es igualmente demostrable con datos numéricos. Y que no es fácil convertir una de esas instalaciones en el destino principal de un viaje de turismo lo demuestra la propia experiencia de quienes trabajan en ellas y tratan de convertirlas en un lugar de destino preferente para todos los aficionados a estos fascinantes animales.

Ante la cada vez más abundante y variada oferta de rutas relacionadas con los dinosaurios ¿cómo actualizar una instalación del tipo de Dinópolis para no solo mantener sino incrementar el interés de los potenciales visitantes? Una oportunidad para ello surgió a finales de 2017 cuando se encomendó a su Fundación la gestión directa de una mejora de las exposiciones paleontológicas con objeto de presentarlas al público en el inicio de la temporada de 2018. La decisión consistió en presentar un proyecto basado en un ciclo paleontológico-museográfico completo, llevado a cabo desde la Fundación durante muchos años. Las labores que han permitido la presentación de novedades se resumen principalmente en: prospecciones para la localización de nuevos yacimientos y fósiles, excavación de yacimientos, preparación de los hallazgos en el Laboratorio de Paleontología, investigación de los fósiles, publicación de los resultados en revistas científicas de prestigio internacional, diseño museográfico de las instalaciones para acoger a los nuevos fósiles, selección de ejemplares representativos y confección individualizada de soportes, planteamiento de nuevos audiovisuales e interactivos, producción de textos (bilingües español/inglés), imágenes y videos propios para los interactivos, diseño museográfico de áreas exteriores y producción de

modelos de dinosaurios a tamaño natural para su instalación en exteriores.

Exposición De Nuevos Fósiles Originales

El rasgo más exclusivo de las novedades presentadas consistió en la exposición de importantes fósiles originales de dinosaurios y de otros vertebrados, obtenidos a partir de más de 50 actuaciones paleontológicas llevadas a cabo en Aragón durante los últimos 15 años, fundamentalmente por los paleontólogos de Dinópolis con la autorización de la Dirección General de Cultura y Patrimonio. La gran mayoría de estos fósiles, en número cercano a 300, nunca se había expuesto anteriormente y entre ellos destacan, por su importancia, algunos holotipos y fósiles que aún no se han estudiado, como es el caso de un dinosaurio diplodócido y de otro turiasaurio.

Triásico

Fósiles emblemáticos del Triásico de la Sierra de Castelfrío. Se trata de ejemplares de las icnitas de vertebrados denominadas Chirotherium, Rhynchosauroides e Isochirotherium que, probablemente, fueron producidas por reptiles primitivos emparentados con los dinosaurios y los crocodilomorfos. Asimismo, se incorpora el ala fosilizada de una nueva libélula, Rabru rubra, de la misma edad geológica y procedencia.

Jurásico

El enorme pie de Turiasaurus riodevensis. Los datos objetivos sitúan a Turiasaurus como uno de los mayores dinosaurios de todo el planeta y como el mayor dinosaurio definido en Europa. Aunque ya desde 2005 los fósiles más representativos de Turiasaurus podían verse en Dinópolis-Teruel, ahora se ha incluido una nueva vitrina con nuevos fósiles del espécimen con el que se definió este dinosaurio turolense. Se trata de todos los huesos de su pie izquierdo, cuyas pisadas dejarían huellas de alrededor de un metro de diámetro. Estos fósiles protagonizó una exposición sobre dinosaurios gigantes celebrada en 2016 en el Toyohashi Museum of Natural History de Japón. Además, se ha acompañado de los fósiles de un segundo ejemplar de Turiasaurus, también encontrado en Riodeva, que era de menor tamaño que la especie tipo porque correspondería a un individuo subadulto.

El otro turiasaurio de Riodeva: robusto y colosal. Los trabajos de excavación realizados en diversas campañas en el yacimiento San Lorenzo de Riodeva, entre los años 2007 y 2012, condujeron al hallazgo de otro gran saurópodo cuyos fósiles presentan una conservación extraordinaria. Las investigaciones indican que se trata de un ejemplar gigante perteneciente al clado Turiasauria. En una inmensa vitrina pueden contemplarse un fémur y una tibia de 1,92 m y 1,25 m de longitud, respectivamente, así como 30 vértebras de la cola y veintidós arcos hemales.

Un saurópodo diplodócido. La actuación paleontológica en el yacimiento del Jurásico Superior de El Castellar denominado La Tejería permitió la recuperación de 17 vértebras de la cola, con sus respectivos arcos hemales, de un diplodócido con características muy similares al género Diplodocus de EE. UU. A pesar de lo fragmentario de los restos, este saurópodo supone uno de los diplodócidos más relevantes descubiertos en Europa. Asimismo, fósiles de diplodócidos de otros yacimientos de El Castellar y de Riodeva también se han incorporado a las nuevas vitrinas.

Estegosaurios. Además de los saurópodos, los estegosaurios como Dacentrurus son los dinosaurios más abundantes en el Jurásico Superior de la provincia de Teruel. Por eso, la provincia se ha convertido en un lugar ideal para profundizar en algunos aspectos muy poco conocidos en la mayoría de los dinosaurios existentes, como puede

ser la variedad anatómica entre individuos de diferente edad y sexo. Nuevos fósiles de Dacentrurus procedentes de El Castellar y Riodeva se exhiben a partir de 2018 en el Museo Paleontológico, ampliando así la colección de ejemplares expuestos de este género con anterioridad.

Una tortuga a la sombra del dinosaurio gigante. El holotipo expuesto de una nueva tortuga de agua dulce del Jurásico Superior procede del yacimiento tipo de Turiasaurus. Por este motivo, al quelonio se le llamó Riodevemys inumbragigas: "la tortuga de Riodeva a la sombra del gigante".

Cretácico

Ornitópodos: la guardería de Iguanodon. Iguanodon fue uno de los primeros dinosaurios descubiertos en el mundo. Sus fósiles son abundantes en Europa y en la provincia de Teruel se describió en el año 2015 la nueva especie Iguanodon galvensis. En una vitrina interactiva diseñada para tal fin se muestra una gran cantidad de fósiles de adultos, subadultos, juveniles y crías de este dinosaurio, que en su etapa adulta pudo llegar a alcanzar más de siete metros de longitud (mientras que las crías tendrían una longitud de apenas 60 cm).
Icnitas 4D. En una icnita producida por un ornitópodo, conservada en forma de relleno o contramolde, se pueden observar la impresión reticulada de la piel y las estrías de deslizamiento generadas por ella durante el recorrido de la extremidad por el interior del fango. Todo ello revela la trayectoria del pie del dinosaurio productor dentro del sedimento y la dinámica de su pisada. Estas icnitas se han definido como "huellas 4D", ya que en ellas se evidencia fosilizado el tiempo implicado en su formación. La icnita expuesta procede de un yacimiento del Cretácico de Alcalá de la Selva.

Toremys: la tortuga avanzada a su tiempo. Toremys cassiopeia es la tortuga pleurostérnida más moderna del registro mundial, dado que procede de sedimentos del Albiense que son casi 30 millones de años más modernos que los que contenían cualquier tortuga pleurostérnida conocida hasta el momento de su publicación (entre las que se incluye la tortuga jurásica Riodevemys).

El cocodrilo trotamundos de Ariño. Hulkepholis plotos es un crocodilomorfo de hábitos acuáticos que mediría en torno a dos metros de longitud. Se han expuesto dos cráneos y otros fósiles de este vertebrado definido en Teruel. Tanto los holotipos de la tortuga Toremys como de este goniofolídido proceden del mismo yacimiento de Ariño en el que se han descubierto un nuevo dinosaurio tireóforo (Europelta carbonensis) y un nuevo dinosaurio ornitópodo (Proa valdearinnoensis).

Nuevos Interactivos

Las novedades del Museo Paleontológico incluyen varios montajes que utilizan las más modernas tecnologías tanto para introducir conceptos paleontológicos de un modo ameno como para complementar la visita de manera sorprendente.

Interactivo estético. Video mapping en la Sala del Mundo Acuático: proyección dinámica que revaloriza estéticamente el rincón donde se muestra una concentración de bivalvos y la mandíbula en un tiburón gigante.

Interactivo lúdico. La bienvenida a la Sala de los Dinosaurios está ahora presidida por una instalación de realidad aumentada con reproducciones infográficas de alta calidad de dos dinosaurios de Riodeva: una cría de Turiasaurus y un ejemplar adulto de un carnívoro relacionado con Allosaurus. Una cámara graba a los visitantes en tiempo real y sus imágenes confluyen en la pantalla con las de los dinosaurios.

Interactivo lúdico-educativo. Consiste en el despiece, en grandes piezas magnéticas, del esquema del esqueleto de dos dinosaurios tireóforos, con el objetivo de reconocer y reconstruir los esque-

letos. Los paneles introducen una breve descripción de sus características.

Interactivos educativos. En el caso del Cretácico Inferior se utiliza un recurso museográfico consistente en la posibilidad de obtener información multimedia de los fósiles y de sus yacimientos a través de la actuación directa sobre el cristal de una vitrina escaparate que deja ver el contenido de la misma a través de la propia pantalla. Otro interactivo, con la más moderna tecnología, introduce contenidos científicos de las investigaciones –en las que ha participado la Fundación– llevadas a cabo en fósiles del yacimiento turolense de Libros: identificación de médula ósea fosilizada por primera vez en el mundo y establecimiento de un método inédito para descifrar el color de una serpiente extinta.

Nueva Intervención en Tierra Magna

Tierra Magna es un espacio al aire libre en el que se exponen esculturas a tamaño natural de dinosaurios identificados en Teruel. La zona creció con la instalación de un conjunto escultórico de dos nuevos grandes dinosaurios: Tastavinsaurus, originario de Peñarroya de Tastavins, uno de los saurópodos más completos del Cretácico Inferior europeo, y Baryonyx, que se caracteriza por la presencia de grandes garras (especialmente en el primer dedo de sus manos). La escena alcanza los 6 m de altura.

Mini-Tierra Magna. Se trata de una nueva zona, enfocada al público infantil, en la que se recrean los dinosaurios de Tierra Magna en un formato apropiado para que los más pequeños puedan disfrutar de ellos y guardar un recuerdo fotográfico. En esta primera fase se incluyen tres pequeños dinosaurios, de algo más de dos metros de longitud (reflejos en miniatura de sus "hermanos mayores" Iguanodon, Torvosaurus y Turiasaurus).

Las intervenciones museográficas descritas y basadas completamente en los recursos endógenos que suponen los fósiles propios de Teruel se completaron con la renovación periódica por parte de la Sociedad Gestora de Dinópolis de la película comercial mostrada en el simulador 4D. Si bien está pendiente un análisis detallado de la motivación de las visitas a Dinópolis, la realidad es que su número experimentó durante el año 2018, a igualdad de factores estructurales (como las campañas de promoción), un incremento del 8,7%, del 11,1% y del 11% con respecto a cada uno de los tres años anteriores (2015, 2016, 2017), en los que se presentaron otros tipos de novedades.

Finalmente, cabe destacar también la generación de empleo, como valor añadido, pues para desarrollar este proyecto concreto de mejoras del museo se contó con la contratación de 5 nuevos técnicos que totalizaron 53 meses de empleo de nivel A2.

Las actuaciones descritas fueron planificadas y su producción dirigida por el equipo de paleontólogos de la Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis y financiadas por el Fondo de Inversiones de Teruel (Gobierno de España y Gobierno de Aragón) a través del Instituto Aragonés de Fomento. Las investigaciones que propiciaron esta acción están enmarcadas en las actividades del Grupo de Investigación de Referencia E04_17R FOCONTUR, Fósiles continentales turolenses-foco en turismo, cofinanciado por el Departamento de Innovación, Investigación y Universidad (Gobierno de Aragón) y fondos FEDER Aragón 2014-2020 "Construyendo Europa desde Aragón", en las actuaciones paleontológicas del Departamento de Educación, Cultura y Deporte del Gobierno de Aragón y en el proyecto PGC2018-094034-B-C22 del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades del Gobierno de España.

ESTUDIO DEL ÍNDICE DE ALTERACIÓN DEL COLOR DE LOS CONODONTOS (CAI) Y DE LAS ALTERACIONES SUPERFICIALES EN ELEMENTOS PROCEDENTES DE LA FORMACIÓN IRATY (BASHKIRIENSE, PIRINEOS)

D. Álvarez Álvarez, S. Blanco-Ferrera & J. Sanz-López

Departamento de Geología, Universidad de Oviedo, Arias de Velasco s/n, 33005 Oviedo, España. blancosilvia@uniovi.es; sanzjavier@uniovi.es

El índice de alteración del color de los conodontos (CAI) emplea estos microfósiles como paleotermómetros. Es un procedimiento sencillo, expeditivo y de bajo coste, que permite encontrar anomalías térmicas, reconstruir la historia geotermal de una cuenca y también conocer el potencial económico de un área determinada. El CAI fue establecido por Epstein et al. (1977) y Rejebian et al. (1987) y ha sido ampliamente utilizado para determinar la evolución tectonotérmica de distintas regiones geológicas de la península Ibérica como la Zona Cantábrica (ver referencias en Blanco-Ferrera et al., 2017). En el presente trabajo se ha determinado el CAI de conodontos procedentes de la Formación Iraty en el anticlinal de Asturreta (Macizo de Alduides-Quinto Real, Pirineos occidentales), donde existe uno de los depósitos más importantes de magnesita en Europa. La localización de las muestras y la bioestratigrafía mediante conodontos se encuentra en Sanz-López y Blanco-Ferrera (2012a). El estudio de las alteraciones superficiales de los conodontos se ha realizado bajo la lupa binocular y el microscopio electrónico de barrido (MEB), texturas y microtexturas de acuerdo con Blanco-Ferrera (2011) y Blanco-Ferrera et al. (2011, 2017).

CAI, texturas y microtexturas

Los valores observados del CAI, 5 y 5,5, son homogéneos e independientes de su posición estratigráfica dentro de la Formación Iraty. Estos valores se adquirieron durante el intervalo de temperatura máxima que alcanzó la roca, entre 300ºC y 340ºC y corresponden a un metamorfismo de grado bajo situado en la anquizona. Únicamente en tres muestras ubicadas en el flanco normal y cerca de la charnela del anticlinal de Asturreta se alcanzan valores de CAI 6 y/o, 6,5-7.

El metamorfismo regional en el macizo de Alduides-Quinto Real ha sido caracterizado previamente por otros indicadores como el índice de la vitrinita, el rango del carbón, el grado de grafiti-

zación o el índice de Kübler (IK). Concretamente, los valores del IK obtenidos a partir de los filosilicatos y los minerales de las acillas permitieron deducir un gradiente térmico positivo para el metamorfismo desde la parte NE a la SW del macizo (Dunoyer y Hedddeaut, 1971). Arce et al. (1984) estimaron para este metamorfismo temperaturas inferiores a 300ºC en base a las paragénesis minerales y condiciones de baja presión a partir de las medidas del parámetro b_0 en las micas blancas potásicas. La determinación del rango del carbón por Velasco et al. (1987) concluyó la presencia de meta-antracitas muy próximas a semi-grafitos. Las temperaturas estimadas a partir de los índices de la vitrinita y del grado de grafitización del material carbonáceo fueron de 250ºC a 300ºC según la metodología empleada.

En el caso del macizo de Alduides-Quinto Real, las rocas paleozoicas estudiadas corresponden a las partes altas de la cuña orogénica, con rocas sinorogénicas carboníferas deformadas por pliegues y cabalgamientos. El gradiente térmico decreciente hacia las rocas más antiguas y su disposición que corta a la estratificación y a la estructura varisca sugiere un acontecimiento tectonotérmico tardivarisco o más joven. La presencia de un metamorfismo varisco, al menos, de grado muy bajo es normal en las rocas paleozoicas del Pirineo. Este metamorfismo ha sido caracterizado como de baja presión y de alta temperatura con un pico térmico situado en el Carbonífero entre 308 y 300 Ma (Moscoviense-Gzheliense; Denèle et al., 2014), pero prolongado hasta 265 Ma durante el emplazamiento de granitoides y el volcanismo pérmico (Denèle et al., 2012).

La evolución de las alteraciones superficiales presentes en los conodontos se encuentra asociada tanto al valor del CAI como a la actividad de fluidos hidrotermales con formación, o no, de depósitos minerales. Inicialmente sobre la superficie original del conodonto (microtextura inalterada) se desarrollaron microtexturas de sobrecrecimiento (principalmente en contramoldes) similares a las descritas durante la diagénesis en calizas bioclásticas y nodulares en la Cordillera Cantábrica (Sanz-López y Blanco-Ferrera, 2012b; Blanco-Ferrera et al. 2017). Posteriormente, a temperaturas próximas a 300ºC el fosfato de los conodontos y de los sobrecimientos recristalizó para formar la microtextura granular (Fig. 1). Además, los conodontos muestran en muchos casos disolución producida después de una fracturación y del desarrollo de microtextura granular. Encima de muchas superficies corroídas se observa una microtextura de recubrimiento irregular formada por cristales de dolomita y de cuarzo (Fig. 1). El desarrollo de una microtextura irregular ha sido relacionada tanto con la reducción de la porosidad durante la compactación y la diagénesis de calizas, como con aumento de la misma por fracturación de rocas litificadas (Blanco-Ferrera, 2011).

El desarrollo de pátina gris, blanqueado y decolorado y las texturas de sobrecrecimiento son frecuentes en conodontos procedentes de capas delgadas de calizas en alternancia con lutitas en el Miembro Ochaberri. Su presencia se asocia a la distinta permeabilidad de las rocas a los fluidos como resultado de sus características petrológicas: tamaño de grano, abundancia de minerales arcillosos y de bioclastos. La existencia de capas bioclásticas en las calizas del Miembro Baserdi parece haber favorecido el desarrollo de pátinas grises y texturas de recubrimiento con cristales de dolomita sobre la superficie de los conodontos y/o rellenando su cavidad basal. Sin embargo, las alteraciones son muy dispares en rocas en las que la porosidad está controlada por el desarrollo de fracturas.

La aparición de sobrecrecimientos de dolomita, cuarzo y filosilicatos se produjo con posterioridad al clímax de metamorfismo varisco y de la mayor parte de la corrosión de los conodontos, y estaría asociada con la formación del depósito de magnesita. Las temperaturas de homogenización de

los cristales de calcita y de magnesita en la mineralización varían entre 125-200ºC (Velasco et al., 1987) y es inferior a los 300ºC estimados para el acontecimiento varisco por lo que no modificaría el CAI de los conodontos, previamente adquirido. La edad de la mineralización de magnesita parece ser al menos mesozoica, ya que está encajada en rocas del Triásico y los cristales de magnesita no muestran metamorfismo de acuerdo con Lugli et al. (2000). Resulta sugerente relacionar la mineralización con el episodio de metamorfismo de alta temperatura del Cretácico conocido en la Zona Norpirenaica. Este acontecimiento térmico está asociado con la extensión y exhumación del manto, y tuvo asociado hidrotermalismo por circulación de fluidos a lo largo de fallas. Las temperaturas descritas para este hidrotermalismo son de 220ºC (Corre et al., 2018), y están próximas a las temperaturas derivadas de las inclusiones fluidas en minerales del depósito de magnesita.

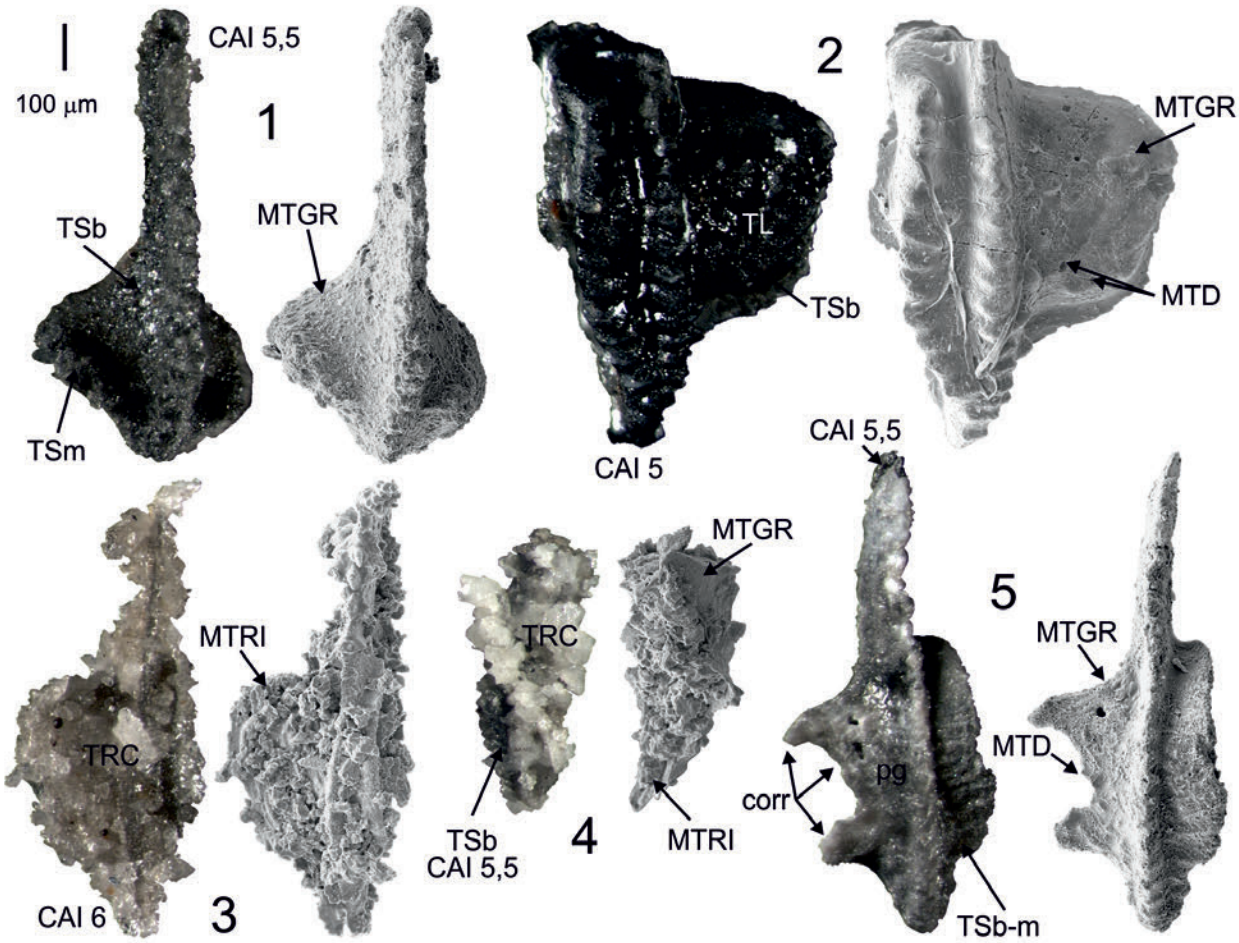

Figura 1. Microfotografías de detalle bajo la lupa binocular (izq.) y el SEM (dech.) mostrando el CAI y las alteraciones superficiales de los conodontos. 1. *Lochriea ziegleri* NA-8, 2. *Gnathodus bilineatus* NA-9, 3. *G. truyolsi* NA-7, 4. *Idiognathoides macer* NA-32, 5. *G. truyolsi* NA-8. Abreviaturas: Textura lisa TL; Textura sacarosa brillante a mate TSb-m; Textura de recubrimiento TRC; corrosión corr., Microtextura granular MTGR; Microtextura de disolución MTD; Microtextura de recubrimiento irregular MTRI.

Este trabajo es una contribución al PIGC 652 y ha sido llevado a cabo con fondos del Proyecto de investigación CGL2016-78738-P del Ministerio de Economía y Competitividad.

Bibliografía

Arce, R., Olmedo, F., Pesquera, A. y Velasco, F. 1984. Metamorfismo de grado bajo y muy bajo en la mitad occidental del macizo de Aldudes (Navarra). *I Congreso Español de Geología*, Segovia 9-14 April, 2, Madrid, 15-25.

Blanco-Ferrera, S. 2011. Los conodontos y la evolución tectonotérmica del secotor noreste de la Zona Cantábrica. PhD-thesis. Universidad de Oviedo (inédita), 296 pp.

Blanco-Ferrera, S., Sanz-López, J., García-López, S. y Bastida, F. 2017. Tectonothermal evolution of the northeastern Cantabrian zone (Spain). *International Journal of Earth Sciences* 106: 1539-1555.

Corre, B., Boulvais, P., Boiron, M.C., Lagabrielle, Y., Marasi, L. y Clerc, C. 2018. Fluid circulations in response to mantle exhumation at the passive margin setting in the north Pyrenean zone, France. *Mineralogy and Petrology* 112: 647-670.

Denèle, Y., Paquette, J.-L., Olivier, P., y Barbey, P. 2012. Permian granites in the Pyrenees: Aya pluton (Basque Contry). *Terra Nova* 24: 105-113.

Denèle, Y., Laumonier, B., Paquette, J.-L., Olivier, P., Gleizes, G. y Barbey, P. 2014. Timing of granite emplacement, crustal flow and gneiss dome formation in the Variscan segment of the Pyrenees. *The Variscan Orogeny: Extent, Timescale and the Formation of the European Crust*, Schulmann, K., Martínez Catalán, J.R., Lardeaux, J.M., Janousek, V. y Oggiano, G. (Eds.). The Geological Society of London, Special Publications 405.

Dunoyer de Segonzac, G. y Heddebaut, C. 1971. Paléozoique anchi-métamorphique a illite, chlorite, pyrophyllite, allevardite et paragonite dans les Pyrénées basques. *Bulletin Service géologique du Alsace Lorraine* 24: 277-290.

Epstein, A.G. Epstein, J.B. y Harris, L.D. 1977. Conodont colour alteration – an index to organic metamorphism. *Professional Paper of the U.S. Geological Survey* 995: 1-27.

Lugli, S. Torres-Ruiz, J. Garuti, G. Olmedo Rojas, F. 2000. Petrography and geochemistry of the Eugui magnesite deposit (Western Pyrenees, Spain), evidence for the development of a peculiar zebra banding by dolomite replacement. *Economic Geology* 95: 1775-1791.

Rejebian, V.A. Harris, A.G. y Huebner, J.S. 1987. Conodont colour and textural alteration: An index to regional metamorphism, contact metamorphism and hydrothermal alteration. *Bulletin of the Geological Society of America* 99: 471-479.

Sanz-López, J. y Blanco-Ferrera, S. 2012a. Lower Bashkirian conodonts from the Iraty Formation in the Alduides-Quinto Real Massif (Pyrenees, Spain). *Geobios* 45: 397-411.

Sanz-López, J. y Blanco-Ferrera, S. 2012b. Overgrowths of large authigenic apatite crystals on the surface of conodonts from Cantabrian limestones (Spain). *Facies* 58: 707-726.

Velasco, F., Pesquera, A., Arce, R. y Olmedo, F. 1987. A contribution to the ore genesis of the magnesite deposite of Eugui, Navarra (Spain). *Mineralia Deposita* 22: 33-41.

YACIMIENTOS DE ÁMBAR DE LA CUENCA DEL MAESTRAZGO. IMPORTANCIA PATRIMONIAL

S. Álvarez-Parra[1*], E. Barrón[2] & A. Rodrigo[2]

1 Departament de Dinàmica de la Terra i de l'Oceà and Institut de Recerca de la Biodiversitat (IRBio), Facultat de Ciències de la Terra, Universitat de Barcelona, c/ Martí i Franquès s/n, 08028 Barcelona. sergio.alvarez-parra@ub.edu.

2 Museo Geominero, Instituto Geológico y Minero de España, Ríos Rosas 23, 28003 Madrid.

Introducción

El ámbar es resina fosilizada. En la península ibérica se encuentra frecuentemente en afloramientos atribuidos a la mitad del Cretácico. En esta época los árboles, posiblemente del grupo de las araucariáceas (*e.g.* Kvaček et al., 2018), produjeron abundante resina, bien por causas abióticas como grandes incendios o ciclones, bien por causas bióticas como invasión por hongos, y en ella quedaron atrapados distintos tipos de organismos que ahora se encuentran bien conservados en el ámbar: son las llamadas bioinclusiones. Los estudios morfológicos generalmente pueden ser muy detallados.

Existen citas antiguas del ámbar del Maestrazgo en varias localidades (Vilanova y Piera, 1860), pero las primeras bioinclusiones posiblemente se detectaron en ámbar de la localidad turolense de Linares de Mora (Boscá, 1910). En la Cuenca del Maestrazgo, hasta el momento se ha encontrado ámbar en más de 25 localidades. En esta cuenca hay una concentración de yacimientos de edad Albiense cuyo ámbar presenta bioinclusiones (Fig. 1). Concretamente, se trata de las localidades de La Hoya (Cortes de Arenoso, Castellón), Arroyo de la Pascueta (Rubielos de Mora, Teruel), San Just (Utrillas, Teruel) y Mina Santa María (Ariño, Teruel). Los materiales de todos estos afloramientos están atribuidos a la Formación Escucha. En este trabajo se tratará la importancia científica y patrimonial de estos yacimientos, su estado de conservación, y se sugerirán estrategias para una mejor gestión futura.

Principales yacimientos de ámbar de la Cuenca del Maestrazgo

El yacimiento de La Hoya (Peñalver y Martínez-Delclòs, 2010) se encuentra en la ladera de un cerro escarpado, por lo que es bastante inaccesible (Fig. 1A). La sección estudiada es una sucesión siliciclástica. El ámbar aparece abundantemente en

[illegible] Santa María (Grupo SAMCA), en **oÁ'uoÁzmóqú pq ízmà'mú) ñÁq tm íóèíèóòuÁupè** la Subcuenca de Oliete. Se trata de un depósito **mnÁàpmà'q Enmó sqàqómzáqà'q ñÁqnómpuEDq** interesante desde el punto de vista tafonó- **'èàè óèvuE oèà íèomú nuèuàozÁúuèàqú, Iz Dnuc*** y posiblemente proporcione una buena co- **áuqà'è úq qàoÁqà'óm mz rèàpè pq Áà nmóómàoèéòè** lección de bioinclusiones. El yacimiento se excavó **mooqúunzq, Sm úqóuq tm úupè m'óunÁupm mz Dzhuqàúqtèá** en 2012 y 2013, por lo que todavía no se tie- **MèáqE** *et al.* (2000) debido a la aparición del fo- nen resultados sólidos. raminífero

Mesorbitolina gr. *subconcava*. Es localidad tipo de una especie de avispa. El yacimiento se excavó en octubre de 1998.

El afloramiento de San Just (Peñalver et al., 2007) está localizado en las proximidades de la población de Utrillas (Fig. 1C), en el margen norte de la Subcuenca de Aliaga. El ámbar es muy abundante, rojizo o amarillento/anaranjado, y en general transparente (Fig. 1D). Aparece en lutitas oscuras con gran cantidad de materia orgánica y restos de plantas. Ha sido datado a partir de palinomorfos como Albiense medio-superior temprano (Villanueva-Amadoz *et al.*, 2010). Produce muchas piezas de ámbar con abundantes bioinclusiones por lo que se trata de uno de los yacimientos de ámbar cretácico más importantes de Europa. Es localidad tipo de numerosos taxones de artrópodos. Se excavó en julio de 2007, octubre de 2010 y julio de 2012.

Recientemente se ha iniciado el estudio del abundante ámbar presente en algunos niveles con car-

Importancia patrimonial

Debido a la vulnerabilidad de los yacimientos de ámbar españoles, García-Cortés *et al.* (2000) propusieron su inclusión en la lista de Geosites de la UNESCO para que el gobierno español tomara las medidas necesarias de protección, evitándose así su expolio y destrucción.

De acuerdo con Peñalver y Martínez-Delclòs (2002), el yacimiento de Arroyo de la Pascueta tendría un peligro de expolio bajo debido a que: i) presenta un difícil acceso, ii) su localización exacta no está muy divulgada, iii) actualmente se encuentra tapado por derrubios, iv) contiene ámbar oscuro y frágil, lo cual no lo hace aprovechable en gemología, y v) las bioinclusiones de este ámbar son de pequeño tamaño, escasas, difíciles de visualizar y precisan de una preparación laboriosa. Ninguna de estas circunstancias ha cambiado hasta ahora. Suponemos que dado el difícil acceso que también presenta el afloramiento de La Hoya (Fig. 1A), así como la casi desaparición del pastoreo de cabras en la zona y el notable cambio en las costumbres en el medio rural (el ámbar era recogido para quemarlo a modo de incienso), la posibilidad de expolio será baja. Por el momento creemos que no es urgente tomar medidas para la protección de estos yacimientos, aunque deberían encontrarse incluidos en diversos catálogos a nivel nacional y autonómico para su futura protección integral.

Las circunstancias son muy distintas para el afloramiento de San Just. Tiene un fácil acceso al si-

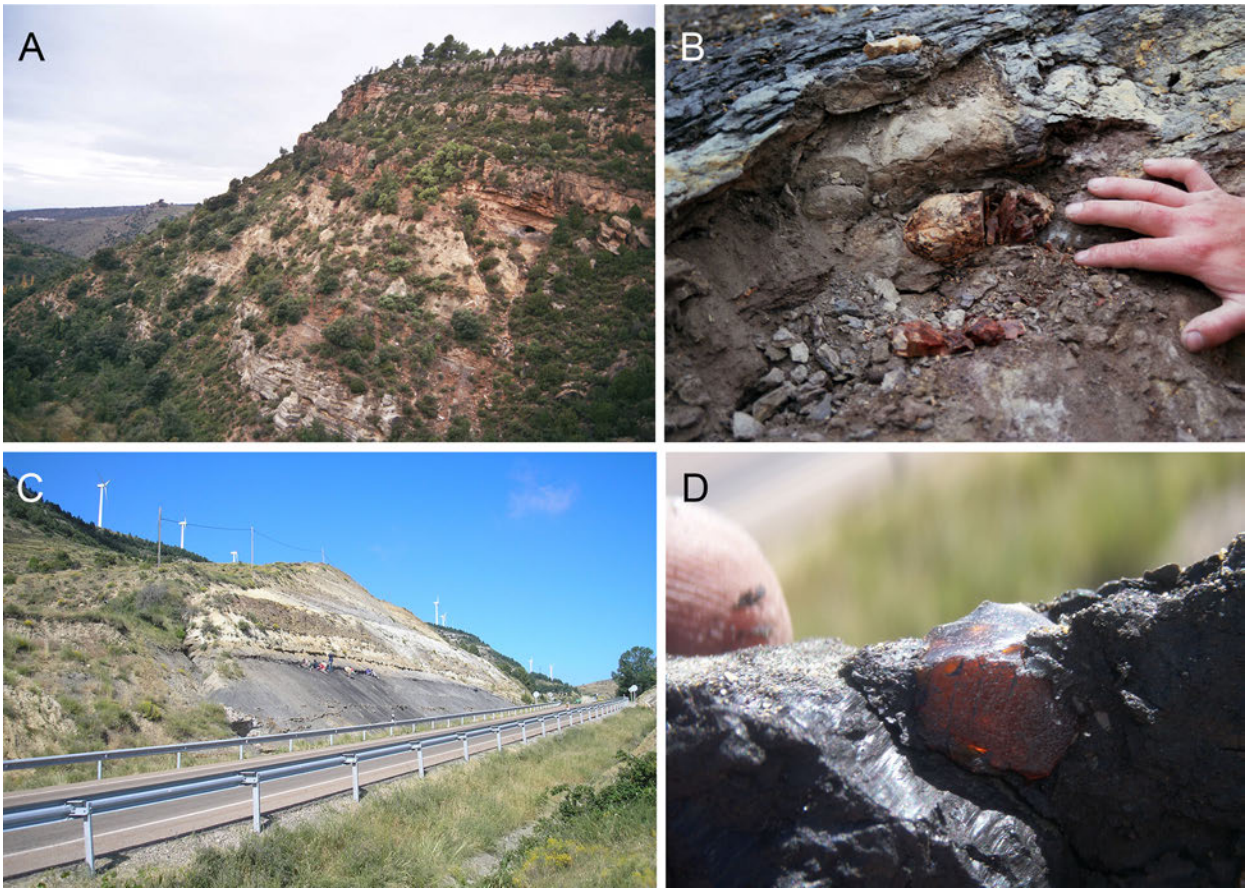

Figura 1. A) Yacimiento de La Hoya (Castellón) en una zona poco accesible pero donde el expolio es difícil de advertir mientras se produce (año 2003). B) Ámbar quebradizo, rojo intenso y poco transparente de La Hoya, extraído durante la excavación de octubre de 2003. C) Imagen del yacimiento de San Just (Teruel), en el corte de la carretera, que evidencia su fácil localización y alta visibilidad (año 2007; foto Plinio Montoya). D) Ámbar transparente y de tono rojizo recién extraído durante la excavación en San Just de julio de 2017.

tuarse cerca de la carretera N-420 (Fig. 1C) que conduce a la población de Utrillas, aunque, por otra parte, las potenciales actividades de expolio serían muy visibles. Se tiene constancia de que el yacimiento, antes de ser investigado y dado a conocer en revistas técnicas y de divulgación, fue muy visitado por coleccionistas de fósiles y minerales. Incluso se sabe que en este yacimiento se recogió ámbar por la noche usando lámparas de luz ultravioleta. Debido a la vulnerabilidad de este yacimiento y la excelente calidad de ámbar que contiene, con numerosas bioinclusiones, se va a proponer su declaración como Bien de Interés Cultural (BIC) a la Comunidad Autónoma de Aragón, en el marco de los objetivos del Proyecto CGL2017-84419. Esta designación podría tener como consecuencia su protección más efectiva ante expoliadores, ya que podría implicar una más intensa vigilancia por el SEPRONA o, quizá también, la construcción de algún tipo de vallado o protección como se hizo hace años en los importantes yacimientos de Álava (Peñacerrada II) y de Cantabria (El Soplao).

El ámbar de la Mina Santa María es potencialmente muy importante para los estudios sobre la formación de los depósitos de ámbar y para el conocimiento de la evolución de algunos grupos de

zèú ñÁq qú'Fnúèoumpè ÐÁq tmà úupè uà'qàúmáqà'q qú'Ápumpèú pqúpq zm LÁàpmoua Fèàv Áà'è Zmzqèà* 'èzsuoè pq dqóÁqz*Guàíèzuú &Aó Áàm úà'qúuú qà DzomzF*al.***, 2018). Estos serían una intensa erosión, los deslizamientos, el avance de escombreras, entre otros factores menores. El acceso está restringido por la empresa minera que explota la mina, por lo que ello garantiza una protección frente al expolio. Las características de este yacimiento aconsejan su excavación intensa para recuperar el mayor volumen de ámbar posible.

Este trabajo es una contribución del proyecto CRE: "Evento Cretácico de Resina: Un bioevento global de producción en masa de resina en los albores de los ecosistemas terrestres modernos", financiado por el AEI/FEDER, UE CGL2017-84419. El primer autor cuenta con el apoyo de la Generalitat de Catalunya y el Fondo Social Europeo.

Bibliografía

Alcalá, L., Espílez, E., Mampel, L. 2018. Ariño: La mina de los dinosaurios. En: Zamora, S. (ed.), Fósiles. Nuevos hallazgos paleontológicos en Aragón. Institución «Fernando el Católico», Zaragoza, Aragón, pp. 111-141.

Boscá, A. 1910. Cuenca calaminífera de Linares de Aragón. Asociación Española para el Progreso de las Ciencias, 4: 171-181.

García-Cortés, A., Rábano, I., Locutura, J., Bellido, F., Fernández-Gianotti, J., Martín-Serrano, A., Quesada, C., Barnolas, A., Durán, J.J. 2000. Contextos geológicos españoles de relevancia internacional: establecimiento, descripción y justificación según la metodología del proyecto Global Geosites de la IUGS. Boletín Geológico y Minero, 111(6): 5-38.

Gomez, B., Martín-Closas, C., Barale, G., Thévenard, J. 2000. A new species of Nehvizdya (Ginkgoales) from the Lower Cretaceous of the Iberian Ranges (Spain). Review of Palaeobotany and Palynology, 111: 49-70.

Kvaček, J., Barrón, E., Hermanová, Z., Mendes, M.M., Karch, J., Zemlicka, J., Dudák, J. 2018. Araucarian conifer from late Albian amber of northern Spain. Papers in Palaeontology, 4(4): 643-656.

Peñalver E., Delclòs, X. 2010. Spanish amber. En: Penney D (ed.), Biodiversity of fossils in amber from the major world deposits. Siri Scientific Press, Manchester, pp. 236-270.

Peñalver E., Martínez-Delclòs, X. 2002. Importancia patrimonial de Arroyo de la Pascueta, un yacimiento de ámbar cretácico con insectos fósiles en Rubielos de Mora. En: Meléndez-Hevia, G., Peñalver, E. (eds.), El patrimonio paleontológico de Teruel. Instituto de Estudios Turolenses, Teruel, Aragón, pp. 201-208.

Vilanova y Piera, J. 1860. Manual de Geología Aplicada a la Agricultura y a las Artes Industriales. Imprenta Nacional, Madrid, Vol. 1, pp. 1-384.

Villanueva-Amadoz, U., Pons, D., Díez, J.B, Ferrer, J., Sender, L.M. 2010. Angiosperm pollen grains of Sant Just site (Escucha Formation) from the Albian of the Iberian Range (north-eastern Spain). Review of Palaeobotany and Palynology, 162(3): 362-381.

REVISITING THE RECONSTRUCTIONS OF PENNSYLVANIAN TREE AND FORESTS

C. Álvarez-Vázquez[1], J.A. Knight[1], J.I. Peláez[2] & L. Sardina[3]

1 Centro Paleobotánico, Real Jardín Botánico de Córdoba, Avenida de Linneo, s/n, 14004 Córdoba, Spain.
paleo.calvarez@jardinbotanicodecordoba.com; jaknightuk@btinternet.net

2 c/ Historiador Manuel Salcines, 1, 4ºA, 14004 Córdoba, Spain

3 c/ Bartolomé de Carranza, nº 42, 4º izda, 31008 Pamplona, Navarra, Spain

The art of interpreting plant fossils of late Carboniferous (Pennsylvanian) age and of reconstructing whole plants, from material that is always found in fragmentary preservation, has invariably posed a challenge. Furthermore, the interpretation of plant associations requires knowledge of sedimentary conditions and the palaeoecological environment; palaeogeographic, palaeolatitudinal, palaeoclimatological and local geological constraints on floral distribution must also be considered for a proper appreciation of each particular locality and its geological setting. However, the complexity of all these interrelated factors has not always been taken into account in published reconstructions.

Incidental finds are likely to be overestimated, and preservational characters may be misinterpreted where only a limited number of specimens are available.

Reconstructions of Pennsylvanian forests

The most common assemblages of determinable Pennsylvanian plant remains are those found in the roof of coal seams. There is a clear bias towards recording these assemblages because plant remains of this origin are largely represented in the tips of coal mines and they are also the most easily recoverable remains in the coal workings themselves. These roof shales normally show assemblages corresponding to near-swamp environments. However, a special case is that where a flood event generates river overbank deposits and mobilisation of in-channel mudbanks, which may be interpreted as hosting a specific floral assemblage, and which invade the swamp environment producing roof shales with allochthonous flora.

The first mudrock capable of preserving plant adpressions in the immediate roof of a coal seam is likely to reflect the "in-seam" flora of the coal swamp. Upwards, the plant fossils may become more varied due to an admixture of elements that

lived near the swamp but not in it.

The commonly reproduced reconstructions of Pennsylvanian forests are shown as a mixture of lycopsid trees with seed ferns and ferns as undergrowth and epiphytes, whereas sphenopsids are depicted as flanking open water, with cordaitaleans colonising a whole range of environments, from coastal to relative upland. It seems that most of these reconstructions of mixed floral composition are based on transported assemblages and can only be regarded as a general appreciation of the whole ever-wet Pennsylvanian floras. They are like "botanical garden reconstructions", without any pretence at showing palaeoecologically controlled floral associations. The image of a mixed forest of higher diversity normally showing a two level canopy, should be queried in the light of a full palaeoecological analysis.

In-seam floras have rarely been recorded. Where records exist (e.g. Wagner & Álvarez-Vázquez, 2014) low-diversity floras are noted, with different species occurring in separate stands. Presumably, this reflects ecological controls in a specialised environment. It may be that monospecific stands of trees, linked to environmental conditions were the rule rather than the exceptions.

A particular case: reconstructions of lycopsid trees

Álvarez-Vázquez & Wagner (2014) make the case that for the Lycopsida, which are important components of swamp floras of Pennsylvanian age, the classical reconstructions of Hirmer (1927) must be reconsidered. In all cases, the trunks and main branches are shown as devoid of leaves, whereas the insertion of leaves is marked by scars. The general assumption has been that lycopsids would have shed leaves from the lower part of the trees as they grew. This assumption must now be questioned in most of the genera, if not generally. There is evidence that main axes possessed attached leaves as preserved on the sides of major branches.

In this work, we document some examples of lycophyte trunks with still-attached leaves from different Spanish basins and some others not well-known from the palaeobotanical literature; also the first proposal of new reconstructions for some lycopsids is presented.

Acknowledgement

This research was supported by the Project CGL2015-66835-P of the Spanish Government.

References

Álvarez-Vázquez, C. & Wagner, R.H. 2014. Lycopsida from the lower Westphalian (Middle Pennsylvanian) of the Maritime Provinces, Canada. Atlantic Geology, 50, 167–232.

Hirmer, M. 1927. Handbuch der Paläobotanik. Band I: Thallophyta-Bryophyta-Pteridophyta. Verlag R. Oldenbourg, München und Berlin, 708 p.

Wagner, R.H. & Álvarez-Vázquez, C. 2015. A coastal forest swamp dominated by Omphalophloios C.D. White, in the Autunian (uppermost Stephanian) of Puertollano, south-central Spain. Palaeontographica, Abt. B, 292 (1–3), 33–77.

RECLAIMING *LOBATOPTERIS* WAGNER: A FORM-GENUS FOR LOBING PECOPTERID FOLIAGE OF THE UPPER PENNSYLVANIAN

C.Álvarez-Vázquez[1], J.A. Knight[1] & L.J. Sardina[2]

1 Centro Paleobotánico, Real Jardín Botánico de Córdoba, Avenida de Linneo, s/n, 14004 Córdoba, Spain
paleo.calvarez@jardinbotanicodecordoba.com; jaknightuk@btinternet.com

2 c/ Bartolomé de Carranza, nº 42, 4º izda, 31008 Pamplona, Navarra, Spain

The identification of pecopterid foliage, a characteristic element of Upper Pennsylvanian fossil floras, is very difficult; conserved material is commonly fragmentary while the original fronds may have been extremely large (over 2 m long) and with a complex variability and frond structure. Since the introduction of the form-genus *Pecopteris* by Brongniart (1822) numerous attempts have been made to subdivide this type of foliage, either based on pinnule shape, frond structure and characteristics of pinna shape and terminals, venation style and complexity, and/or fructifications and miospore content. The range includes a distinctive type of foliage characterised by a developmental stage of elongate, predominantly lobed and pinnatifid pinnules. With reference to material of this latter type Wagner (1958) described *Lobatopteris*, a form-genus based on a distinctive venation pattern: a four-pronged stage is produced by dichotomy of the upper branch of the first bifurcated veins. This pattern gives rise to a characteristic cluster of veins which are always coincident with the early development of individual lobes.

The status of the genus *Lobatopteris*

The introduction of *Lobatopteris* was accompanied by a detailed description of a new species, *L. alloiopteroides* Wagner, based on material showing a wide range of foliar morphology from the uppermost Asturian of the Guardo-Cervera Coalfield, Palencia, NW Spain. Although not formally designated as the type species, the description of *L. alloiopteroides* conformed entirely to the diagnostic features of the genus; it is explicit that the diagnosis relates to non-fructifying material.

The priority of the original diagnosis of *Lobatopteris* has contributed to some confusion. The first diagnosis of the genus appeared in Spanish language (Wagner, 1958), in conjunction with the description of the new *L. alloiopteroides*. There is no doubt that Wagner intended that there would

be an essentially simultaneous publication of the generic diagnosis in English, which finally appeared in 1959. In the English version (Wagner, 1959) the diagnosis is accompanied by remarks on several species attributed to the genus, but with no mention of *L. alloiopteroides*, and also included a final comment that the type of the genus should be considered *L. vestita*. This is an unfortunate choice because *L. vestita sensu* Wagner is different from the *Pecopteris vestita* illustrated by Lesquereux (1880) from Clinton, Missouri, USA.

More recently Wittry *et al.* (2014) have complicated the interpretation of foliage of this type by the introduction of the new genus *Crenulopteris*, into which a number of species previously included in *Lobatopteris* were re-assigned. Confusingly, the new genus *Crenulopteris* was conceived as "retaining the spirit of Wagner's (1959) "*Lobatopteris*" concept by retaining the essence of his diagnosis". However, the critical diagnostic feature is claimed to that the fructifications of *Crenulopteris* produce monolete spores; in contrast, *Lobatopteris* is correspondingly diagnosed as producing trilete spores. This latter assertion was based on the attribution of *Pecopteris miltonii* (Artis) Brongniart to *Lobatopteris*, which is in error (see Wagner & Álvarez-Vázquez, 2016).

The present authors consider this approach to be flawed. It introduces the identification of spore type as diagnostic for a range of foliage which predominantly presents in the non-fructifying state, and is contrary to the concept of *Lobatopteris* as applicable specifically to non-fructifying foliage. Additionally, the type species designated for *Crenulopteris*, *C. acadica* is based on predominantly non-fructifying material and the material from which the diagnostic fertile structures and spores are obtained has not been identified. The co-identification of fertile material with non-fructifying foliage of this group is fraught with difficulty unless clear and unequivocal co-existence can be demonstrated. We think that this is not the case for the species transferred by Wittry *et al.* (2014) to *Crenulopteris*. For example, *C. acadica* was first described from Nova Scotia based on non-fructifying foliage while the figured fertile material came from England.

The present work endeavours to illustrate the wide variability within *Lobatopteris alloiopteroides* based on material in the collections of the Jardín Botánico de Córdoba, in addition to new material re-collected from the type locality in the Tosande Valley, SSW of Cervera de Pisuerga and, from the same stratigraphic succession, at Muñeca opencast site W of Guardo (Palencia).

Conclusions

The present authors conclude that *Lobatopteris* Wagner must be retained for non-fructifying foliage characterised by predominantly lobing and pinnatifid pinnules and characteristic lobatopterid venation. This approach is justified by recognition that the first description of a species corresponding to the first diagnosis and description of the genus *Lobatopteris* is *L. alloiopteroides* Wagner and as such this should be recognised as the type-species. This conclusion renders the complex and flawed discussions on the identity of other species around *Pecopteris miltonii* and the concept of a proposed new genus *Crenulopteris* to be entirely superfluous.

Acknowledgement

This research was supported by the Project CGL2015-66835-P of the Spanish Government.

References

Brongniart, A. 1822. Sur la classification et la distribution des végétaux fossiles en général, et sur ceux des terrains de sédiment supérieur en particulier. Mémoires Muséum d'Histoire naturelle de Paris, 8, 203–348.

Lesquereux, L. 1879–1884. Description of the Coal Flora

of the Carboniferous Formation in Pennsylvania and throughout the United States. Second Geological Survey of Pennsylvania. Report of Progress, P. Atlas (1879): pls A, B; pls I–LXXXV. Text – I (1880): 1–354; II (1880): 355–694, pls LXXXVI, LXXXVII; III (1884): 695–977, pls LXXXVIII–CXI.

Wagner, R.H. 1958. *Lobatopteris alloiopteroides*, una nueva especie de Pecopteridea del Estefaniense A español. Estudios Geológicos, XIV, 38, 81–106.

Wagner, R.H. 1959. Some Stephanian Pecopterids from NW. Spain. Mededelingen Geologische Stichting, (N.S.), 12 (for 1958), 5–23.

Wagner, R.H. & Álvarez-Vázquez, C. 2016. A reappraisal of *Pecopteris miltonii* (Artis) Brongniart, a mid-Westphalian (Early-Mid Pennsylvanian) fern. Proceedings of the Yorkshire Geological Society, 61 (1), 37–53.

Wittry, J., Glasspool, I.J., Béthoux, O., Koll, R. & Cleal, C.J. 2014. A revision of the Pennsylvanian marattialean fern *Lobatopteris vestita auct.* and related species. Journal of Systematic Palaeontology, 13 (8), 615–643.

REPLICANDO LA SERIE TIPO DE LOS BIVALVOS DE AGUA DULCE DEL JURÁSICO ASTURIANO

E. Baeza[1], G. Delvene[1], L. Piñuela[2] & J.C. García-Ramos[2]

1 Museo Geominero, Instituto Geológico y Minero de España (IGME), C/. Ríos Rosas, 23, 28003 Madrid, España; e.baeza@igme.es; g.delvene@igme.es

2 Museo del Jurásico de Asturias (MUJA), 33328, Colunga, Asturias, España; lpinuela.muja@gmail.com

Introducción

La Costa de los Dinosaurios abarca 57 km de acantilados entre Gijón y Ribadesella (Asturias) mostrando una secuencia de unos 1000 m de espesor de rocas sedimentarias pertenecientes al Jurásico. Los fósiles replicados proceden de tres de las formaciones del Jurásico Superior, Vega, Tereñes y Lastres (Valenzuela et al., 1986) de edad Kimmeridgiense (Dubar y Mouterde 1957; Suárez Vega 1974; Olóriz et al. 1988). Delvene et al. (2016) estudiaron el registro de bivalvos de agua dulce de estas formaciones y definieron 5 taxones nuevos: *Mujanaia abeuensis*, "*Unio*" *asturianus*, *Margaritifera*? *lagriega*, *Asturianaia colunghensis* y *Asturianaia lastrensis* de las familias Unionidae y Margaritiferidae (orden Unionida), comparándolos con la fauna fósil europea, asiática y norteamericana conocida hasta la fecha de la publicación. Su hallazgo resultó ser uno de los registros fósiles del orden Unionida más antiguos de España y supuso una nueva distribución paleogeográfica de este grupo de bivalvos en Europa. Este trabajo se centra en la réplica de las series tipo de estos bivalvos con dos fines. El primero de ellos sería mostrar al público este registro fósil, con nombres dedicados a Asturias y a varias localidades asturianas, en la exposición permanente del Museo del Jurásico de Asturias (MUJA). El segundo consistiría en incorporar una copia de los tipos más relevantes a las colecciones del Museo Geominero (IGME), institución que ha sido partícipe de esta investigación, previa autorización de la entidad competente asturiana, en este caso la Consejería de Educación y Cultura.

Replicar la serie tipo de taxones nuevos

La salvaguarda de material tipo es una cuestión básica y de gran importancia para cualquier entidad que tenga entre sus competencias custodiar elementos del patrimonio natural. No es recomendable que el material tipo original se exhiba en un museo o exposición, ya que corre ciertos riesgos, tales como accidente por manipulación, vanda-

lismo, robo e incluso en un hipotético incendio podría no estar suficientemente protegido. Esto suele plantear un problema de observación a visitantes e interesados en contemplar de cerca fósiles de especies nuevas que siempre suscitan curiosidad e interés. El material tipo debe custodiarse en las mejores condiciones posibles, preferiblemente en armarios ignífugos, eliminando muchos de los riesgos anteriormente mencionados y permaneciendo en unas condiciones ambientales de conservación más adecuadas y estables.

Los investigadores tienen acceso directo a estos fósiles particulares para poder llevar a cabo sus estudios, siempre bajo la supervisión de los conservadores de los museos, sin embargo, la réplica de los mismos es necesaria para que el público pueda también disfrutar y acceder a estas piezas.

Metodología

La metodología para realizar la réplica de la serie tipo de los bivalvos asturianos está basada en la patente de invención del Museo Geominero (IGME) nº 200501432 denominada "Proceso de reproducción de fósiles, rocas y minerales y producto obtenido" (Baeza *et al*. 2013, 2015, 2016). Se ha utilizado el método de moldeo y vaciado tradicional, pero con todas las garantías para que el original no sufra ningún tipo de mancha ni alteración. Todo ello unido a una amplia experiencia (14 años desde la aprobación de la patente) puede garantizar que las piezas originales, en este caso tipos, se moldeen con seguridad y las réplicas tengan una magnífica resolución, en torno a las 20 micras o inferior. Tanto en el moldeo como en el vaciado se han utilizado elastómeros modificados y escayolas dentales, respectivamente, con modificaciones basadas en la distinta naturaleza (areniscosa o margosa), en la existencia de pátinas, así como en la presencia o ausencia de fisuras de los ejemplares.

Resultados y conclusiones

Todos los ejemplares replicados (ver Tabla 1) conservan la concha, aunque en algunos ésta aparece ligeramente fragmentada. Como se ha comentado previamente, los fósiles proceden de las formaciones Vega, Tereñes y Lastres. La Fm. Vega consta de una sucesión de areniscas blancas, grises y rojizas, lutitas rojas, algunos lechos conglomeráticos y en menor medida de calizas y margas de color gris. Se interpretó como los depósitos fluviales formados por cauces efímeros intermitentes de alta sinuosidad, separados entre sí por áreas entre canales con suelos de tipo caliche y lagunas esporádicas. La Fm. Tereñes está formada por margas lumaquélicas y finos niveles de calizas con algunas intercalaciones de areniscas y limolitas. El ambiente sedimentario correspondería a un *lagoon* de plataforma separado de mar abierto por un umbral de origen tectónico. La Formación Lastres está constituida por la alternancia de areniscas, y margas de color gris que representan un ambiente fluvio-deltaico.

Tabla 1. Ejemplares de las series tipo replicadas de las especies de bivalvos de agua dulce del Jurásico Superior de Asturias.

SIGLA	SERIE TIPO	ESPECIE	LITOLOGÍA	YACIMIENTO
MUJA-4275	Holotipo	*Mujanaia abeuensis*	Fm. Vega	Abeu
MUJA-4467	Holotipo	"*Unio*" *asturianus*	Fm. Lastres	El Talameru
MUJA-4464	Holotipo	*Margaritifera* ? *lagriega*	Fm. Tereñes	Playa de la Griega
MUJA-4481	Holotipo	*Asturianaia colunghensis*	Fm. Lastres	El Talameru
MUJA-4470	Paratipo	*Asturianaia colunghensis*	Fm. Lastres	El Talameru
MUJA-4492	Holotipo	*Asturianaia lastrensis*	Fm. Lastres	El Talameru
MUJA-4490	Paratipo	*Asturianaia lastrensis*	Fm. Lastres	El Talameru

La patente nº 200501432 utilizada ha permitido replicar cada pieza, considerando que la concha fósil tiene una naturaleza diferente a la roca encajante. Se han realizado ensayos y pruebas de impacto en las rocas de las diversas formaciones litológicas de las que proceden los fósiles tipo. Los resultados obtenidos proporcionan la información necesaria para proteger debidamente los ejemplares originales sin que disminuya la resolución de sus réplicas. Se ha realizado además un molde de dos piezas con carcasa para cada ejemplar, con el fin replicar la pieza en su totalidad: fósil y matriz. Se han llevado a cabo un total de 7 moldes de ejemplares correspondientes a los cinco taxones (5 holotipos y 2 paratipos) que proceden de las tres formaciones mencionadas (Vega, Tereñes, Lastres) del Jurásico Superior de Asturias. Para realizar los moldes se utilizaron siliconas RTV2 en diferente grado de coagulación y tixotropadas en su caso, así como catalizadores de diferente velocidad de curado y pigmentos específicos para caracterizar cada elastómero. Para los vaciados de los fósiles se utilizó una mezcla de las escayolas dentales de los tipos exaduro, hebodur y arquero en vacío, y para las matrices la escayola álamo-70 con primal. Se incorporaron a la masa pigmentos inertes en polvo, básicamente oxihidróxidos de hierro y negro de humo.

Mediante la realización de réplicas de calidad podemos facilitar que el material tipo pueda ser observado, estudiado, medido o exhibido sin ningún riesgo para las piezas originales ya sea para la exposición pública o con fines de investigación.

Agradecimientos

Este trabajo forma parte del proyecto CGL-2013-42643-P y ha sido parcialmente financiado por el Instituto Geológico y Minero de España.

Bibliografía

Baeza Chico, E., Lozano, R.P., Rodrigo, A. 2013. La importancia de las réplicas en la investigación, conservación y difusión del patrimonio Geológico mueble *XX Bienal de la Real Sociedad de Historia Natural. Libro de resúmenes*. I.Rábano y A. Rodrigo, ed, 6-7.

Baeza, E., Ruiz, L., Moreno, X. 2015. La protección del patrimonio geológico mediante réplicas de alta calidad, basadas en una patente de invención española. Posibilidades y campos de aplicación. *XXI Bienal de la Real Sociedad Española de Historia Natural*. Burgos, 104.

Baeza, E., Menéndez, S., Bravo, A., Ruiz, L. 2016. Past preparation procedures and contemporary conservation techniques applied on a holotype (Museo Geominero Madrid, Spain). *Journal of Paleontological techniques,* 15, 1-11.

Delvene, G., Munt, M., Piñuela, L., García-Ramos, J.C. 2016. New Unionida (Bivalvia) from the Kimmeridgian (Late Jurassic) of Asturias, Spain, and their palaeobiogeographical implications. *Papers in Palaeontology*, 2 (2), 265-285.

Dubar, G., Mouterde, R. 1957. Extension du Kimméridgien marin dans les Asturies depuis Ribadesella jusqu'à Gijón. *Compte-rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, sér. D, 244, 99-101.

Olóriz, F., Valenzuela, M., García-Ramos, J.C., Suárez de Centi, C. 1988. The first record of the genus Eurasenia (Ammonitina) from the Upper Jurassic of Asturias (northern Spain). *Geobios,* 21, 741-748.

Suárez Vega, L.C. 1974. Estratigrafía del Jurásico en Asturias. *Cuadernos de Geología Ibérica,* 3, 1-368.

Valenzuela, M., García-Ramos, J.C. y Suárez de Centi, C. 1986. The Jurassic sedimentation in Asturias (N Spain). *Trabajos de Geología*, Universidad de Oviedo, 16, 121-132.

ANÁLISIS DE ELEMENTOS TRAZA EN BRAQUIÓPODOS DEL JURÁSICO INFERIOR DEL SUBBÉTICO ORIENTAL. CORRELACIÓN CON LAS SEÑALES BIÓTICAS E IMPLICACIONES EN EVENTOS CRÍTICOS

J.F. Baeza-Carratalá[1], A. Giannetti[1], D. Benavente[1] & J. Cuevas-González[1]

1 Dpto. Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente, Universidad Alicante, Apdo. 99, San Vicente del Raspeig, 03080 Alicante.
jf.baeza@ua.es; alice.giannetti@ua.es; david.benavente@ua.es; jaime.cuevas@ua.es

Durante el Jurásico Inferior acaecieron importantes alteraciones ambientales en los ecosistemas marinos de las cuencas del Tethys Occidental. Entre la fauna bentónica, los braquiópodos se vieron particularmente afectados por dichas perturbaciones. En el Jurásico Inferior, el patrón de diversidad de este grupo, que posee un acreditado registro en las plataformas peri-marginales de Iberia, se vio significativamente afectado durante el Sinemuriense superior-Carixiense basal (Si-Pb), debido a una renovación de ecoespacios generada por el evento de tectónica distensiva que conllevó el colapso de amplias plataformas someras en el Tethys Occidental, en el marco de la apertura del Océano Atlántico (Baeza-Carratalá 2013). Posteriormente, el filo Brachiopoda sufrió una de las crisis ecológicas más severas de toda su historia evolutiva post-Paleozoica, consistente en un evento de extinción masiva en el Toarciense inferior (ETMEE), asociado a importantes perturbaciones de los ciclos del C y O, que afectó severamente a diversos clados (Spiriferinida y Athyridida) y conllevó una sustancial renovación faunística en otros (Rhynchonellida y Terebratulida). Por tanto, la diversidad de la braquiofauna en el Subbético está patentemente condicionada por estos eventos críticos, con efectos ambientales tanto a nivel regional como global.

Por otro lado, el desarrollo de técnicas de análisis geoquímico en conchas de braquiópodos ha propiciado la adquisición de una contrastada fiabilidad en su uso como indicadores paleoecológicos relacionados con distintos factores paleoambientales. Por ello, se ha analizado la concentración de elementos traza en braquiópodos provenientes de 20 estratos de las formaciones Gavilán y Zegrí, en 4 secciones estratigráficas del Subbético Oriental (Sierras de Crevillente y El Reclot, Alicante). La distribución de dichos elementos revela fluctuaciones significativas en el intervalo Sinemuriense superior-Toarciense inferior (Raricostatum-Serpentinum), a su vez sincrónicas con las oscilaciones globales de los ciclos del C y O y con los

principales bioeventos registrados en la braquiofauna.

El evento de transgresión del Si-Pb se correlaciona con una renovación faunística y un máximo de diversidad en la fauna de braquiópodos, a la vez que se registra un episodio de calentamiento global y una excursión positiva de elementos traza, REEs y contenido en Fe (Fig. 1), *a priori* potencialmente indicativos de un hábitat empobrecido en oxígeno. El análisis de facies descarta que variaciones significativas de oxígeno hayan provocado las considerables fluctuaciones en la curva de elementos indicadores de variaciones redox. Incluso asumiendo ligeras variaciones en el contenido en oxígeno, se percibe un incremento notable de *proxies* relacionados con la paleoproductividad y la influencia continental (Ti, Al, Mn y REEs), coherentes con el incremento de áreas continentales sumergidas debido a la transgresión fini-Sinemuriense, sin descartar fuentes alternativas como la actividad hidrotermal, regionalmente acreditada en el marco de la apertura del Océano Atlántico, lo que explicaría anomalías positivas de Cd, Pb y REEs (Fig. 1).

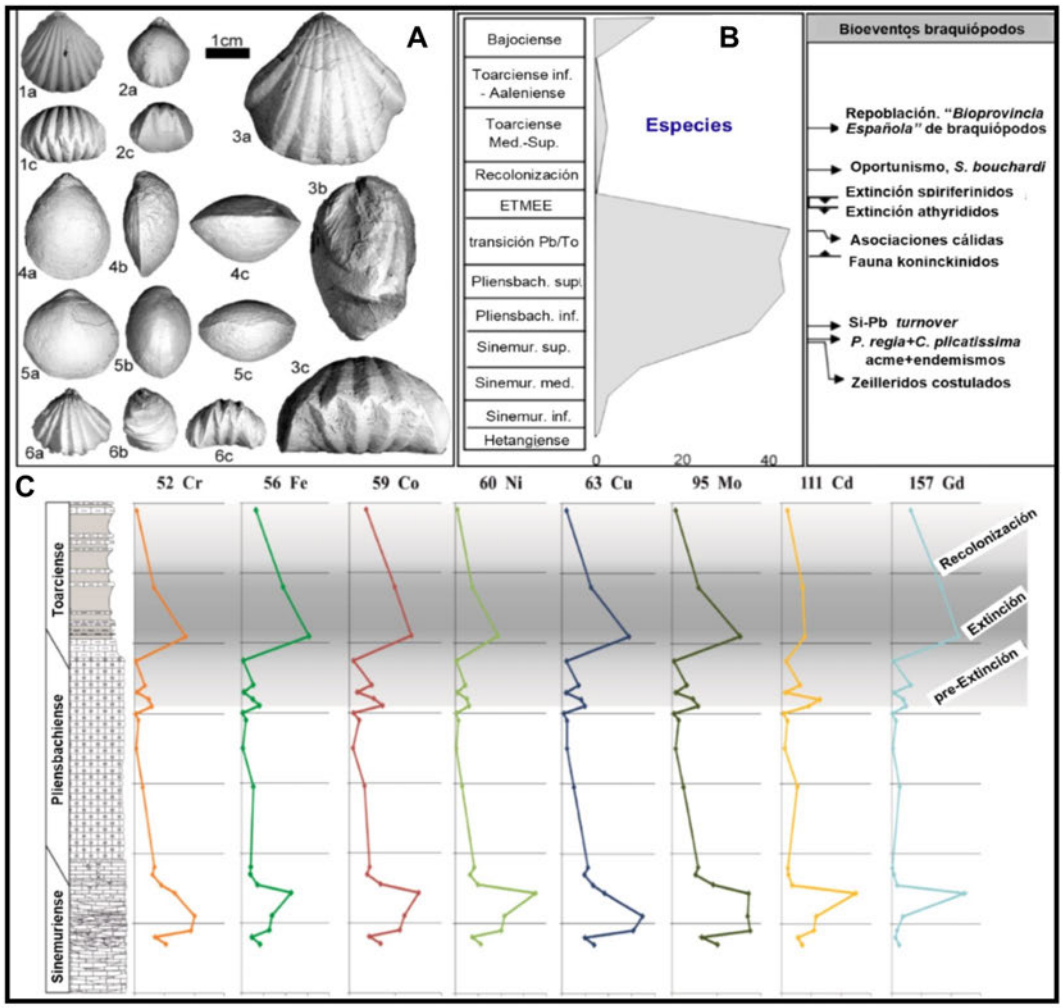

Figura 1. A. Taxones representativos de braquiópodos seleccionados para el análisis geoquímico. 1. *Calcirhynchia plicatissima;* 2. *Soaresirhynchia bouchardi*; 3. *Prionorhynchia quinqueplicata*; 4. *Lobothyris arcta*; 5. *Telothyris pyrenaica*; 6. *Cirpa briseis*. B. Diversidad de braquiópodos en el Jurásico Inferior ligada a los principales bioeventos del Subbético Oriental. C. Síntesis de la distribución de los elementos traza analizados (en $\mu mol \cdot mol^{-1}$).

En el Pliensbachiense terminal-Toarciense basal (Emaciatum-Polymorphum) se registran varias excursiones positivas en los elementos traza estudiados (Fig. 1), con un máximo coincidente con el inicio del ETMEE. Dichos pulsos concurren con las oscilaciones globales en los ciclos del C y O, sugiriendo un carácter multifase de esta crisis biótica. Estos picos se corresponden con la FOD de la fauna de koninckínidos (Baeza-Carratalá et al. 2015), considerada precursora de este evento. El bajo contenido en TOC, las evidencias sedimentológicas en las series estudiadas y la máxima diversidad en la braquiofauna registrada justo antes de la máxima incidencia del ETMEE descartan, de nuevo, la anoxia como factor desencadenante de esta crisis en el Subbético.

La súbita aparición de asociaciones faunísticas ligadas a ambientes más cálidos (Fig. 1) sugiere el inicio de un máximo térmico en la transición Pliensbachiense-Toarciense (Emaciatum terminal-Polymorphum) previamente a su extinción total en la máxima expresión térmica de la Zona Serpentinum (García Joral et al. 2011). Las señales geoquímicas de productividad primaria concuerdan con el análisis de la diversidad de braquiópodos, ya que existe un alto incremento de dichos *proxies* (e.g. Cd) en el intervalo pre-ETMEE y, tras la crisis, en el inicio de la recolonización (Fig. 1).

Tras alcanzar sus valores máximos en el ETMEE, la concentración de elementos traza disminuye gradualmente coincidiendo con el episodio de repoblación iniciado por *Soaresirhynchia bouchardi* como taxón oportunista en la Zona Serpentinum. El restablecimiento de las condiciones ambientales y la estabilización de los valores de temperatura y del contenido en elementos sensibles a las reacciones redox se correlacionan notablemente con la recuperación de la diversidad biótica atestiguada por la presencia de la *Bioprovincia Española* de braquiópodos (García Joral et al. 2011) (Fig. 1).

Por tanto, analizadas paleobiogeográfica y paleoecológicamente las asociaciones de braquiópodos y correlacionadas con los valores de paleotemperaturas para las plataformas peri-Ibéricas, se infiere que la anoxia debió jugar un papel secundario como desencadenante de los eventos críticos analizados. La opción más plausible, que explicaría las diversas anomalías en la distribución de elementos traza, coincide con incrementos en el gradiente de paleotemperatura. En tales circunstancias, pueden deducirse una serie de factores complementarios que coadyuvarían al registro de las oscilaciones prácticamente sincrónicas con los eventos de diversificación/extinción analizados (Si-Pb y ETMEE): cambios en la paleoproductividad, en el aporte de nutrientes, la influencia continental y posibles aportes de fuentes hidrotermales.

La presente comunicación es una contribución al proyecto IGCP-655 *Toarcian Oceanic Anoxic Event: Impact on marine carbon cycle and ecosystems* y está financiada por los proyectos CGL2015-66604-R y CGL2015-66835-P (MINECO, Gobierno de España).

Bibliografía

Baeza-Carratalá, J.F., 2013. Diversity patterns of Early Jurassic brachiopod assemblages from the westernmost Tethys (Eastern Subbetic). Palaeo3 381-382, 76–91.

Baeza-Carratalá, J.F., García Joral, F., Giannetti, A., Tent-Manclús, J.E., 2015. Evolution of the last koninckinids (Athyridida, Koninckinidae), a precursor signal of the Early Toarcian mass extinction event in the Western Tethys. Palaeo3 429, 41–56.

García Joral, F., Gómez, J.J., Goy, A., 2011. Mass extinction and recovery of the Early Toarcian (Early Jurassic) brachiopods linked to climate change in northern and central Spain. Palaeo3 302, 367–380.

REPTILES ESCAMOSOS DEL MIOCENO FINAL (MN13) DE SALOBREÑA (GRANADA, ESPAÑA)

S. Bailon & C. Verbeke

UMR 7209 – 7194 du MNHN, 55 rue Buffon, CP55, 75005 Paris, France, salvador.bailon@mnhn.fr

El yacimiento kárstico de Salobreña (Granada, España) está formado por bloques procedentes de un relleno de brecha osífera descubierto en 1973 por L. Thaler en Salobreña. Los estudios realizados por diferentes investigadores de la "Université des Sciences et Techniques du Languedoc" de Montpellier (Francia) sobre la fauna recuperada en dichos bloques muestran la presencia de 14 especies de roedores [*Apodemus* aff. *gudrunae*, *Stephanomys ramblensis* (= *S. dubari* ?), *Occitanomys adroveri*, *Castellomys crusafonti* y *Paraethomys* cf. *anomalus* (= *P.* cf. *meini*) (Muridae); *Dendromus* sp. (Nesomyidae); *Cricetus* cf. *kormosi* y *Protolophiomys ibericus* (Cricetidae); *Calomyscus delicatus* y *C.* cf. *minor* (Calomyscidae); *Miocricetodon* sp. (= *M. jaegeri*) y *Prototera* sp. (= *Debruijnimys* ?) (Gerbillidae); *Eliomys truci* (Gliridae) y *Atlantoxerus* cf. *rodhius* (Sciurida)]; 3 lagomorfos [*Prolagus* cf. *michauxi* (Ochotonidae); cf. *Trischizolagus* y cf. *Oryctolagus* (Leporidae)] y 5 Quirópteros [*Rhinolophus* sp. (Rhinolophidae); *Myotis* cf. *boyeri*, *Myotis* sp. y *Miniopterus* cf. *fossilis* (Vespertilionidae) y *Tadaris* sp. (Molossidae)] (Jeager et al., 1977; Aguilar et al., 1984; Aguilar y Thaler, 1987 y modificaciones taxonómicas observadas en Minwer-Barakat et al., 2009; Mahboubi, 2014 y Minwer-Barakat et al., 2018). Este conjunto de micromamíferos representado y el estado evolutivo de los taxones permiten atribuir esta fauna al Mioceno final, Biozona MN13) (Aguilar et al. 1984) y más precisamente al periodo correspondiente con la llegada de los gerbilidos de origen africano *Myocricetodon* y *Debruijnimys* a la Península Ibérica, entre 5.9 y 5.3 Ma (e. g. Agusti y Casanovas-Vilar, 2003; Agusti et al. 2006; Minwer-Barakat et al., 2018).

A partir de material depositado en el Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid, Szyndlar y Schleich (1994) describen y figuran vértebras de serpientes y las atribuyen a *Eryx* cf. *jaculus* (Boidae, Erycinae) e indican igualmente, aunque sin incluir descripción ni figuras, vértebras de serpientes de tipo escolecofidio y Psammophis (Phammophiidae). Ningún fósil de macromamífero ha sido por

ahora señalado en el yacimiento.

En este trabajo presentamos los resultados del estudio de una pequeña muestra, solamente 62 restos fósiles, de reptiles escamosos procedentes del yacimiento de Salobreña depositados en el laboratorio de Paleontología del "Museum national d'Histoire Naturelle" de Paris y pertenecientes al material de la "Université des Sciences et Techniques du Languedoc" de Montpellier.

Al menos nueve taxones se encuentran representados: seis saurios (Gekkonidae ind., Scincidae ind., *Blanus* sp. (Blanidae), *Ophisaurus* sp. y cf. *Pseudopus* (Anguidae) y Agamidae ind.) y tres serpientes (*Psammophis* sp. (Psammophiidae), *Zamenis* cf. *scalaris* (Colubridae) y *Natrix* sp. (Natricidae).

Entre estos taxones, la presencia de *Psammophis* (un género de serpientes con amplia distribución actual en África y Asia, pero no en Europa), constituye la única mención del género en Europa occidental. Su presencia durante la MN 13 en Salobreña representa uno de los raros ejemplos de migración de faunas de escamosos entre África y Europa durante el Mesiniense. La llegada de *Psammophis* a Salobreña, parece ser contemporánea a la de *Myocricetodon*, durante la Crisis de Salinidad del Mesiniense (MSC), y como este, su presencia etá limitada a un periodo de corta duración, durante el límite Mio-Plioceno, y correspondiendo a una fase de gran aridez.

Pseudopus (Anguidae) y *Zamenis scalaris* (Colubridae) muestran un registro fósil exclusivamente europeo mientras que los otros taxones identificados se han mencionado en ambos continentes aunque su más probable origen sea europeo.

Bibliografía

Aguilar J.P., Brandy L.D. y Thaler, L. 1984. Les rongeurs de Salobreña (Sud de l'Espagne) et le probleme de la migration Messinienne. Paléobiol. Continent. 14, 3–17.

Aguilar J.P. y Thaler L. 1987. Protolophiomys ibericus nov. gen., nov. sp. (Mammalia, Rodentia) du Miocène supérieur de Salobreña (Sud de l'Espagne). C.R. Acad. Sc. Paris, 304 (II), n°14 : 859-863.

Agustí J. y Casanovas-Vilar I. 2003. Neogene gerbils from Europe. Deinsea 10, 13–21.

Agustí J., Garcés M. y Krijgsman W. 2006. Evidence for African–Iberian exchanges during the Messinian in the Spanish mammalian record. Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. 238, 5–14.

Jaeger J.J., López Martínez N., Michaux, J. y Thaler L., 1977. Les faunes de Micromammifères du Néogène supérieur de la Méditerranée occidentale. Biochronologie, corrélations avec les formations marines et échanges intercontinentaux. Bull. Soc. Geol. Fr. 19, 501–506.

Mahboubi S. 2014. Les rongeurs du miocène supérieur et terminal d'Afrique nord-occidentale : biochronologie, magnétostratigraphie, biogéographie et paléoenvironnements. Thèse Université de Poitiers, 255p.

Minwer-Barakat R., García-Alix A., Agustí J., Martín-Suárez E., Freudenthal M., 2009. The micromammal fauna from Negratín-1 (Guadix Basin, Southern Spain): new evidence of African-Iberian mammal exchanges during the Late Miocene. J. Paleontol. 83, 854–879.

Minwer-Barakata R., Agustí J., García-Alix A. y Martín-Suárez E. 2018. The European record of the gerbil Myocricetodon (Rodentia, Mammalia) and its bearing on the Messinian salinity crisis. Palaeogeogr., Palaeoclimatol. Palaeoecol. 506: 168–182.

Szyndlar Z. y Schleich H.H. 1994. Two species of the genus Eryx (Serpentes; Boidae; Erycinae) from the Spanish Neogene with comments on the past distribution of the genus in Europe. Amphibia-Reptilia, 15: 233-248.

THE CARNIVORANS GUILD FROM THE EARLY PLEISTOCENE SITE OF DMANISI (GEORGIA)

S. Bartolini Lucenti[1,2], M., Bushkhianidze[3], D. Lordkipanidze [3], B. Martínez-Navarro [4,5,6] & L. Rook[2]

1 Regional PhD Programme in Earth Science, University of Pisa, via S. Maria 56, 56126, Pisa, Italy.

2 Earth Science Department, University of Florence, via La Pira 4, 50121, Firenze, Italy.

3 Georgian National Museum, 3 Purtseladze street, 0105 Tbilisi, Georgia.

4 IPHES, Institut Català de Paleecologia Humana i Evolució Social, Edifici W3, Campus de Sescelades, 43007 Tarragona, Spain.

5 Departament d"Història i Geografia, Campus Catalunya URV, Avda. Catalunya, 43002 Tarragona

6 ICREA, Pg. Lluís Companys 23, 08010 Barcelona

The outstanding record of the Georgian site of Dmanisi offers a unique glimpse on the faunal turnovers that were taking place during the Early Pleistocene (late Villafranchian Land Mammal Age), around 1.8 Ma (Gabunia et al., 2000a; 2000b; Ferring et al., 2011). Among the large number of mammalian taxa recovered (Vekua, 1995; Krijgsman et al.,2019), including the remarkable record of *Homo* (Vekua and Lordkipanidze, 2008; Lordkipanidze et al., 2013; Rightmire et al., 2017; 2019), carnivorans are considerably abundant. Five of the most common families of Villafranchian carnivorans (Canidae, Ursidae, Mustelidae, Felidae and Hyaenidae) are represented, for a total of 13 species at least. In general terms, the carnivorans guild is one of the most important elements of the Late Villafranchian mammalian faunas of Europe. Changes in the taxonomic composition of the faunal assemblages usually affect the guild. Moreover and more importantly, such changes reveal variations in the structure of the entire large mammals community. Much research has proved that such significant alterations to the composition of the carnivorans guilds occurred during this time span in Eurasia (*inter alios* Rook and Martinez-Navarro, 2010), and Dmanisi is one of the earliest records of this turnover.

In this Georgian site, the composition of the carnivorans guild and the rest of the large mammals community testify to the beginning of dispersal and colonizing phase of different elements moving towards Europe both from Asia and Africa. Fig.1 represent a sample of the diverse carnivorans guild. Emblematic in this sense, is the record of the giant short faced super-carrion eater hyena *Pachycrocuta brevirostris* in the site, an African origin element that dispersed into Eurasia after 2 Ma, in what is known as the "*P. brevirostrosis* event" (Martinez-Navarro, 2010), profoundly impacting the faunal association across the continent.

The outstanding record (either in number of species represented and in terms of quality of the

fossil material and anatomical part represented) of the carnivorans guild from Dmanisi offers us the opportunity to observe one of the main changing phase of the evolutionary history of the Villafranchian carnivorans and to correlate these changes with the arrival of a new element (i.e., the dispersal of the genus *Homo* from Africa) into the European large mammal communities.

Acknowledgements

BMN is supported by grant CGL2016-80975-P of the Spanish Ministry of Science, and grant 2017SGR859 of the Generalitat de Catalunya, GENCAT

References

Ferring, R., Oms, O., Agustí, J., Berna, F., Nioradze, M., Shelia, Tappen, M., Vekua, A., Zhvania, D., Lordkipanidze, D., 2011. Earliest human occupations at Dmanisi (Georgian Caucasus) dated to 1.85–1.78 Ma. Proceedings of the National Academy of Sciences 108, 10432-10436.

Gabunia, L., Vekua, A., 1995. A plio-pleistocene hominid from Dmanisi, East Georgia, Caucasus. Nature 373, 509-512.

Gabunia, L., Vekua, A., Lordkipanidze, D., 2000a. The environmental contexts of early human occupation of Georgia (Transcaucasia). Journal of Human Evolution 38, 785-802.

Gabunia, L., Vekua, A., Lordkipanidze, D., Swisher, C. C., Ferring, R., Justus, A., Nioradze, M., Tvalchrelidze, M., Antón, S. C., Bosinski, G., Jöris, O., de Lumley, M. A., Majsuradze, G., Mouskhelishvili, A., 2000b. Earliest Pleistocene hominid cranial remains from Dmanisi, Republic of Georgia: taxonomy, geological setting, and age. Science 288, 1019-1025.

Krijgsman, W., Tesakov, A., Yanina, T., Lazarev, S., Danukalova, G., Van Baak, C. G. C., Agustí, J., Alçiçek, M.C., Aliyeva, E., Bista, D., Bruch A., Büyükmeriç, Y, Bukhsianidze, M., Flecker, R., Frolov, P., Hoyle, T.M., Jorissen, E.L., Kirscher, U., Koriche, S.A., Kroonenberg, S.B., Lordkipanidze, D., Oms, O., Rausch, L., Singarayer, J., Stoica, M., van de Velde, S., Titov, V.V., Wesselingh, F. P. (2019). Quaternary time scales for the Pontocaspian domain: Interbasinal connectivity and faunal evolution. *Earth-Science Reviews*, *188*, 1–40. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2018.10.013

Lordkipanidze, D., Jashashvili, T., Vekua, A., de León, M. S. P., Zollikofer, C. P., Rightmire, G. P., Pontzer, H., Ferring, R., Oms, O., Tappen, M., Bukhsianidze, M., Agustí, J., Kahlke, R., Kiladze, G., Martínez-Navarro, B., Mouskhelishvili, Nioradze, M., Rook, L., 2007. Postcranial evidence from early Homo from Dmanisi, Georgia. Nature 449, 305-310.

Lordkipanidze, D., de León, M. S. P., Margvelashvili, A., Rak, Y., Rightmire, G. P., Vekua, A., & Zollikofer, C. P. (2013). A complete skull from Dmanisi, Georgia, and the evolutionary biology of early Homo. Science, 342(6156), 326-331.

Martínez-Navarro, B., 2010. Early Pleistocene faunas of eurasia and hominid dispersals. In: Fleagle, J.G., Shea, J.J., Grine, F.E., Baden, A.L., Leakey, R.E. (Eds.), Out of Africa I: Who? When? and Where?, Vertebrate Paleobiology and Paleoanthropology Series: Springer Press, Chapter 13, pp. 207-224.

Rightmire, G. P., de Leon, M. S. P., Lordkipanidze, D., Margvelashvili, A., & Zollikofer, C. P. (2017). Skull 5 from Dmanisi: Descriptive anatomy, comparative studies, and evolutionary significance. Journal of human evolution, 104, 50-79.

Rightmire, G. P., Margvelashvili, A., & Lordkipanidze, D. (2019). Variation among the Dmanisi hominins: Multiple taxa or one species?. American journal of physical anthropology, 168(3), 481-495.

Rook, L., Martínez-Navarro, B. (2010). Villafranchian: the long story of a Plio-Pleistocene European large mammal biochronologic unit. Quaternary International, 219, 134-144.

Vekua, A., 1995 - Die Wirbeltierfauna des Villafranshium von Dmanisi und Ihre biostratigraphishe bedeutung. Jahrbuch des Römisch-Germanischen Zentralmuseums Mainz 42, 77-180.

IMPLICACIONES DE LOS NUEVOS HALLAZGOS DE CONODONTOS EN TORNO A LA PRIMERA APARICIÓN DE *DECLINOGNATHODUS* EN EL CARBONÍFERO DE LA CORDILLERA CANTÁBRICA

S. Blanco-Ferrera & J. Sanz-López

Departamento de Geología, Universidad de Oviedo, c/ Jesús Arias de Velasco s/n, 33005 Oviedo, España: blancosilvia@uniovi.es; sanzjavier@uniovi.es

El límite entre los subsistemas Misisípico y Pensilvánico (*Mid-Carboniferous boundary*), es correlacionado con el horizonte, en el GSSP de la sección de Arrow Canyon (Nevada, USA), donde tiene lugar el hallazgo más bajo estratigráfico del conodonto *Declinognathodus noduliferus sensu lato* junto a su ancestro *Gnathodus girtyi simplex* (Lane et al., 1999). Sanz-López et al. (2006, 2013) discutieron el sentido temporal de varios acontecimientos de especiación en un grupo de especies de *Declinognathodus* (junto al tiempo necesario para la dispersión de las mismas). Estos autores en su lugar, propusieron como marcador primario al primer hallazgo de *Declinognathodus inaequalis* en el horizonte del GSSP en Arrow Canyon, junto a otros indicadores secundarios, principalmente las primeras apariciones de conodontos y ammonoideos (Fig. 1). La radiación evolutiva temprana de *Declinognathodus* tuvo lugar en un tiempo reducido, probablemente en menos de un millón de años (Davydov et al., 2012) por lo que estudios posteriores han mantenido el primer hallazgo de *D. noduliferus s. l.* como el criterio primario para reconocer el límite (Hu et al., 2019; Lane et al., 2019). Este acontecimiento múltiple permite la correlación bioestratigráfica entre muchas secciones, aún a expensas de perder precisión cronoestratigráfica. Recientemente, Hu et al. (2019) subdividieron el grupo de *D. noduliferus* en dos géneros probables. Uno de ellos habría evolucionado desde *G. g. simplex* en Norteamérica, mientras el otro (aún sin nombrar) lo haría desde *Gnathodus postbilineatus* en el océano del Tetis. Además, Lane et al. (2019) encontraron especímenes de *Idiognathoides* desde la base del Pensilvánico en la sección del GSSP.

Nuestro trabajo en la Cordillera Cantábrica da a conocer nuevos datos de dos muestras procedentes de dos secciones que no habían sido estudiadas y permite actualizar la discusión sobre el reconocimiento y correlación de la base del Pensilvánico.

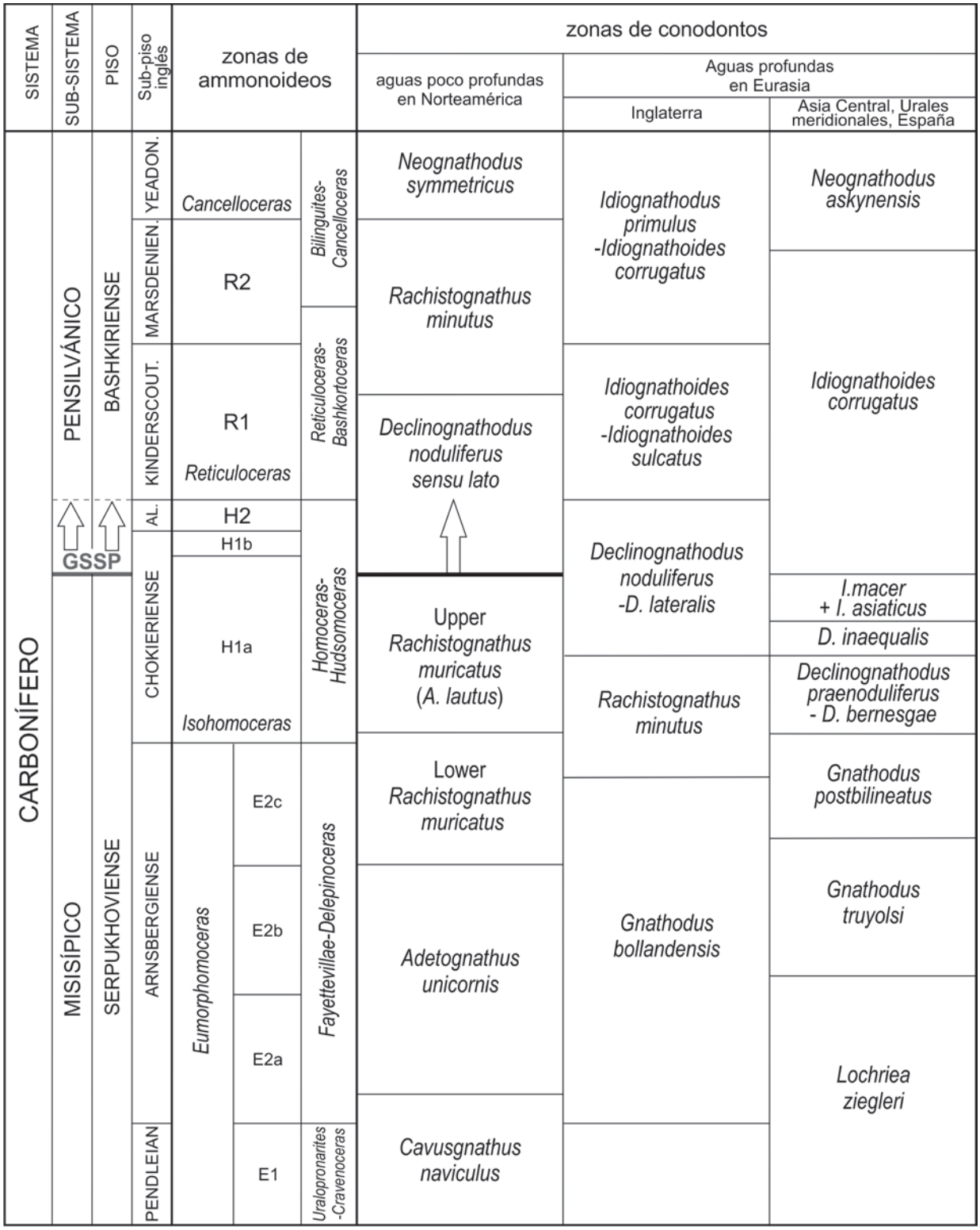

Figura 1. Correlación entre los esquemas zonales modificado de Sanz-López et al. (2013) en cuanto al horizonte de primera aparición de *Declinognathodus inaequalis* en el Misisípico y la probable posición de la base del Pensilvánico mediante la hipótesis de correlación del horizonte del GSSP. Obsérvese la incertidumbre (flechas) basada en la aparición de *Idiognathoides corrugatu*s en distintas cuencas.

Asociaciones de *Declinognathodus* en el Misisípico

La primera aparición de *Declinognathodus bernesgae* en la Cordillera Cantábrica se produce cerca de la base de la Formación Barcaliente (2,8–3 m sobre la misma). Esta especie desaparece unas capas por encima (8 m sobre la base) para reaparecer después de un intervalo estéril (126 m) en capas alrededor de la base del Pensilvánico (Sanz-López et al., 2013). La presencia de *D. bernesgae* en el Serpukhoviense superior cantábrico (tramo basal de la Formación Barcaliente) se ha comprobado en dos nuevas secciones. Este taxón se encuentra a 6,85 m encima de la base de la formación en la sección de la playa de Carranques (Asturias, muestra QC-22) y tan sólo a 1,45 m sobre la probable base (despegada y con un tramo cubierto) en la sección de Peñas Roscas (cerca del pico Aguasalio, León, muestra PRC-1). En estas, como en otras asociaciones del Misisípico (Sanz-López et al. 2006), dominan las especies de *Gnathodus* y *Lochriea*, mientras que *Declinognathodus* es un componente minoritario. La muestra del pico de Aguasalio es particularmente interesante pues ha proporcionado, junto a *D. bernesgae*, dos elementos de *Declinognathodus tuberculosus* y cuatro especímenes de *Adetognathus lautus*.

Hu et al. (2019) describieron *D. tuberculosus* como la especie más antigua del género en dos secciones de China e interpretaron su evolución hacia *D. bernesgae*. La primera aparición de estas dos especies sucede a la inversa en la Formación Barcaliente y en secciones de Tien-Shan (Central Asia) de acuerdo con las ilustraciones de Nigmadhaznov y Nemirovskaya (1993). La presencia de ambas en Peñas Roscas, desde casi la base de la Formación Barcaliente, indica una aparición próxima y en capas con *A. lautus*. Esta última especie habitaba aguas someras y hasta ahora no era conocida en el sur de Europa, pero sí en las sucesiones litorales del norte de África. La presencia de *A. lautus* en una capa granoclasificada de la Formación Barcaliente está relacionada con una resedimentación y mezcla de conodontos de varias biofacies. De hecho, los elementos recuperados de *A. lautus* son formas izquierdas fragmentadas, a las que les falta la lámina libre. No se trata de formas típicas, sino que muestran una lámina que está en una posición subcentral con respecto a los parapetos, de manera que requiere de un trazado curvo para llegar al parapeto rostral a través de una muesca y un diente deprimido en altura. Esta disposición es cercana a la observada en *Adetognathus unicornis*, pero sin la presencia del diente grande y diferenciado en el final dorsal de la lámina libre, característico de esta especie. La posición sub-central de la lámina ha sido descrita en ejemplares inmaduros y dentro de un concepto amplio de variabilidad en la especie (*A. lautus* morfotipo A según Weibel y Norby, 1992).

El hallazgo de *A. lautus* se añade a la presencia de *Gnathodus postbilineatus y Adetognathus* cf. *unicornis* en las capas basales de la Formación Barcaliente. El primer hallazgo de *A. lautus* indica la Zona de *Rachistognathus muricatus* Superior en el Chesteriense final (Misisípico) de Norteramérica (Fig. 1). Tanto, *Gnathodus postbilineatus* como *D. bernesgae* y *A. lautus* son conocidos en capas con el ammonoideo *Isohomoceras* en torno al techo del Misisípico en Asia Central y Norteamérica (Nigmadhaznov y Nemirovskaya, 1993; Titus y Manger, 2001).

Correlación del límite Misisípico-Pensilvánico (Carbonífero)

Sanz-López et al. (2013) correlacionaron el límite basal del Pensilvánico en la Cordillera Cantábrica con el hallazgo más bajo de *Declinognathodus inaequalis* a 147,53 m sobre la base de la Formación Barcaliente en la sección del mismo nombre. Este horizonte fue comparado con el propuesto en la sección clásica de Stonehead Beck en Inglaterra (Riley et al., 1987) y con el GSSP para la base del Pensilvánico (Sanz-López et al., 2013). Sin embargo, Lane et al. (2019) han recolectado ejempla-

res de *D. inaequalis* y *Declinognathodus noduliferus* junto a *Idiognathoides* aff. *convexus* desde el horizonte del GSSP para la base del Pensilvánico (o posiblemente unos 20 centímetros por debajo del mismo) en la sección de Arrow Canyon. Estos elementos sugieren que la base de la Zona de *D. noduliferus sensu lato* (base del Pensilvánico) correlaciona con Zona de *Idiognathoides corrugatus*. La base de esta zona es un horizonte diacrónico (Sanz-López et al., 2013) y varía entre la primera aparición de ammonoideos de la Subzona H1b en Asia Central y los Urales, y la Subzona R1 con los primeros ammonoideos reticulocerátidos en Ucrania e Inglaterra (Fig. 1).

Este trabajo es una contribución al PIGC 652 y ha sido llevado a cabo con fondos del Proyecto de investigación CGL2016-78738-P del Ministerio de Economía y Competitividad.

Bibliografía

Davydov, V.I., Korn, D. y Schmitz, M.D. 2012. The Carboniferous Period. The Geologic Time Scale 2012, Gradstein, F., Ogg, Schmitz, J.G.M. y Ogg, G. (Eds.). Elsevier, Amsterdam, 603–651.

Hu, K., Qi, Y. y Nemyrovska, T.I. 2019. Mid-Carboniferous conodonts and their evolution: new evidence from Guizhou, South China. Journal of Systematic Palaeontology.DOI:10.1080/14772019.2018.1440255.

Lane, H.R., Brenckle, P.L., Baesemann, J.F. y Richards, B.C. 1999. The IUGS boundary in the middle of the Carboniferous: Arrow Canyon, Nevada, USA. Episodes 22: 272–283.

Lane, H.R., Qi, Y., Wang, Z., Nemyrovska, T.I., Richards, B.C., y Hu, K. 2019. Conodonts from the mid-Carboniferous boundary GSSP at Arrow Canyon, Nevada, USA. Micropaleontology 65: 77–104.

Nigmadganov, I.M. y Nemirovskaya, T.I. 1993. Mid-Carboniferous boundary conodonts from the Gissar Ridge, South Tienshan, Middle Asia. Courier Forschungsinstitut Senckenberg 154: 253–275.

Riley, N.J., Varker, J., Owens, B., Higgins, A.C. y Ramsbottom, W.H.C. 1987. Stonehead Beck, Cowling, North Yorkshire, England: A British proposal for the Mid-Carboniferous Boundary stratotype. Courier Forschungsinstitut Senckenberg 98: 159–177.

Sanz-López, J., Blanco-Ferrera, S., Sánchez de Posada, L.C. y García-López, S. 2006. The mid-Carboniferous boundary in northern Spain: difficulties for correlation of the global stratotype section and point. Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia 112: 3–22.

Sanz-López, J., Blanco-Ferrera, S. y Sánchez de Posada, L.C. 2013. Conodont chronostratigraphical resolution and Declinognathodus evolution close to the Mid-Carboniferous Boundary in the Barcaliente Formation type section, NW Spain. Lethaia 46: 438–453.

Titus, A.I. y Manger, W.I. 2001. Mid-Carboniferous ammonoid biostratigraphy, suthern Nye County, Nevada: implications of the first North American Homoceras. Journal of Paleontology 75: 1-31.

Weibel, C.P. y Norby, R.D. 1992. Paleopedology and conodont biostratigraphy of the Mississippian-Pennsylvanian Boundary interval, Type Grove Church Shale Area, Southern Illinois. Recent advances in Middle Carboniferous biostratigraphy, Sutherland, P.K. y Manger, W. L. (Eds.). Oklahoma Geological Survey, Norman, Circular 94: 39–53.

PALEOBIOGEOGRAFÍA DE LOS HELECHOS CRETÁCICOS *RUFFORDIA GOEPPERTII* Y *ONYCHIOPSIS PSILOTOIDES*

C. Blanco-Moreno[1], B. Gomez[2] & Á.D. Buscalioni[1]

1 Unidad de Paleontología, Dpto. Biología. Universidad Autónoma de Madrid, 28049 Cantoblanco (Madrid), España.

2 CNRS-UMR5276 Terre, Planètes, Environnement, Université Lyon 1 (Claude Bernard), 2, rue Raphaël Dubois, F-69622 Villeurbanne, France.

Introducción

Las especies de helechos leptosporangiados *Onychiopsis psilotoides* (C.Stokes et Webb) Ward y *Ruffordia goeppertii* (Dunker) Seward tuvieron una amplia distribución a nivel mundial en el intervalo Berriasiense-Cenomaniense, por lo que son muy interesantes para conocer la vegetación de esta época. Junto con *Weichselia reticulata* son de las especies de helecho más frecuentes en numerosos yacimientos europeos. La comparativa entre las distribuciones de *R. goeppertii* y *O. psilotoides* es especialmente relevante por la similitud morfológica que presentan, de hecho las hojas estériles se confunden con frecuencia cuando se encuentran como pequeños fragmentos. Estudiando la frecuencia con la que aparecen en un mismo yacimiento se podría conocer diferencias en sus preferencias ecológicas, capacidad de dispersión y el rango temporal de su registro.

La paleobiogeografía de *R. goeppertii* fue tratada por Dettman y Clifford (1992), pero está basada en esporas, y se han publicado más registros de esta planta desde esa fecha. Por otro lado, la distribución de *O. psilotoides* solo se ha tratado en publicaciones de distribuciones generales de flora como Vakhrameev (1991) o Berry (1911).

Material y métodos

En este trabajo se realiza una revisión de las referencias publicadas de las especies *R. goeppertii* y *O. psilotoides*. Un total de 104 localidades fueron incluidas: 37 con presencia de las dos especies, 15 con presencia exclusiva de *R. goeppertii*, y 52 con presencia exclusiva de *O. psilotoides*. El análisis de la distribución se basó en tres categorías: (1) la distribución geográfica, utilizando las provincias florísticas propuestas por Vakhrameev (1991); (2) la edad cronoestratigráfica, siguiendo la propuesta de Blanco-Moreno et al. (2018a), dividida en Berriasiense-Barremiense y Aptiense-Cenomaniense para el Cretácico y; (3) el ambiente deposicional,

que siempre es acuático, y se categoriza de dos maneras distintas: como de costero marginal o dulceacuícola, y según la energía del ambiente como léntico o lótico.

Resultados

No todos los registros tienen datos sobre todas las categorías, la información sobre la cronoestratigrafía es más frecuente y está presente en alrededor del 90% de los registros. Sin embargo la información sobre el ambiente deposicional solo se encuentra en alrededor del 50% de los registros. Las localidades que tienen más información son las europeas, donde el 71% de las localidades contienen información sobre las tres categorías.

Las distribuciones de las dos especies son similares: menos frecuentes durante el Berriasiense-Barremiense que durante el Aptiense-Cenomaniense (fig. 1). Los registros se acumulan en Europa y China/Japón durante el Berriasiense-Barremiense, y *R. goeppertii* se encuentra exclusivamente en estas zonas durante este periodo (fig. 1). *O. psilotoides* está presente además en Norte América, Sud-África (una localidad respectivamente), y el norte de la India (dos localidades), quedando restringida a las regiones Eurosínica y Notal, por encima de 30ºN y por debajo de 35º S (fig. 1).

La distribución durante el Aptiense-Cenomaniense está más extendida geográficamente en ambos taxones, y se encuentran juntos con más frecuencia. *R. goeppertii* se dispersa hacia el oeste, y está presente en la costa este de Norte América y el este y sur de Sud-América (fig. 1). *O. psilotoides* se expande desde la Provincia del Este Asiático hacia el norte, a la Región Siberiana-Canadiense, y hacia el oeste hacia la Provincia del Centro asiático. También tiene mayor distribución en Groenlandia y Norte-América. Sin embargo su presencia en el hemisferio sur se reduce, con un solo registro en Argentina. De nuevo *O. psilotoides* se encuentra restringida por encima de los 30ºN y por debajo de los 30ºS, mientras que *Ruffordia goeppertii* sí está presente en la zona ecuatorial, en Brasil (fig. 1).

En cuanto al tipo de ambiente deposicional, ambas especies son más frecuentes en ambientes dulceacuícolas, aunque también se encuentran presentes en ambientes costeros (un 7% de los registros de *R. goeppertii* y 15% de *O. psilotoides*). Todas las localidades costeras marginales en las que *R. goeppertii* se encuentra presente, también lo está *O. psilotoides*. En cuanto a la energía del ambiente, son algo más frecuentes en ambientes lóticos (54 y 59%). Sin embargo, durante el Berriasiense-Barremiense *R. goeppertii* se registra preferentemente en ambientes lénticos, mientras que durante el Aptiense-Cenomaniense es más común en ambientes lóticos. En cambio, *O. psilotoides* se encuentra sobretodo en ambientes lóticos a lo largo de su registro. Las dos especies se encuentran juntas en ambientes lóticos en un 46% de los registros de *O. psilotoides* y en un 79% de los de *R.goeppertii*, mientras que en ambientes lénticos ocurre en el 53% y el 75% de las localidades respectivamente.

Discusión

La distribución de estas dos especies y su dispersión son coherentes con la dispersión propuesta por Skog (2001) para los helechos leptosporangiados en general, que habrían aparecido en latitudes de alrededor de 30º y posteriormente se habrían desplazado a zonas más ecuatoriales a lo largo del Cenozoico. En este caso, las familias Schizaeaceae (*Ruffordia*) y Dicksoniaceae (*Onychiopsis*) son más diversas en áreas tropicales en la actualidad (Skog, 2001).

El registro *O. psilotoides* no es del todo congruente con el de *R. goeppertii* lo que plantea que no pertenecerían a la misma asociación vegetal. *R. goeppertii* se encuentra en localidades con *O. psilotoides* con más frecuencia que en solitario, sin embargo en los registros de *O. psilotoides* sucede lo contrario. Las coincidencias son mayores en el Aptiense-Ce-

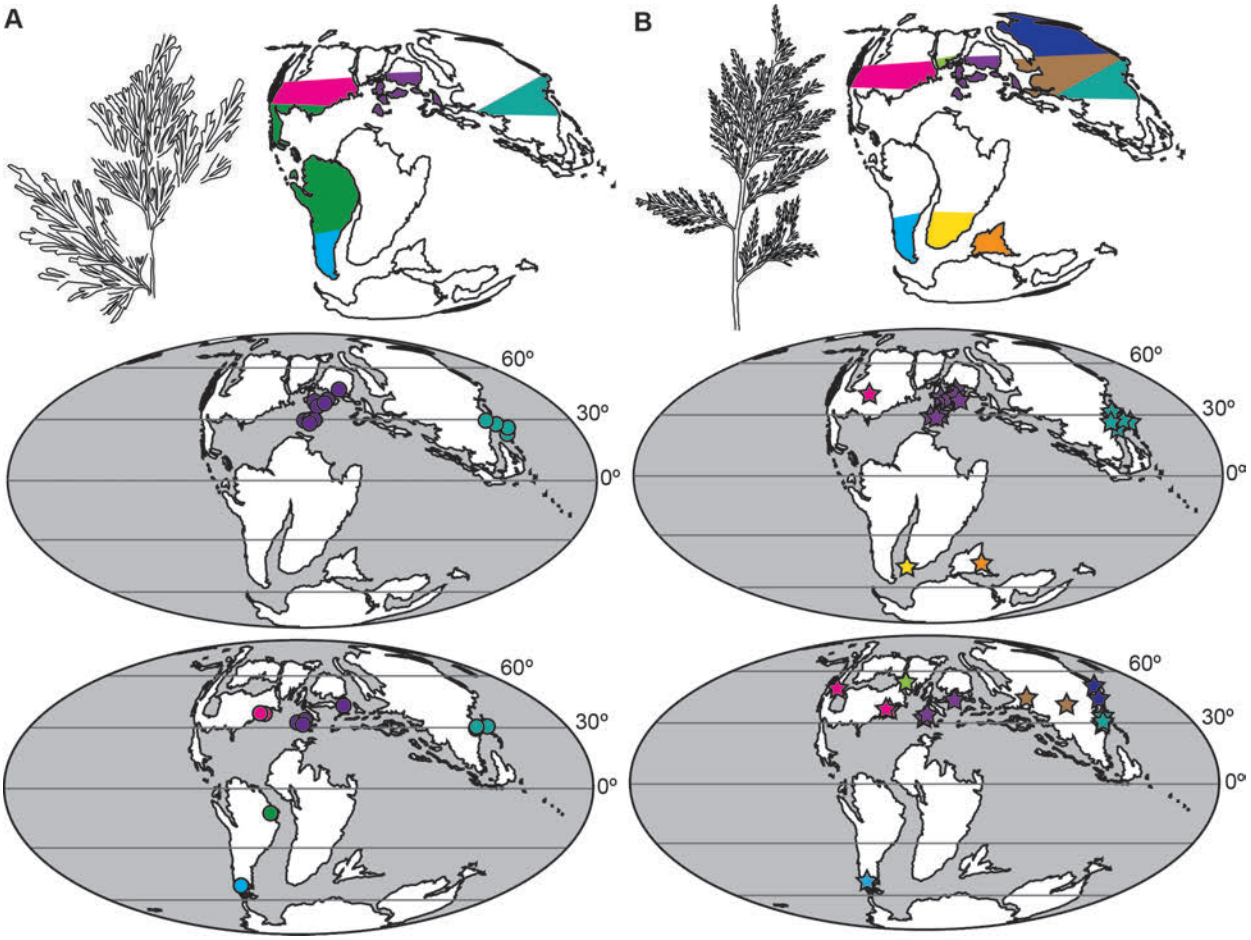

Figura 1. Distriubuciones de A, *Ruffordia goeppertii* y B, *Onychiopsis psilotoides*. Dibujo de cada una de las especies, distribución general de la planta durante el Cretácico en las provincias de Vakhrameev (1991), y distribuciones durante el Berriasiense-Barremiense (sobre mapa de hace 120 Ma) y el Aptiense-Cenomaniense (sobre mapa de hace 105 Ma). Mapas modificados de Martín-Abad y Poyato-Ariza (2013).

nomaniense, pero la distribución de ambas es también más amplia y hay más registros de ambas especies en general. En cuanto al ambiente deposicional léntico o lótico, los porcentajes de coincidencia son similares para ambos, por lo que no parece que haya un ambiente preferente en el que se encuentren asociadas.

Al comparar la distribución de *O. psilotoides* y *R. goeppertii* con la del helecho mesozoico *Weichselia reticulata* se observan grandes diferencias: *W. reticulata* es más ecuatorial y su registro se reduce en el Aptiense-Cenomaniense. Aunque las tres especies confluyen en numerosas localidades europeas, esto no es así en otras zonas. Solo en la India (en la Serie Jabalpur), se da la asociación entre *O. psilotoides* y *W. reticulata* (Bose y Dev, 1959). Incluso cuando las tres especies se encuentran juntas en una misma localidad, su registro temporal y espacial sugiere que estas podrían incluso no pertenecer a la misma asociación vegetal (Blanco-Moreno et al., 2018b). La distribución y patrón de dispersión de *W. reticulata* se corresponde con el bioma de sabana (Blanco-Moreno et al., 2018a), mientras que la de *O. psilotoides* y *R. goeppertii* es coherente con los cinturones húmedos del Cretácico (Hay y Flogel, 2012). Incluso la presencia de *R. goeppertii* en el Aptiense-Albiense de Brasil se corresponde

con la aparición de un pequeño cinturón húmedo descrito para esta zona (Hay y Floegel, 2012). De hecho, el aumento en temperatura y humedad durante el Albiense (Kidder y Worsley, 2012) podría haber favorecido también la dispersión de *O. psilotoides* hacia latitudes más altas y zonas más continentales. Curiosamente, las tres especies se extinguen en el Cenomaniense.

Bibliografía

Berry, E.W. 1911. The lower Cretaceous deposits of Maryland. Maryland Geological Survey, Maryland.

Blanco-Moreno, C., Gomez, B. & Buscalioni, A.D. 2018a. Palaeobiogeographic and metric analysis of the Mesozoic tree fern Weichselia. Geobios, 51: 571-578.

Blanco-Moreno, C., Gomez, B. & Buscalioni, A.D. 2018b. Análisis de las asociaciones de helechos de Las Hoyas (Cretácico Inferior, Cuenca, España). Cuadernos del Museo Geominero, 27: 331- 331.

Bose, M.N. & Dev, S, 1959. Occurrence of two characteristic Wealden ferns in the Jabalpur Series. Nature, 183: 130-131.

Brikiatis, L. 2016. Late Mesozoic North Atlantic land bridges. Earth-Science Reviews, 159: 47-57.

Dettman, M.E. & Clifford, H.T.1992. Phylogeny and biogeography of Ruffordia, Mohria and Anemia (Schizaeaceae) and Ceratopteris (Pteridaceae): evidence from in situ and dispersed spores. Alcheringa, 16: 269-314.

Hay y Flogel, 2012. New thoughts about the Cretaceous climate and oceans. Earth-Science Reviews, 115: 262-272.

Kidder, D.L. & Worsley T.R., 2012. A human-induced hothouse climate. GSA Today, 22:4-11.

Martín-Abad, H. & Poyato-Ariza, F.J. 2013. Historical patterns of distribution in Pycnodontiform and Amiiform fishes in the context of moving plates. Geologia Belgica, 16: 217-226.

Skog, J.E. 2001. Biogeography of Mesozoic leptosporangiate ferns related to extant ferns. Brittonia, 53: 236-269.

Vakhrameev, V.A. 1991. Jurassic and Cretaceous floras and climates of the Earth. Cambridge University Press, Cambridge.

PROYECTO DE MUSEO PALEONTOLÓGICO VIRTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE JAÉN (PALEOV-JAÉN)

J. Cardenal[1,3], M. Reolid[2,3], J. Cobo-Carrillo[1], E. Mata[1], A. Mozas[1], J.L. Pérez-García[1], J. M. Gómez-López [1] & J. Delgado[1]

1 Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría.

2 Departamento de Geología.

3 Centro de Estudios Avanzados en Ciencias de la Tierra. Universidad de Jaén.

Este trabajo presenta un proyecto de virtualización de elementos singulares del patrimonio paleontológico con vistas a un futuro Museo Virtual de Paleontología de la provincia de Jaén (PALEOV-Jaén). Para ello se está acometiendo la digitalización (mediante técnicas geomáticas de fotogrametría y de escáner láser y óptico) de elementos del patrimonio paleontológico (fósiles y colecciones) de las colecciones del Departamento de Geología de la Universidad de Jaén, y de otros ejemplares emblemáticos del patrimonio paleontológico de la provincia que, dada la ausencia de un espacio destinado a la conservación, exposición y divulgación de los restos fósiles en Jaén, se encuentran en el Aulamuseo de Paleontología de la Universidad de Granada.

Los museos virtuales (el término fue acuñado originalmente por Tsichritzis y Gibbs, 1991), han evolucionado rápidamente desde las primeras experiencias, en su mayor parte páginas web estáticas que mostraban imágenes y gráficos junto a textos explicativos, a la incorporación de la realidad virtual y aumentada gracias al desarrollo de técnicas de informática gráfica, principalmente VRML, X3D, Flash y WebGL (Robles et al., 2012). Así, un museo virtual actual debe tener los siguientes requisitos y características (Wei et al., 2019):

- La aplicación debe ser fácil de usar y permitir al visitante ver y manipular las piezas desde varios ángulos, empleando para ello diferentes tipos de técnicas de realidad virtual, inmersiva, aumentada, etc., tanto desde puestos de ordenador fijos como desde dispositivos móviles.

- Ofrecer el acceso a diferentes tipos de información (textos, gráficos, multimedia, etc.) y actividades interactivas con las muestras.

- Aportar experiencias próximas a la realidad y que sean atractivas que, además, promuevan la visita al museo original.

- Permitir el intercambio de datos y el análisis de las muestras de forma segura, especialmente cuando los ejemplares son frágiles y con necesidades especiales de manipulación y preservación.

En resumen, un museo virtual, es una fuente de información, pero su interés puede ir más allá del ámbito museístico en sí, ya que permite la documentación y generación de material para el intercambio entre investigadores, prácticas docentes, investigación o difusión, entre otras múltiples aplicaciones propias de centros de interpretación, contribuyendo además a la preservación y protección del patrimonio.

En relación al patrimonio paleontológico, un museo virtual puede atender a los dos tipos de elementos que conforman dicho patrimonio, tanto a los elementos del patrimonio mueble, los fósiles como tales y las colecciones que generan, como al patrimonio inmueble, los yacimientos. Las nuevas técnicas geomáticas de digitalización 3D, tanto las basadas en imágenes (fotogrametría) como aquellas de barrido (escáneres láser y ópticos), permiten la generación de modelos 3D fotorrealísticos de alta resolución y precisión. Si bien estas técnicas no son novedosas (Caracuel et al., 2001, 2002), los nuevos algoritmos basados en visión por computador (*Structure from Motion*, SfM, y *Multi View Stereo*, MVS;) permiten una generación relativamente rápida, sencilla y económica de estos productos (Mallison y Wings, 2014), aunque la calidad métrica, radiométrica y visual final del producto dependerá de una adecuada técnica de obtención y procesado de las imágenes, así como de las prestaciones de la cámara utilizada.

Una de las ventajas evidentes del museo virtual es la integración del patrimonio inmueble y los datos del yacimiento al que están vinculados los fósiles. Así, las técnicas geomáticas, terrestres y aéreas con los actuales sistemas no tripulados (drones o UAV, *unmanned aerial vehicles*) son de especial aplicación para obtener modelos tridimensionales de calidad de espacios naturales (Nieto et al., 2016) y poder integrarlos en el museo, situando a las muestras fósiles en su contexto.

Una vez digitalizadas las piezas de interés, es necesario construir una base de datos geoespacial con toda la información recogida e integrarla en un servidor de mapas o datos. Este servidor estará disponible a través de la Unidad de Patrimonio Natural del CEACTierra (https://ceactierra.ujaen.es/unidad-patrimonio-natural/; actualmente en fase de construcción) desde donde será accesible el Museo Virtual. Para este museo es necesario la creación de un portal web interactivo que permita incluir los modelos geométricos de los elementos documentados. Dichos modelos, etiquetados para facilitar su comprensión por parte del usuario e incorporar información de diferente naturaleza, disponen de mecanismos de interacción, tanto para los usuarios finales del museo como para los editores que incorporan nuevos modelos y los etiquetan. La herramienta de uso elegida ha sido la plataforma Sketchfab (https://sketchfab.com/). Este sitio web, basado en tecnología WebGL, permite reproducir, visualizar y compartir modelos 3D tanto en ordenadores como en dispositivos móviles y se puede integrar fácilmente en el servidor del museo (fig. 1).

En el caso concreto del museo PALEOV-Jaén, se han establecido varias salas virtuales que se instalarán en el servidor. Cada una de estas salas agruparán muestras de diversa temática en cuanto a tipología y edad. Así, se establecerá las siguientes divisiones y subdivisiones:

- Invertebrados marinos (30 especímenes): cefalópodos (ammonites, bivalvos y gasterópodos), braquiópodos, y equinodermos.

- Vertebrados (10 especímenes):

- Mioceno (cetáceos, pinnípedos, y dientes de se-

láceos).

- Triásico y Jurásico (reptiles sauropterigios y la tortuga marina *Hispaniachelys prebetica*).

- Pleistoceno (piezas dentales de *Hipparion*).

- Rastros y huellas fósiles: *Cruzianas* y *skolithos* (integrados en su contexto geológico, la Cuarcita Armoricana del Paraje Natural de la Cimbarra, Aldeaquemada, Jaén; https://skfb.ly/6K7p7).

- Huellas de reptiles triásicos (yacimientos y huellas de arcosaurios de Cambil y Santisteban del Puerto, Jaén).

Agradecimientos

El proyecto PALEOV-Jaén ha sido financiado por el Instituto de Estudios Giennenses (Subvenciones 2018 a proyectos de investigación). Parte de los trabajos se han realizado dentro del Plan Plurianual de Actividades del CEACTierra / Universidad de Jaén.

Bibliografía

Caracuel, J., Cardenal, J., Delgado, J., Boix, M., 2001. Modelización digital de macroinvertebrados fósiles con escáner 3D. XVII Jornadas de la SEP: los fósiles y la paleogeografía. Pub. Sepaz. 5.2, 637-642.

Caracuel, J., Cardenal, J., Delgado, J., 2002. Aplicaciones fotogramétricas digitales en el análisis morfométrico de fósiles. Boletín Geológico y Minero 113, 85-95.

Mallison, H., Wings, O., 2014. Photogrammetry in Palaoeontology – A practical guide. Journal of Paleontological Techniques 12, Jul. 2014, 31 p.

Nieto, L.M., Cardenal, J., Ruiz-Ortiz, P.A., Fernández, T., Pérez-García, J.L., Gómez-López, J.M., Colomo, C., Mata,

E., 2016. Documentación de LIGs a partir del uso de fotogrametría y UAS. Aplicación al Monumento Natural La Cascada de la Cimbarra (provincia de Jaén). Geotemas 16(1). IX Congreso Geológico de España. Huelva, sept. 2016.

Robles, M.D., Feito, F., Jiménez-Delgado, J.J., Segura-Sánchez, R., 2012. Evolución de las tecnologías utilizadas en el desarrollo de museos virtuales. Virtual Archaeology Review 3, 34-38.

Tsichritzis, D., Gibbs, S., 1991. Virtual Museums and Virtual Realities. Proceedings of the International Conference on Hypermedia and Interactivity in Museums, Pittsburgh.

Wei, O.C., Majid, Z., Setan, H., Ariff, M., Idris, K., Darwin, N., Yusoff, A.R., Zainuddin, K., 2019. Three-dimensional recording and photorealistic model reconstruction for virtual museum application – an experience in Malaysia. The Int. Arch. of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XLII-2/W9, Int. Workshop 3D-ARCH, Bergamo, Italy. 763-771. https://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XLII-2-W9/763/2019/

Figura 1. Ejemplo de modelo 3D integrado (cráneo de ballena enana del género Cephalotropis, Tortoniense, Villanueva de la Reina, Jaén) en la plataforma web on line Sketchfab para su visualización e interacción. Se incluyen capturas de la información incorporada en el modelo y código QR pasa su acceso. https://skfb.ly/6LoRM

EN EL CENTENARIO DE LA MUERTE DE ERNST HAECKEL. VICISITUDES DE SUS HIPÓTESIS FILOGENÉTICAS

A. Casinos

Universidad de Barcelona, Departamento de Biología Evolutiva, Ecología y Ciencias Ambientales.

Sin duda es la llamada ley biogenética fundamental el fundamento teórico de las ideas filogenéticas de Haeckel, por lo que hace a sus hipótesis sobre la filogenia de los metazoos. A su vez la teoría de la gastrea es la piedra angular, teoría que en última instancia tan solo se justifica a través de una recapitulación estricta. La blástula recopilaría un organismo hipotético basal, al que le dio el nombre de "blastea", de forma esférica y simetría radial, formado por células flageladas, de la que las estructuras coloniales del género *Volvox* podrían considerarse un modelo. La siguiente etapa en la evolución de los metazoos sería el organismo de la que la gástrula sería su forma embrionaria recapitulativa ("gastrea"), con diferenciación en dos capas celulares, origen del endodermo y el ectodermo, respectivamente. Los cnidarios, por su organización diblástica y su supuesta simetría bilateral, serían el equivalente de la "gastrea" (Casinos, 2017).

El desprestigio en que cayó la mencionada ley, ya en el primer tercio del siglo XX, en favor de una perspectiva recapitulativa más de acuerdo con las ideas de von Baer, que suponía que la recapitulación sería de estadios embrionarios (Løvtrup, 1978), fue sin duda una de las causas del cuestionamiento de la citada teoría de la gastrea y todo lo que llevaba aparejado.

Recientemente (Reynolds, 2019) ha postulado que la raíz de las ideas filogenéticas sobre los metazoos de Ernst Haeckel está en sus estudios sobre las esponjas calcáreas. En su monografía sobre dicho grupo (resumidas en Haeckel, 1873), propone un origen monofilético de los metazoos a partir de una forma embrionaria ancestral semejante a una esponja, identificable como la "gastrea". Pero las esponjas, según diversos autores, no desarrollan propiamente gástrula (Ereskovsky, 2007).

El descrédito de la llamada ley biogenética fundamental condujo a un replanteamiento del origen y filogenia de los metazoos. En ese marco cabe señalar a Jovan Hadži y Otto Steinböck. Ambos au-

tores consideraron que las esponjas eran un grupo separado del resto de metazoos (Eumetazoa) y que el origen de estos últimos habría que buscarlo en los ciliados por vía sincicial. Por el contrario Hanson (1977) formuló un verdadero esquema de polifiletismo (Hanson, 1977).

Sin embargo en los últimos años las hipótesis filogenéticas dominantes sobre los metazoos, especialmente las basadas en datos moleculares, han dado un giro considerable al tema, de tal manera que algunas de las propuestas de Haeckel, como la monofilia o el origen flagelado, vuelven a estar de actualidad, recuperándose incluso la nomenclatura creada por aquel, de forma, a mi modo de ver, acrítica.

Bibliografía

Casinos, A. 2017. 1966-2016: 50 años de cambios en el paradigm zoológico. eVOLUCIÓN, 12(1): 51-66.

Ereskovsky, A. 2007. Sponge embryology: the past, the present and the future. En: Porifera Research: Biodiversity, Innovation and Sustainability. Custodio, M.R., Lôbo-Hajdu, G., Hajdu, E., Muricy, G. (Eds.), pp. 41-52. Museu Nacional, Rio de Janeiro.

Hadži, J. 1963. The Evolution of Metazoa. Pergamon Press, Oxford.

Haeckel E. 1873. On the Calcispongiae, their position in the animal kingdom, and their relation to the theory of descendance. Translated by W.S. Dallas. Ann. Mag. Nat. Hist. Zool. Bot. Geol., 4(64):241–262, 421–430.

Hanson, E.D. 1977. *The Origin and Early Evolution of Animals*. Wesleyan University Press, Middletown, Conn.

Løvtrup, S. 1978. On von Baerian and Haeckelian recapitulation. Syst. Zool., 27: 348-352.

Steinböck, O. 1963.- Origin and affinities of the lower Metazoa. The "aceloid ancestry" of the Eumetazoa. En: The Lower Metazoa. Comparative Biology and Phylogeny. Dougherty, E.C., Brown, Z.N., Hanson, E.D., Hartman, W.D. (Eds.), pp. 40-54. University of California Press, Berkeley.

FOSSIL-LAGERSTÄTTE DE PLANTAS EN TERRENOS VOLCÁNICOS

C. Castillo Ruiz[1], J.R. Castro Rosa[1], C. González Montelongo[2] & A. Santos Guerra[3]

1 Departamento de Biología Animal, Edafología y Geología. Sección de Biología. Facultad de Ciencias. Av. Astrofísico Francisco Sánchez, s/n. Apartado Postal 456. 38200 Universidad de La Laguna.

2 Departamento de Botánica, Ecología y Fisiología Vegetal. Facultad de Farmacia. Av. Astrofísico Francisco Sánchez, s/n. Apartado Postal 456. 38200 Universidad de La Laguna.

3 Jardín Botánico Orotava (ICIA). C/ Retama, 2. 38400 Puerto de la Cruz. Tenerife.

El término "fossil-lagerstätten" hace referencia a aquellos yacimientos paleontológicos extraordinarios, que son relevantes por su alta concentración de restos (*Konzentrat-lagerstätten*) o por su elevada conservación (Konservat-Lagerstätten) (Seilacher *et al.*, 1985). Los yacimientos con fósiles bien conservados suelen originarse por eventos catastróficos, como es el caso de una erupción volcánica que produce un enterramiento rápido. Por lo que la información paleobiológica que suministra el estudio de este tipo de yacimientos (yacimientos de conservación) corresponde a tiempo ecológico (Briggs, 2001).

Los fossil-lagerstätten conocidos con plantas fósiles son escasos en islas oceánicas y volcánicas. En el caso de Tenerife (Islas Canarias), el yacimiento mejor conocido hasta ahora se encuentra en el Norte de la isla (Rambla de Castro - Macizo de Tigaiga), resultado del depósito de carbonato cálcico sobre hojas, ramas y frutos de plantas del monteverde canario. Sin embargo, este yacimiento se encuentra prácticamente destruido, conservándose algunas muestras en el Museo Insular de la Naturaleza y la Antropología (Talavera-Casañas *et al.*, 1989).

Tras la comunicación del hallazgo de fósiles de vegetales en el SE de Tenerife, por parte del dueño de unos terrenos de cultivo, se hizo una primera inspección de la colección privada. La gran cantidad de fósiles y el buen estado de conservación de las muestras que la componen, sirvió de punto de partida para el estudio del yacimiento fósil. El objetivo de este trabajo es dar a conocer el valor extraordinario del registro fósil de Canarias, en particular el de plantas como ejemplo de fosilización en ambientes volcánicos.

El yacimiento se localiza a unos 500 m de altitud en las "Bandas del Sur" (Fig. 1). La vegetación potencial de esta zona corresponde a un bosque mixto de pinar seco con transición a bosque termoesclerófilo. En la actualidad, esta zona se en-

cuentra fuertemente antropizada convertida en un área agraria, conservándose pequeños reductos de vegetación de sustitución del bosque termoesclerófilo, fundamentalmente matorrales de incienso (*Artemisia thuscula*) y vinagrera (*Rumex lunaria*) así como tabaibales amargos (*Euphorbia lamarckii*).

Fig. 1. Mapa geológico simplificado de Tenerife, donde se observan las "Bandas del Sur", cuyo origen está principalmente ligado al Edificio Cañadas. Modificado de Carracedo y Troll, 2016.

En un primer estudio de las muestras que componen la colección particular de los fósiles vegetales del yacimiento de las Bandas del Sur, se han reconocido raíces y ramas tanto moldes como restos momificadas que no han podido ser identificadas hasta el momento, y los moldes de piñas de *Pinus* sp. y hojas de *Cistus* spp., cf. *Bystropogon*, cf. *Echium*, cf. *Laurus* y monocotiledónea sin identificar, entre otras (Fig. 2). La composición florística examinada hasta el momento indica la presencia de una formación boscosa de *Pinus* con un sotobosque de jaras (*Cistus* spp.).

Aunque son necesarios estudios geológicos más profundos, el origen de este nuevo yacimiento de plantas podría estar asociado a los dos últimos ciclos constructivos del Edificio Cañadas (Ciclos II y III, ocurridos entre 0,74 y 0,17 Ma), caracterizados por erupciones explosivas (Carracedo y Troll, 2016). Este tipo de erupciones (por ejemplo, plinianas y freatomagmáticas) generan columnas eruptivas con ceniza volcánica de grano muy fino, que se deposita en grandes cantidades en áreas alejadas del centro de emisión. La lluvia de piroclastos es la responsable del grado excepcional de detalles morfológicos en los moldes (Spicer, 1991; Burham, 1994) como en los estudiados. Asociado a las erupciones freatomagmáticas se puede observar el depósito de lapilli acrecional, presente prácticamente de forma constante en las muestras observadas (Fig. 2c). El lapilli acrecional se genera por la compactación de ceniza volcánica, en capas concéntricas, en el interior de la columna eruptiva por presencia de vapor de agua (Carracedo, 2008).

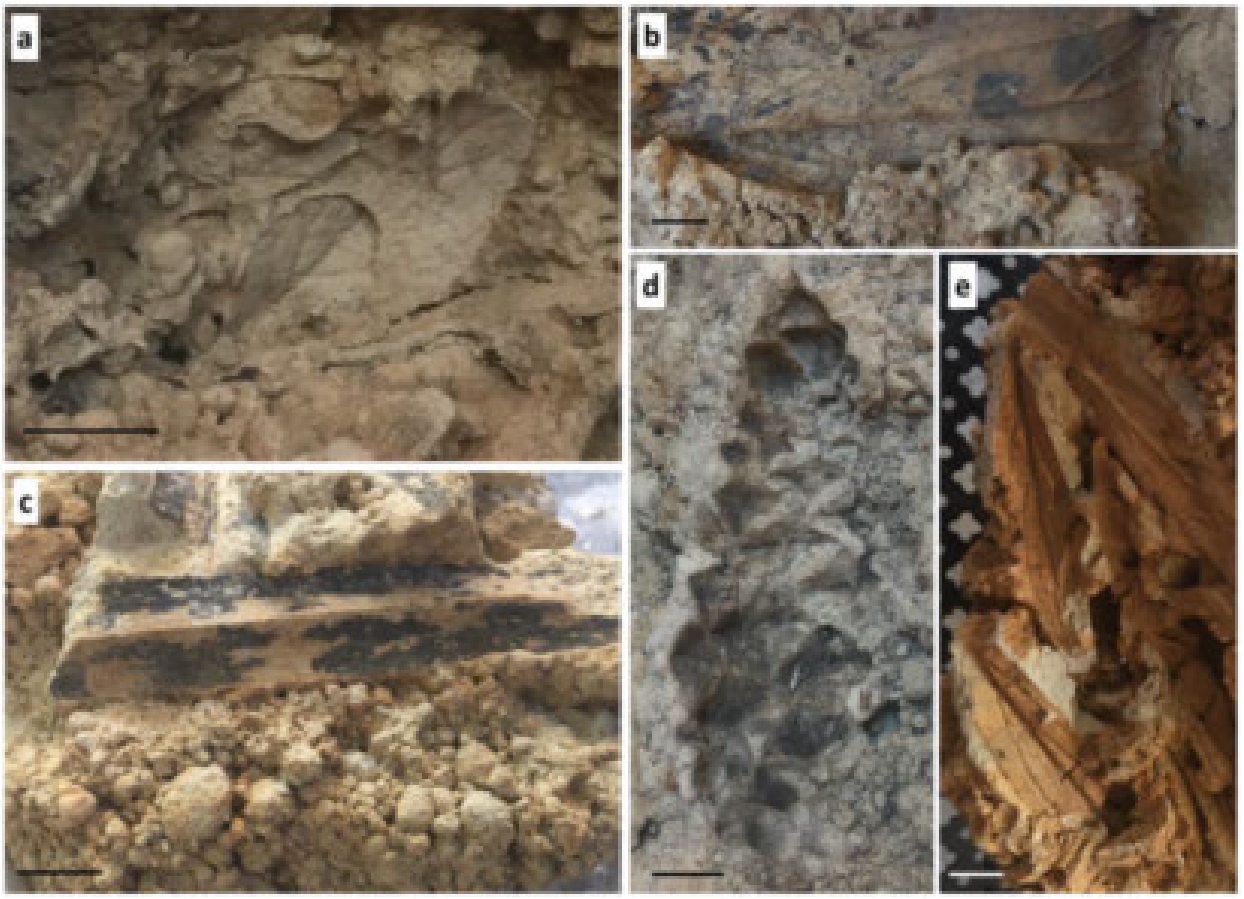

Figura 2. Fotografías de detalles de fósiles del fossil-lagerstätte de las "Bandas del Sur" de Tenerife: a) hojas de cf. *Bystropogon*; b) hoja de cf. *Laurus*; c) hoja de monocotiledónea con lapilli acrecionario; d) piña de *Pinus* sp.; e) acumulación de hojas de cf. *Echium*. Escala: 1 cm.

A diferencia del yacimiento de Rambla de Castro, asociado a nacientes de aguas calcáreas, los fósiles estudiados se originaron por el depósito de cenizas por una erupción volcánica. El grado de detalle de las estructuras morfológicas encontradas en los fósiles vegetales de este yacimiento nos ha llevado a considerarlo como un fossil-lagerstätten de obrución (enterramiento rápido, Seilacher *et al.*, 1985).

El estudio del material de esta colección particular permitirá una primera aproximación al conocimiento paleoflorístico de esta zona de la isla. La continuación de los estudios paleobotánicos de Tenerife contribuirá de manera decisiva a revalorizar el patrimonio paleontológico. Los datos únicos que aporta el registro fósil (Jablonski y Shubin, 2015) podrán ser aplicados en el ámbito de la conservación de los ecosistemas canarios (Barnosky *et al.*, 2017).

Agradecimientos

Agradecemos al Dr. Casillas Ruiz (Geólogo del Departamento de Biología Animal, Edafología y Geología) la confirmación de la ausencia de carbonato cálcico en las muestras de paleobotánica estudiadas en este trabajo. También al proyecto "Programa Educativo para el Fomento de las vocaciones científicas Paleo-conéctate con referencia FCT-17-12775" del Ministerio de Economía, Industria y Competitividad.

Bibliografía

Barnosky, A. D., Hadly, E. A., Gonzalez, P., Head, J., Polly, P. D., Lawing, A. M., ... y Blois, J. 2017. Merging paleobiology with conservation biology to guide the future of terrestrial ecosystems. *Science*, 355, 6325, eaah4787.

Briggs, D.E.G. 2001. *Lagerstätten*. En: Briggs, D.E.G. & Crowther, P.R. (Eds.) *Palaeobiology II*. Blackwell Publishing, 328 – 332.

Burham, R.J. 1994. Plant deposition in modern volcanic environments. *Transaction of the Royal Society of Edinburg: Earth Sciences* 84, 275 – 281.

Carracedo, J.C. 2008. Claves para la interpretación de las formas volcánicas. En: Carrecedo, J.C. *El volcán Teide. Interpretación del paisaje*. Ediciones y Promociones Saquiro S.L., 8 – 64.

Carracedo, J.C. y Troll, V.R. 2016. The geology of Tenerife. En: *The Geology of the Canary Islands*. Elsevier, 227 – 355.

García-Talavera, F., Paredes, R. y Martín, M. 1989. *Catálogo – inventario yacimientos paleontológicos*. Instituto de Estudios Canarios. Monografía XLII, 76 pp.

Jablonski, D. y Shubin, N.H. 2015. The future of the fossil record: Paleontology in the 21st century. *PNAS,* 112, 16, 4852 – 4858.

Seilacher, A., Reif, W.-E. y Westphal, F. 1985. Sedimentological, ecological and temporal patterns of fossil Lagerstätten. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B,* 311, 5 – 23.

Spicer, R.A. 1991. Plant Taphonomic Processes. En: Allison, P.A. Briggs, D.E.G. (eds.). *Taphonomy: Releasing the data locked in the fossil record*. Plenum Press, Topics in Geobiology, 9, 71 – 113.

EL PATRIMONIO PALEONTOLÓGICO DE CANARIAS. UN REFERENTE PARA EL DESARROLLO CULTURAL Y AMBIENTAL DEL ATLÁNTICO A PROTEGER

C. Castillo Ruiz[1] & P. Cruzado Caballero[2]

1 Departamento de Biología Animal, Edafología y Geología. Sección de Biología. Facultad de Ciencias. Av. Astrofísico Francisco Sánchez, s/n. Apartado Postal 456. 38200 Universidad de La Laguna.

2 CONICEET - Universidad Nacional de Río Negro, Instituto de Investigación en Paleobiología y Geología, General Roca, Río Negro, Argentina

La ciencia de la Paleontología ha contribuido de forma espectacular al avance científico en el mundo de la Biología (Jablonsky y Shubin, 2015). La información única que aporta el registro fósil (como recurso natural y cultural no renovable) es de gran ayuda para establecer las medidas de conservación en los ecosistemas actuales, en la situación de emergencia climática de calentamiento global (Dielt et al, 2015; Barnosky et al., 2017). Además, los fósiles son un recurso transversal por lo que se puede utilizar como elemento conductor de conceptos científicos que entrañan dificultad en su compresión (Castillo et al., 2019), así como motor económico de una región (Alcalá, 2000; Ávila et al., 2014).

Los fósiles, además, de la información científica que proporcionan también son relevantes para introducir el uso de las nuevas tecnologías (Bates et a., 2009; Saorín et al., 2016) como la metodología 3D, que se aplica usualmente en la práctica científica, educativa y divulgativa de la Paleontología (Sutton et al., 2016).

Las Islas Canarias tienen una ubicación geográfica como punto de unión entre América, Europa y África. Es por ello que el Gobierno de Canarias, en la planificación de su política de Investigación, Desarrollo e Innovación incluye la "Estrategia de Especialización Inteligente de Canarias (RIS3)", con la finalidad de conseguir que las Islas sean un referente cultural y ambiental del Atlántico. Los objetivos de esta estrategia son: promover el desarrollo económico socio-cultural y ambientalmente sostenible, y preservar y aprovechar el medio ambiente. En este contexto regional poner en valor los recursos naturales como los paleontológicos debe ser una prioridad.

El patrimonio paleontológico de Canarias, es representativo de la información paleobiológica (evolución, paleoecología, paleobiogeografía, morfología, conservación, etc.) tafonómica, temporal (tiempo largo y corto) y patrimonial (patrimonio

paleontológico y geológico) de contextos de islas volcánicas activas de latitudes medias. Y de edad reciente, los últimos 23 millones de años (Fig. 1). Del conjunto de islas volcánicas (más de 23.000), el Archipiélago canario presenta un registro fósil (evidencias de los organismos que están en alguna fase del proceso de fosilización), con una serie de particularidades que en su conjunto es único a nivel nacional y mundial, entre las que destacamos:

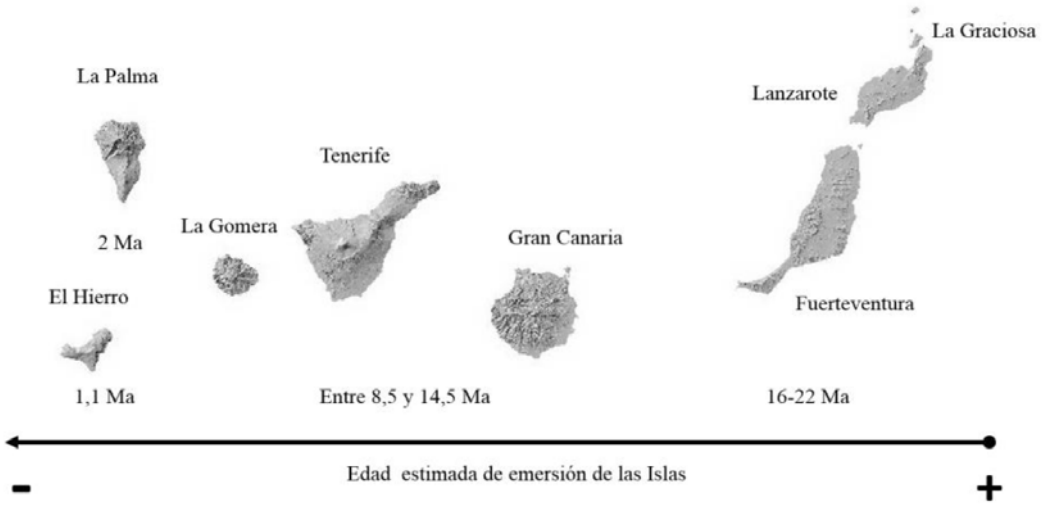

Figura 1. Las Islas Canarias es un "*hot spot*" de biodiversidad, con una historia de colonización del Neógeno y Cuaternario. La isla de El Hierro con 1,1 Ma es la más moderna y alberga un importante registro fósil de vertebrados conservados en tubos volcánicos.

Se ha conservado fósiles de los fondos marinos de la cuenca protoatlántica entre el Jurásico y Cretácico (Steiner et al., 1998) (Fig. 2).

Se ha conservado el registro fósil de la etapa submarina de las Islas, como es el caso de Fuerteventura y La Palma con fósiles del Oligoceno y Plioceno respectivamente.

c) Representa el proceso de colonización en islas atlánticas próximas al continente africano de los últimos 23 millones de años (Neógeno y Cuaternario).
Ejemplifica la recuperación de la fauna y/o flora

Figura. 2. Vista panorámica de los afloramientos con fósiles mesozoicos de Fuerteventura.

tras eventos temporalmente muy rápidos, catastróficos como son los volcánicos, o los grandes deslizamientos asociados a la construcción de las islas (Carracedo y Trol, 2016).

e) Representa la conservación de restos de vertebrados en el interior de los tubos volcánicos, sobre el suelo del tubo o formando parte del relleno sedimentario como la Cueva del Llano (Fuerteventura), único yacimiento estratificado conocido de origen escatológico situado en un tubo volcánico (Fig.3).

Figura 3. A la izquierda entrada del tubo volcánico de la Cueva del Llano, Ramal nuevo donde se observa parte del relleno. Detalle del relleno con fósiles en la izquierda. Es necesario conservar el yacimiento ya que en la actualidad está sufriendo una gran degradación por la acción de animales y antrópica.

f) Yacimientos con restos de tortugas terrestres, ratites, gasterópodos terrestres, trazas fósiles, rizolitos, etc. en antiguas formaciones arenosa (paleodunas) que se conservaron por quedar sepultadas bajo materiales volcánicos.

g) Yacimientos marinos con fauna cálida del Neógeno y Cuaternario, muchos de ellos también conservados por quedar sepultados bajo coladas volcánicas.

La información paleontológica que suministra los fósiles de Canarias en su conjunto, es única y representativa a nivel mundial de la respuesta de los organismos a cambios rápidos en el ambiente en los últimos 23 millones de años. Y esta información es muy relevante para entender los procesos de la emergencia climática actual. Por ello es necesario una conservación a través de la aplicación de figuras de protección específicas.

Agradecimientos

Agradecemos a los proyectos: FCT-17-12775, del Ministerio de Economía, Industria y Competitividad; 2017REC20 de Fundación CajaCanarias, y ProID2017010136 de Gobierno de Canarias.

Bibliografía

Alcalá, L. 2000. El patrimonio paleontológico turolense como recurso propio para el desarrollo cultural y turístico. En: Los retos de Teruel: Jornadas sobre cambio social y económico, Alcorisa, 17 al 19 de septiembre de 1998. Instituto de Estudios Turolenses, 541-546.

Ávila, S. P., Calado, H., y Cachão, M. Palaeopark Santa Maria (Azores). 2014. Comunicações Geológicas 101, Especial III, 1205-1210.

Barnosky, A. D., Hadly, E. A., Gonzalez, P., Head, J., Polly, P. D., Lawing, A. M., ... y Blois, J. 2017. Merging paleobiology with conservation biology to guide the future of terrestrial ecosystems. *Science*, 355, 6325, eaah4787.

Bates, K. T., Falkingham, P., Hodgetts, D., Farlow, J. O., Breithaupt, B. H., O'Brien, M., Matthews, N., Sellers,W. and Manning, P. L. 2009, 'Digital imaging and public engagement in palaeontology', Geology Today, 25: 4,134-139.

Carracedo, J.C. y Troll, V.R. 2016. The geology of Tenerife. En: *The Geology of the Canary Islands*. Elsevier, 227 – 355.

Castillo C., Talavera Sosa, J. A., Núñez Fraga, J., Sánchez López, C. R., y Cruzado-Caballero, P. 2019. Fósiles 3D y cambio climático: experiencia innovadora en Ciencias Ambientales. En: *De los procesos de cambio al cambio con sentido*. Servicio de Publicaciones. Universidad de La Laguna, 235-246.

Dietl, G. P., Kidwell, S. M., Brenner, M., Burney, D. A., Flessa, K. W., Jackson, S. T., y Koch, P. L. 2015. Conservation paleobiology: leveraging knowledge of the past to inform conservation and restoration. Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 43, 79-103.

Jablonski, D., y Shubin, N.H. 2015. The future of the fossil record: Paleontology in the 21st century. *PNAS,* 112, 16, 4852 – 4858.

Saorín, J. L., de la Torre-Cantero, J., Meier, C., Díaz, D. M., Castillo, C. R., y de León, A. B. 2016. Creación, visualización e impresión 3D de colecciones online de modelos educativos tridimensionales con tecnologías de bajo coste. Caso práctico del patrimonio fósil marino de Canarias. Education in the Knowledge Society, 17, 3, 89-108

Steiner, C., Hobson, A., Favre, P., Stampfli, G. M., y Hernández, J. 1998. Mesozoic sequence of Fuerteventura (Canary Islands): Witness of Early Jurassic sea-floor spreading in the central Atlantic. Geological Society of America Bulletin, 110, 10, 1304-1317.

Sutton, M., Rahman, I., y Garwood, R. 2016. Virtual paleontology—An overview. The Paleontological Society Papers, 22, 1-20.

NOVEDAD EN EL REGISTRO PALEOICNOLÓGICO CANARIO: TRAZAS FÓSILES DE ABEJAS (*PALMIRAICHNUS*) EN TENERIFE

C. Castillo Ruiz[1], F. La Roche Brier[1] & M. Verde Cataldo[2]

1 Departamento de Biología Animal, Edafología y Geología. Sección de Biología. Facultad de Ciencias. Av. Astrofísico Francisco Sánchez, s/n. Apartado Postal 456. 38200 Universidad de La Laguna.

2 Departamento de Paleontología. Universidad de la República. Facultad de Ciencias. Iguá 4225. 11400 Montevideo, Uruguay.

La icnología es una ciencia multidisciplinar que despierta un gran interés en la actualidad (Fan y Gong, 2017). Su objetivo es el estudio de trazas producidas por organismos (animales y plantas) en o dentro de un sustrato, que incluye todos los aspectos relacionados con la bioturbación, la bioerosión y la biodeposición (Bromley, 1990; Buatois y Mángano, 2011).

Una de las áreas de esta disciplina es la icnotaxonomía, que es la base de todos los estudios icnológicos, y que incluye el estudio de la información biológica básica sobre la morfología del productor, sobre el tipo de comportamiento (comportamiento fosilizado) y sobre el ambiente (distribución de facies) (Fan y Gong, 2017).

En Canarias son muy abundantes los restos de icnofósiles producidos por insectos en los ecosistemas terrestres (Fig. 1) (Ellis y Ellis, 1993; Castillo et al., 1998). En particular se trata de celdillas de insectos relacionadas con el comportamiento reproductivo, que han sido adscritas a dos icnogéneros, *Rebuffoichnus* y *Palmiraichnus*; las primeras se han interpretado como cámaras pupales de coleópteros (Genise et al., 2013) mientras que las segundas son celdillas de abejas fosoriales (La Roche et al., 2014).

Estos dos icnogéneros están asociados con otras trazas en los paleosuelos, formando distintos tipos de icnofacies con características paleoambientales diferentes. De este modo, las trazas de *Rebuffoichnus* se incluyen en la icnofacies denominada *Celliforma* que se conoce desde el Cretácico, y están bien representadas en los palaeosuelos ricos en carbonato del Cenozoico. El conjunto de trazas de insectos y rizolitos de esta icnofacies se ha asociado a matorrales y bosques de climas áridos a semiáridos, y ambientes palustres, en todos los casos con grandes parches de suelo desnudo (Genise, 2019). Las trazas de *Palmiraichnus* se han incluido en las ichnofacies denominadas *Coprinisphaera* características de hábitats abiertos dominados por vegeta-

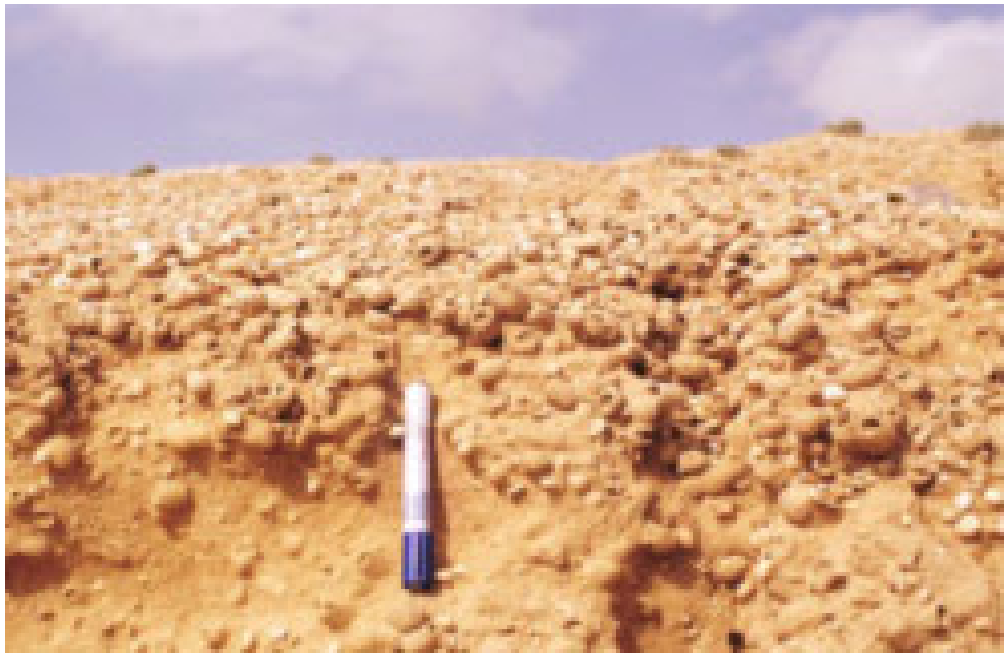

Figura 1. Altas concentraciones de trazas fósiles de insectos de las islas orientales en la isla de La Graciosa.

ción baja, principalmente pastos, desde el Paleógeno (Genise, 2019).

En este trabajo se dan a conocer la presencia de trazas fósiles de abejas en el registro fósil de la isla de Tenerife. Se encuentran a unos 200 m de altitud, en varias localidades en los materiales de las "Bandas del Sur" de la lsla, cuyo origen geológico está principalmente ligado al Edificio Cañadas (Carracedo y Troll, 2016).

La morfología general de las trazas fósiles de Tenerife, con la presencia de un cerramiento en forma de espiral (Fig. 2A y B) y una antecámara (Fig. 2A-3), permite adscribir el nuevo material a la incnoespecie *Palmiraichnus castellanosi* (Roselli, 1939).

Las trazas fósiles estudiadas son similares a las descritas en las islas orientales (Montaña Clara, Lanzarote, Fuerteventura y Gran Canaria), observándose también un cierre exterior de la antecámara que se había descrito por primera vez en esta ichnoespecie en Canarias (ver Fig. 5 de La Roche et al., 2014).

Las trazas de *Palmiraichnus castellanosi* de las islas orientales fueron asociadas con la actividad reproductiva de las abejas solitarias del género *Andrena* (La Roche et al., 2014). Este género también está presente en la isla de Tenerife. En particular *Andrena vulcana* tiene un tamaño similar al posible productor y varias subespecies en diferentes islas (Hohmann et al., 1993). Las trazas de abejas del género *Palmiraichnus*, a las que se adscriben los nuevos materiales hallados en el sureste de la isla de Tenerife, se pueden adscribir tentativamente a las icnofacies de *Coprinisphaera* (Genise, 2019).

Agradecimientos

Agradecemos la ayuda de estancias breves de investigadores del Vicerrectorado de investigación de la Universidad de La Laguna que ha permitido sufragar esta investigación.

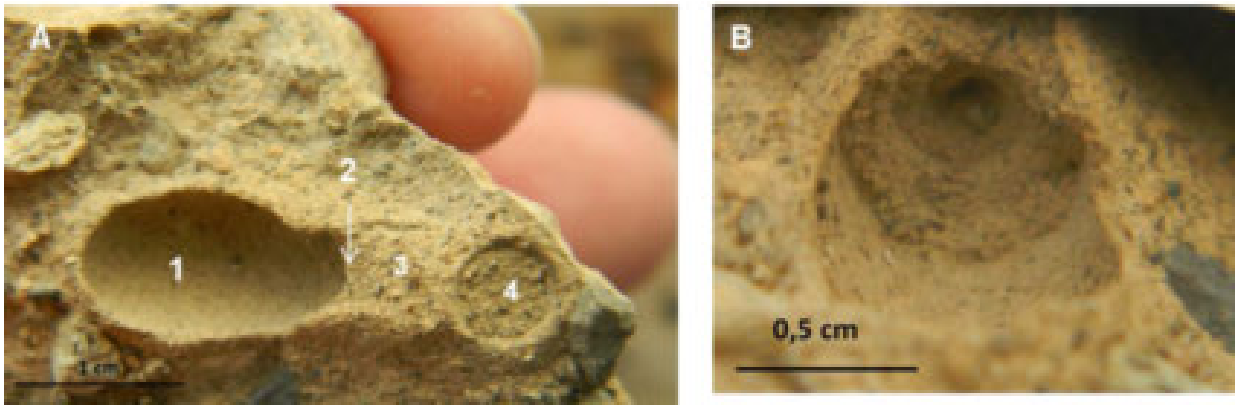

Figura 2. Características morfológicas de *Palmiraichnus castellanosi* de Tenerife. A. Detalle de la celdilla con la cámara (1), cerramiento en espiral (2), antecámara rellena de sedimento (3). 4. Sección transversal circular. B. Detalle del cierre en espiral.

Bibliografía

Bromley, R. G. 1990. Trace Fossils; Biology and Taphonomy: Unwin Hyman, London, 280 p.

Buatois, L. A., y Mángano, M. G. 2011. Ichnology: Organism-substrate interactions in space and time. Cambridge University Press.

Carracedo, J.C. y Troll, V.R. 2016. The geology of Tenerife. En: The Geology of the Canary Islands. Elsevier, 227-355.

Castillo, C. De La Nuez, J., Quesada, M.L., La Roche, F., y Martín-González, E. 1998. Paleontología y vulcanoestratigrafía de los Islotes del Norte de Lanzarote. Implicaciones en la didáctica medioambiental. Revista del Cabildo de Lanzarote, 639 - 659.

Ellis, W. E., y Ellis-Adam, A. C. 1993. Fossil brood cells of solitary bees on Fuerteventura and Lanzarote, Canary Islands (Hymenoptera: Apoidea). Entomologische Berichten, 53, 161-173.

Fan, R. Y., y Gong, Y. M. 2017. Recent progress and focuses of ichnology: Outline of the 14th International Ichnofabric Workshop. Journal of Palaeogeography, 6(4), 359-369.

Genise, J. F. 2019. Ichnoentomology: insect traces in soils, palaeosols and other substrates. Geology Today, 35(1), 29-38.

Genise, J. F., Alonso-Zarza, A. M., Verde, M., & Meléndez, A. 2013. Insect trace fossils in aeolian deposits and calcretes from the Canary Islands: their ichnotaxonomy, producers, and palaeoenvironmental significance. Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology, 377, 110-124.

Hohmann, H., Barquín, J., La Roche, F., & Ortega, G. 1993. Bienen, Wespen und Ameisen der Kanarischen Inseln:(Insecta: Hymenoptera: Aculeata) Bremen, Ubersee-Museum, 2 volúmenes, 894 p.

La Roche, F., Genise, J. F., Castillo, C., Quesada, M. L., García-Gotera, C. M., & De la Nuez, J. 2014. Fossil bee cells from the Canary Islands. Ichnotaxonomy, palaeobiology and palaeoenvironments of Palmiraichnus castellanosi. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 409, 249-264.

LA RUTA DEL DINOSAURIO EN EL CASTELLAR (TERUEL): LA PALEONTOLOGÍA COMO FACTOR DE DESARROLLO TERRITORIAL EN EL MEDIO RURAL

A. Cobos, R. Royo-Torres, A. González & L. Alcalá

Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis. Avenida de Sagunto s/n Edificio Dinópolis, 44002 Teruel
cobos@dinopolis.com; royo@dinopolis.com; gonzalez@fundaciondinopolis.org; alcala@dinopolis.com

La difusión derivada de los hallazgos e investigaciones paleontológicas desarrolladas en la provincia de Teruel juega un papel muy importante como factor de desarrollo territorial y como herramienta para la educación reglada y no reglada. La encabezada a través del parque paleontológico Dinópolis es la más conocida, pero existen otras ligadas a proyectos de menor envergadura dispersas por otros lugares de la provincia que amplían la oferta para todas aquellas personas interesadas en la Paleontología. Una de las últimas acciones enmarcadas en ese objetivo se ha desarrollado en El Castellar, un municipio situado geográficamente en la Comarca de Gúdar-Javalambre, a 40 km de la ciudad de Teruel, y geológicamente en la Cuenca del Maestrazgo (subcuenca de Peñagolosa) (ver referencias en Cobos y Alcalá, 2018).

En este pequeño pueblo, de sólo 52 habitantes censados y poco más de un habitante por kilómetro cuadrado, se han inventariado 73 yacimientos con fósiles de dinosaurios en diferentes unidades litoestratigráficas que comprenden el Jurásico Superior y el Cretácico Inferior (desde el Kimmeridgiense hasta el Barremiense) (Cobos y Alcalá, 2018). Las diversas actuaciones paleontológicas que comenzaron en el año 2002 y que perduran hasta la actualidad (unas 30 entre prospecciones, excavaciones y labores de restauración *in situ*) y los estudios geológicos paralelos, han conllevado la realización de 34 publicaciones científicas (diez de ellas en revistas del SCI). Sin embargo, no fue hasta el año 2015 cuando se realizaron las primeras acciones museográficas de envergadura con la creación del llamado "**DINOpaseo por El Castellar"**. Posteriormente, en el año 2016, se acometió el acondicionamiento para la visita turística del yacimiento de huellas de dinosaurios denominado El Castellar (Cobos y Alcalá, 2018). Los buenos resultados respecto al número de visitantes (si bien no son cuantificables porque no hay una forma oficial de conteo) y las sinergias económicas positivas obtenidas a través de la ocupación de cinco casas rurales y de un hotel con encanto, bar-res-

taurante y, sobre todo, el impacto mediático conseguido para un pueblo que anteriormente era poco conocido, han hecho que la administración y población local (ayuntamiento, asociaciones, etc.) consideren su patrimonio paleontológico como motivo de orgullo y uno de los recursos principales para intentar paliar la sangría demográfica que se viene experimentando en las últimas décadas. Por ello, se siguen promoviendo nuevas acciones museográficas encaminadas a completar un plan estratégico que consiste en utilizar el patrimonio paleontológico como factor clave en su desarrollo socioeconómico. La *Ruta del Dinosaurio* es la más reciente de las acciones ejecutadas en este término municipal.

La Ruta del Dinosaurio es un recorrido a pie de 2,3 km (4,6 entre la ida y la vuelta) que consta de dos yacimientos principales con fósiles de estos vertebrados que se han habilitado museográficamente para la visita: el yacimiento de icnitas denominado Camino El Berzal (a 600 m del inicio del recorrido) (Alcalá et al., 2014; Cobos et al., 2014) y el yacimiento San Cristóbal al final de la ruta, con huesos originales de un estegosáurido (Cobos et al., 2009; 2010). La nueva acción, inaugurada el 10 de febrero del 2019, amplía en gran medida la oferta de divulgación científica en el municipio, a través de la exhibición *in situ* de icnitas y de huesos de dinosaurios. Para ello se han realizado varias actuaciones paleontológicas, que han consistido fundamentalmente en la excavación y preparación de los fósiles en los propios yacimientos, y se han instalado itinerarios con pasarelas, techumbres, cristaleras, paneles, balizas, réplicas y otros recursos museográficos de temática paleontológica en los yacimientos y en su entorno geológico. Respecto a esto último, y a modo de logotipo de la ruta, una silueta metálica artística de seis metros de longitud representa a un estegosáurido y sirve como mirador del pueblo y de los afloramientos cretácicos de la Sierra del Chaparral. La elección de este tipo de dinosaurios para la escultura no ha sido al azar, ya que el inicio de la ruta está muy próximo al yacimiento de icnitas El Castellar (Bien de Interés Cultural desde el año 2004 y localidad tipo del icnotaxon *Deltapodus ibericus*, cuyo productor se ha asignado a estos dinosaurios, y de *Iberosauripus grandis*) (Cobos et al., 2010; 2014). De esta forma tanto el principio del recorrido como su final, en San Cristóbal, están relacionados con fósiles de estos tireóforos.

Figura 1. Folleto informativo de la Ruta del Dinosaurio en El Castellar (Teruel).

A lo largo del recorrido, que atraviesa sedimentos del Jurásico Superior (Campos-Soto et al., 2017), destacan las actuaciones de conservación y protección llevadas a cabo en el yacimiento de icnitas Camino El Berzal. No obstante, antes de llegar a él, también se ha instalado un atril en el yacimiento La Carrasca, donde se pueden observar varias icnitas conservadas en forma de hiporrelieves convexos de un dinosaurio indeterminado (probablemente un saurópodo). Camino El Berzal es Bien de Interés Cultural desde el año 2004 y presenta unas 50 huellas de dinosaurios saurópodos (algunas con más de un metro de diámetro, correspondientes a los pies) y otras cuatro que pertenecen al rastro de un terópodo (Alcalá et al., 2014; Cobos et al., 2014). No obstante, no sería descartable que algunas de las huellas ovaladas presentes hubieran sido producidas por estegosáuridos. Este mismo yacimiento fue objeto años atrás de otras intervenciones de conservación por parte de la Escuela Taller de Restauración Paleontológica del Gobierno de Aragón. Este conjunto de acciones ha hecho posible que un yacimiento que había llegado a un grado de deterioro muy alto, prácticamente irreversible, se haya recuperado para uso científico y, por ende, también para su utilización social con fines turísticos.

Sin embargo, el elemento totalmente diferenciador de la ruta es la exhibición de huesos de dinosaurios en San Cristóbal, ya que es el único yacimiento de España en el que pueden observarse fósiles originales de estos vertebrados *in situ* en una exhibición permanente del propio yacimiento. Este lugar se inventarió en el año 2005 tras el hallazgo de algunos fragmentos de huesos indeterminados en superficie. Dos años más tarde, tras localizar el nivel concreto del que procedían, se acometió una excavación paleontológica durante la que se extrajeron fósiles correspondientes al sacro, cintura pélvica y varias vértebras caudales y dorsales, entre otros, de un mismo individuo. Estos fósiles, ya restaurados, se encuentran depositados en las colecciones del Museo Aragonés de Paleontología (Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis). En un estudio preliminar, el material se atribuyó al estegosáurido *Dacentrurus* (Cobos et al. 2009; 2010).

En la campaña de 2007 algunos fósiles tuvieron que dejarse en el campo debido a que el elevado talud hacía imposible su extracción. A partir del año 2015, tras varias campañas sucesivas y con la ayuda de métodos manuales y de maquinaria pe-

Figura 2. Instalación acristalada en el yacimiento San Cristóbal donde se exhiben varios fósiles originales de un estegosáurido.

sada, se expusieron los niveles con los fósiles que se pueden observar actualmente *in situ*: principalmente vértebras dorsales completas, varias costillas y elementos apendiculares muy fragmentados. El conjunto de fósiles excavados en San Cristóbal lo convierte en el más completo de los estegosaurios conocidos científicamente en España hasta el momento.

Acciones museográficas derivadas de los resultados científicos como las relatadas anteriormente son elementos de indudable apoyo en la enseñanza y la educación. Por ejemplo, cabe mencionar que estos recursos se incluyen habitualmente en el curso sobre Paleontología y Desarrollo de la Universidad de Verano de Teruel (Universidad de Zaragoza) –con la XVIII edición del curso realizada en el 2019 son seis las desarrolladas en El Castellar- y, durante los últimos ocho años, en las salidas de campo del Máster de Paleontología Avanzada de la Universidad Complutense de Madrid, entre otros.

La Ruta del Dinosaurio ha sido planificada y su producción dirigida por el equipo de paleontólogos de la Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis, promovida por el Ayuntamiento de El Castellar y financiada por el Fondo de Inversiones de Teruel del año 2017. Asimismo, las investigaciones que propiciaron esta acción están enmarcadas en las actividades del Grupo de Investigación de Referencia E04_17R FOCONTUR, cofinanciado por el Departamento de Innovación, Investigación y Universidad (Gobierno de Aragón) y fondos FEDER Aragón 2014-2020 "Construyendo Europa desde Aragón" y en las actuaciones paleontológicas del Departamento de Educación, Cultura y Deporte del Gobierno de Aragón y del proyecto PGC2018-094034-B-C22 del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades del Gobierno de España.

Bibliografía

Alcalá, L., Pérez-Lorente. F., Luque, L., Cobos, A., Royo-Torres, R., Mampel, L. (2014). Preservation of dinosaur footprints in shallow intertidal deposits of the Jurassic-Cretaceous transition in the Iberian Range (Teruel, Spain). Ichnos 21: 19-31.

Campos-Soto, S., Cobos, A., Caus, E., Benito, M.I., Fernández-Labrador, L., Suárez-González, P., Quijada, E., Mas, R., Royo-Torres, R. y Alcalá, L. (2017). Jurassic Coastal Park: A great diversity of palaeoenvironments for the dinosaurs of the Villar del Arzobispo Formation (Teruel, E Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 485: 154-177.

Cobos, A., Alcalá, L. (2018). Palaeontological heritage as a resource for promoting geotourism in the rural setting: El Castellar (Teruel, Spain). Geoheritage 10(3): 405-414.

Cobos, A., Lockley, M.G., Gascó, F., Royo-Torres, R., Alcalá, L. (2014). Megatheropods as apex predators in the typically Jurassic ecosystems of the Villar del Arzobispo Formation (Iberian Range, Spain). Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 399: 31-41.

Cobos, A., Royo-Torres, R., Alcalá, L., Luque, L. y Mampel, L. (2009). Stegosaurian dinosaurs from the Villar del Arzobispo Formation of Teruel (Spain). Astracts 10th International Meeting Mesozoic Terrestrial Ecosystems and Biota, Teruel (Spain), 135-136.

Cobos, A., Royo-Torres, R., Luque, L., Alcala, L., Mampel, L. (2010). An Iberian stegosaurs paradise: The Villar del Arzobispo Formation (Tithonian-Berriasian) in Teruel (Spain). Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 293 (1-2): 223-236.

ADAPTACIONES SECUNDARIAS DE LA FAMILIA HYAENIDAE A DIETAS DURÓFAGAS Y CARNÍVORAS

C. Coca Ortega & J.A. Pérez Claros

Dpto. de Ecología y Geología. Facultad de Ciencias. Universidad de Málaga. Campus de Teatinos s/n. 29071 Málaga. corcar@uma.es; johnny@uma.es

En la actualidad, la familia Hyaenidae se encuentra representada únicamente por cuatro especies, todas ellas altamente especializadas (*Crocuta crocuta*, *Hyaena hyaena*, *Parahyaena brunnea* y *Proteles cristatus*). A pesar de que actualmente su representación es escasa, en el pasado no fue así, llegando a ser la familia del Orden Carnívora más abundante del registro fósil de Europa, Asia y África hasta la llegada de los cánidos a finales del Mioceno al Viejo Mundo (Werdelin y Solounias, 1991).

Desde su aparición hace unos 20 Ma. hasta la actualidad, las especies de ésta familia han presentado una gran variabilidad en tamaños y morfologías, dando lugar así a una gran diversidad de adaptaciones a diferentes modos de vida (ecomorfos), los cuales fueron definidos por Werdelin y Solounias (1996) como correspondientes a los tipos: mangosta, civeta, chacal-lobo, corredor, durófago transicional y durófago (no incluyeron el tipo insectívoro exhibido por *Proteles*).

Los hiénidos del pasado son básicamente conocidos por su dentición, siendo su esqueleto postcraneal muy escaso en el registro. Por ello en el presente trabajo se ha abordado un estudio multivariante de la dentición superior e inferior, centrándonos en aquellos elementos dentales que presentan una mayor importancia dentro del grupo para caracterizar una función más durófaga ó más carnívora del aparato dental, tomando para ello las medidas mesiodistales y bucolinguales de los mismos.

En anteriores trabajos nos enfocamos en el significado de los dos primeros componentes principales, los cuales caracterizaban los anteriormente mencionados ecomorfos (Figura 1) (Coca-Ortega y Pérez-Claros, 2018; 2019). En el presente estudio nos hemos centrado en el tercer componente principal, cuyo significado biológico es muy relevante, a pesar de ser un porcentaje muy pequeño de la varianza total. Dicho componente puede ser interpretado por la posición de las especies duró-

fagas actuales y muestra que, independientemente del ecomorfo definido por Werdelin y Solounias (1996), existen adaptaciones que pueden encaminar a los tipos durófagos y corredores a un tipo de dieta más durófoga ó más carnívora de una manera secundaria (Figura 2 A).

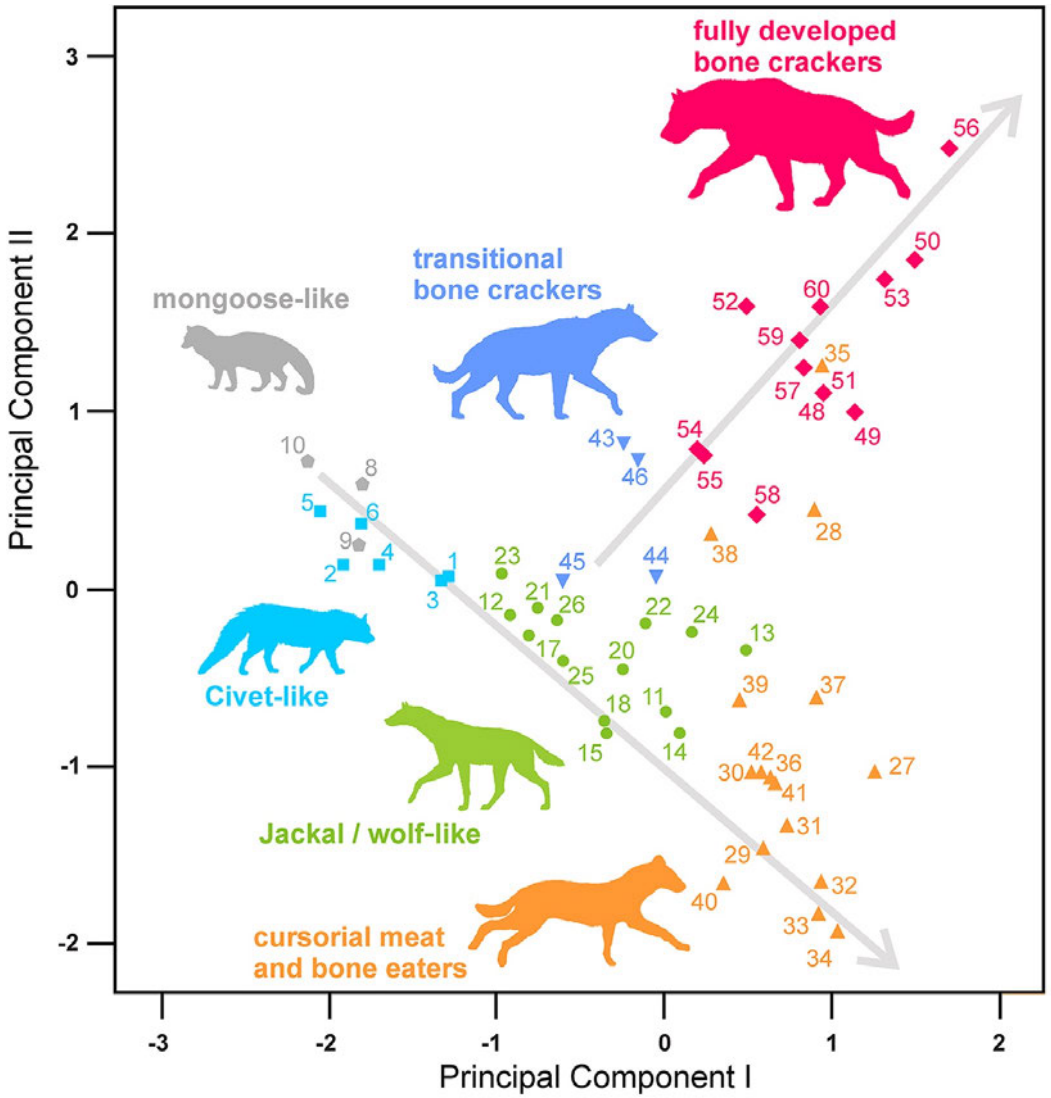

Figura 1. Representación gráfica de las puntuaciones en el primer y segundo componentes principales para las medidas de la dentición inferior de los representantes estudiados de la familia Hyaenidae, con los ecomorfos definidos por Werdelin y Solounias 1996.

Además, al representar los filomorfoespacios se observa claramente que este tipo de adaptación no está ligada a la filogenia, o lo que es lo mismo, existen numerosas homoplasias o convergencias al respecto.

Este estudio también revela que las formas durófagas actuales, lejos de ser carroñeras generalistas, pueden ser consideradas muy especializadas dentro del contexto de las especies extintas de la familia Hyaenidae.

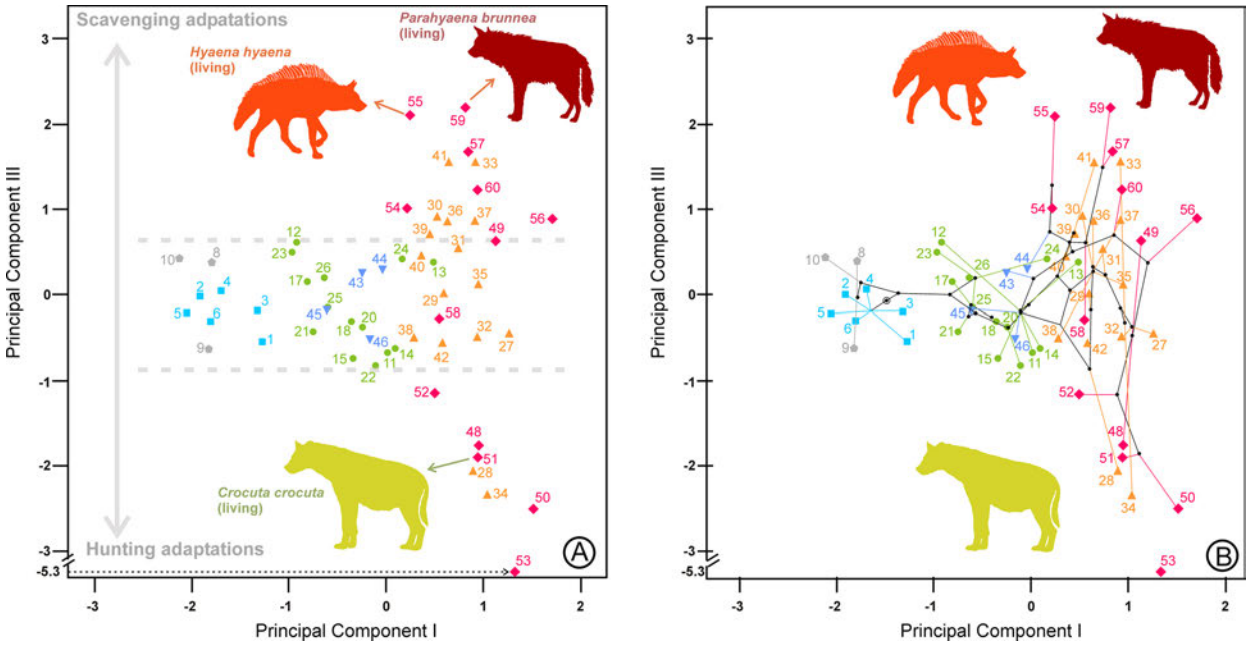

Figura 2. A. Representación gráfica de las puntuaciones en el primer y tercer componentes principales para las medidas de la dentición inferior de los representantes estudiados de la familia Hyaenidae con los ecomorfos definidos por Werdelin y Solounias 1996, resaltando la posición de las tres especies durófagas actuales. B. Filomorfoespacio.

Agradecimientos

Agradecemos las sugerencias y cambios aportados por el revisor anónimo al presente trabajo. El mismo ha sido posible gracias al apoyo del Campus de Excelencia Internacional Andalucía Tech y ha sido patrocinado por los Grupos de Investigación RNM-146 y los proyectos CGL2011-30334 y CGL2016-78577-P del Ministerio de Ciencias de España.

Bibliografía

Coca-Ortega, C., Pérez-Claros, J.A. Ocupación del morfoespacio de la dentición postacanina de los hiénidos durante el Cenozoico. XXXIV Jornadas de Paleontología y IV Encuentro Ibérico de Paleontología en Villareal (Portugal), 2018.

Coca-Ortega, C., Pérez-Claros, J.A. Characterizing ecomorphological patterns in hyenids: a multivariate approach using postcanine dentition. PeerJ, 2019, vol. 6, p. e6238.

Werdelin, L., & Solounias, N. 1991. The Hyaenidae: taxonomy, systematics and evolution. Fossils and Strata, 30, 1-104.

Werdelin L, Solounias N. 1996. The evolutionary history of hyenas in Europe and western Asia during the Miocene. In: Bernor RL, Fahlbusch V, Rietschel S, eds. The Evolution of Western Eurasian Neogene Mammal Faunas. New York: Columbia University Press, 290–306.

SOBRE LA ESTIMACIÓN DE LA MASA CORPORAL DE *PACHYCROCUTA BREVIROSTRIS* Y *CROCUTA CROCUTA SPELAEA*

C. Coca Ortega & J.A. Pérez Claros

Dpto. de Ecología y Geología. Facultad de Ciencias. Universidad de Málaga. Campus de Teatinos s/n. 29071 Málaga. corcar@uma.es; johnny@uma.es

Desde la aparición de la familia Hyaenidae en el Langhiense con el género *Protictitherium*, del tamaño aproximado de una civeta, las formas que componen este grupo han experimentado notables cambios morfológicos y de tamaño (Werdelin y Slounias, 1996). Hay consenso en cuanto a que el cúlmen en tamaño se alcanzó con *Pachycrocuta brevirostris* (Piacenziense-Calabriense) (Turner y Antón, 1996). No obstante, algunas subespecies fósiles de la especie actual *Crocuta crocuta* (Gelasiense-actualidad) pudieron exhibir tamaños cercanos a los de *Pachycrocuta*. A pesar de que esta familia es una de las más extendidas del registro del Neógeno del Viejo Mundo, no se ha abordado el estudio sistemático de la masa corporal de las especies que la componen salvo para alguna especie aislada dentro de estudios generales (p. ej., Andersson, 2004) o como parte de estudios intensivos de alguna especie en concreto (p. ej., Palmqvist *et al*., 2011). En este trabajo se presentan estimas de masas corporales tanto de *Pachycrocuta brevirostris* como de algunos fósiles de *Crocuta crocuta* usando regresiones simples y múltiples con medidas de longitud y diámetros medio-laterales y/o diámetro dorso-ventrales del fémur y del húmero. Se han elegido estos elementos del esqueleto postcraneal, dado que las estimas basadas en los mismos son más fiables que las obtenidas de elementos más distales o de la dentición (Damuth y MacFadden, 1990). Las estimas de masa para *Pachycrocuta* obtenidas con las regresiones simples de las especies actuales oscilan entre unos 63 kg para el diámetro medio-lateral del fémur hasta los 127 kg en el caso del diámetro dorso-ventral del húmero. En el primer caso, *Crocuta crocuta spelaea* superaría la masa de *Pachycrocuta* con unos 71 kg, mientras que en el segundo lo haría *Crocuta crocuta* de Petralona (141 kg). No obstante, al comparar las estimas para las especies durófagas actuales con las predichas con las citadas ecuaciones alométricas, se observa que, mientras la primera ecuación infraestima las masas, la última las sobreestima. Este resultado no es sorpresivo, puesto que las hienas actuales respecto a otros car-

nívoros de su misma masa corporal, muestran cuartos traseros más reducidos y delanteros más masivos. Por ello, se realizó una regresión múltiple con 12 variables métricas ampliando el estudio con el radio y la tibia, la cual proporciona estimas muy ajustadas a las masas observadas para las especies actuales. En este caso, mientras *Pachycrocuta* sigue manteniéndose en torno a los 125 kg, *Crocuta crocuta spelaea* baja hasta los 96 kg. Como puede observarse, la regresión múltiple no altera la masa estimada para *Pachycrocuta* respecto a la que se obtiene de la regresión simple que la sobreestima, lo que apunta a que también lo hace la regresión múltiple. Es por ello que nos inclinamos a pensar que el conjunto de los carnívoros no es el marco adecuado para estimar las masas de las especies durófagas de esta familia. Aunque estadísticamente cuestionable, hemos estimado las masas de ambas especies extintas usando la rectas de regresión para la familia Hyaenidae (N=4), seleccionando por un lado aquella que tiene mayor R ajustado (longitud del fémur, R=0,995) y aquella que es paralela a la que se obtiene para todos los carnívoros (diámetro dorso-ventral del húmero), (Fig.1), las cuales dan estimas entre 75 a 90 kg para *Crocuta crocuta spelaea* y en torno a 110 kg para *Pachycrocuta*, la cual es virtualmente idéntica al valor obtenido por Palmqvist *et al.* (2011) para tal especie.

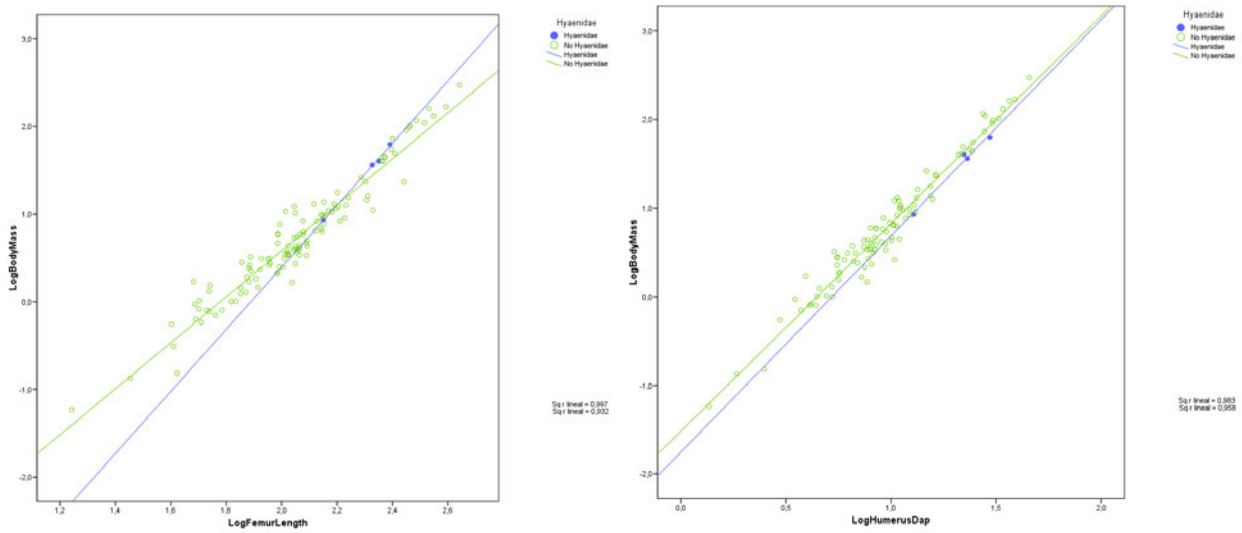

Figura 1. A. Regresión simple del logaritmo decimal de la masa corporal sobre el logaritmo de la longitud del fémur. En verde para todos los carnívoros y en azul sólo para los hiénidos actuales. Esta regresión presenta un R de 0.997 y un R ajustado de 0.995. B. Regresión simple del logaritmo decimal de la masa corporal sobre el logaritmo del diámetro dorso-ventral la longitud del húmero. Obsérvese que las pendientes de la recta para los todos los carnívoros es muy parecida a la que sólo incluye a las hienas.

Agradecimientos

Agradecemos las sugerencias y cambios aportados por el revisor anónimo al presente trabajo. El mismo ha sido posible gracias al apoyo del Campus de Excelencia Internacional Andalucía Tech y ha sido patrocinado por los Grupos de Investigación RNM-146 y los proyectos CGL2011-30334 y CGL2016-78577-P del Ministerio de Ciencias de España.

Bibliografía

Andersson, K. I. (2004). Elbow-joint morphology as a guide to forearm function and foraging behaviour in mammalian

carnivores. *Zoological Journal of the Linnean Society*, *142*(1), 91-104.

Damuth, J. y MacFadden, B.J. (1990). Introduction: body size and its estimation. *Body size in Mammalian Paleobiology Estimation and biological implications.*, 1-10.

Palmqvist P, Martínez-Navarro B, Pérez-Claros JA, Torregrosa V, Figueirido B,Jiménez-Arenas JM, Espigares MP, Ros-Montoya S, De Renzi M. (2011). The giant hyena *Pachycrocuta brevirostris*: modelling the bone-cracking behavior of an extinct carnivore. *Quaternary International* 243(1):61–79.

Turner, A., & Antón, M. (1996). The giant hyaena, *Pachycrocuta brevirostris* (Mammalia, Carnivora, Hyaenidae). *Geobios*, *29*(4), 455-468.

Werdelin L, Solounias N. 1996. The evolutionary history of hyenas in Europe and western Asia during the Miocene. In: Bernor RL, Fahlbusch V, Rietschel S, eds. *The Evolution of Western Eurasian Neogene Mammal Faunas*. New York: Columbia University Press, 290–306.

TRILOBITES OLENELINOS EN EL CÁMBRICO INFERIOR (MARIANIENSE) DE LA PROVINCIA DE HUELVA

L. Collantes[1], R. Gozalo[2], E. Mayoral[1,3], I. Garzón[4], J. B. Chirivella[1] & E. Liñán[5]

1 Departamento de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias Experimentales, Campus de el Carmen, Universidad de Huelva, Avda. 3 de Marzo, s/n, 21071 Huelva.
luis.collantes.geo@gmail.com, mayoral@uhu.es

2 Departamento de Botánica y Geología, Universitat de València, Dr. Moliner 50, E-46100 Burjassot., rodolfo.gozalo@uv.es, juamar@iesorriols.com

3 CCTH - Centro de Investigación Científico Tecnológico, Universidad de Huelva, Avda. 3 de Marzo, s/n, 21071 Huelva

4 C/ Virgen del Valle, 10 alto, 21230 Cortegana. gargonig@gmail.com

5 Departamento de Ciencias de la Tierra-IUCA. Universidad de Zaragoza, 50009 Zaragoza. linan@unizar.es

En el presente trabajo se estudian nuevos ejemplares de trilobites olenelinos encontrados en materiales del Cámbrico inferior del municipio de Cañaveral de León, al norte de la provincia de Huelva, situado dentro del Parque Natural de Sierra de Aracena y Picos de Aroche. En primer lugar se presenta el perfil estratigráfico realizado junto con su contenido paleontológico e icnológico. Seguidamente, se discute la posición taxonómica de los trilobites hallados en dicho yacimiento, asignados en la actualidad a la especie *Sdzuyomia lotzei*.

La presencia de trilobites olenelinos en la península Ibérica es muy escasa. A día de hoy, sólo se encuentran citadas las siguientes especies: *Andalusiana cornuta* en las localidades de Alanís y Guadalcanal, provincia de Sevilla; *Callavia choffati* en Vila Boim, Portugal; y *Sdzuyomia lotzei* en la Sierra de Aracena, provincia de Huelva; siendo la posición taxonómica de esta última especie un tanto controvertida. Con los nuevos ejemplares de la sección de Cañaveral de León se pretende aportar información sobre este taxón para así poder discutir con mayor precisión su posición taxonómica y compararlo con mayor detalle con géneros próximos.

El nuevo yacimiento de Cañaveral de León se localiza al oeste de la localidad. Desde el punto de vista geológico se ubica en la Unidad de Fregenal-Cumbres (Ruiz López *et al.*, 1979) en materiales pertenecientes a las denominadas Pizarras de Herrerías (Schneider *in* Richter & Richter, 1941). Estos están constituidos por una sucesión de pizarras de coloraciones rojizas, violáceas y verdosas con intercalaciones de niveles areniscosos de edad Marianiense (Serie 2 del Cámbrico).

La sección estudiada (Fig. 1) presenta una potencia total de 68 metros y comprende tres tramos diferenciados: el primero de ellos (1), el más basal, presenta una potencia aproximada de 23 metros y está compuesto por una sucesión de pizarras grises con niveles de areniscas de tono verdoso. En

dicho tramo se observan icnofósiles asignados a *Helminthopsis hieroglyphica*, *Planolites terranovae* y *Torrowangea rosei*. El segundo tramo (2) presenta una potencia de 12 metros y está compuesto por una sucesión de pizarras moradas con niveles potentes de areniscas violáceas, en las cuales se han encontrado trilobites asignados a la especie *Sdzuyomia lotzei*, junto con icnofósiles asociados a *Psammichnites* ichnosp. Indet., *Planolites terranovae* y *Teichichnus* ichnosp. indet. Finalmente, el último tramo (3) presenta una potencia de 16 metros y está compuesto por una sucesión de areniscas verdosas con niveles de pizarras grises. En este tramo se han reconocido diversos icnofósiles asignados a *Planolites terranovae*, *Psammichnites* ichnosp. Indet., *Cochlichnus* ichnosp. Indet., *Torrowangea rosei* y cf. *Diplichnites*.

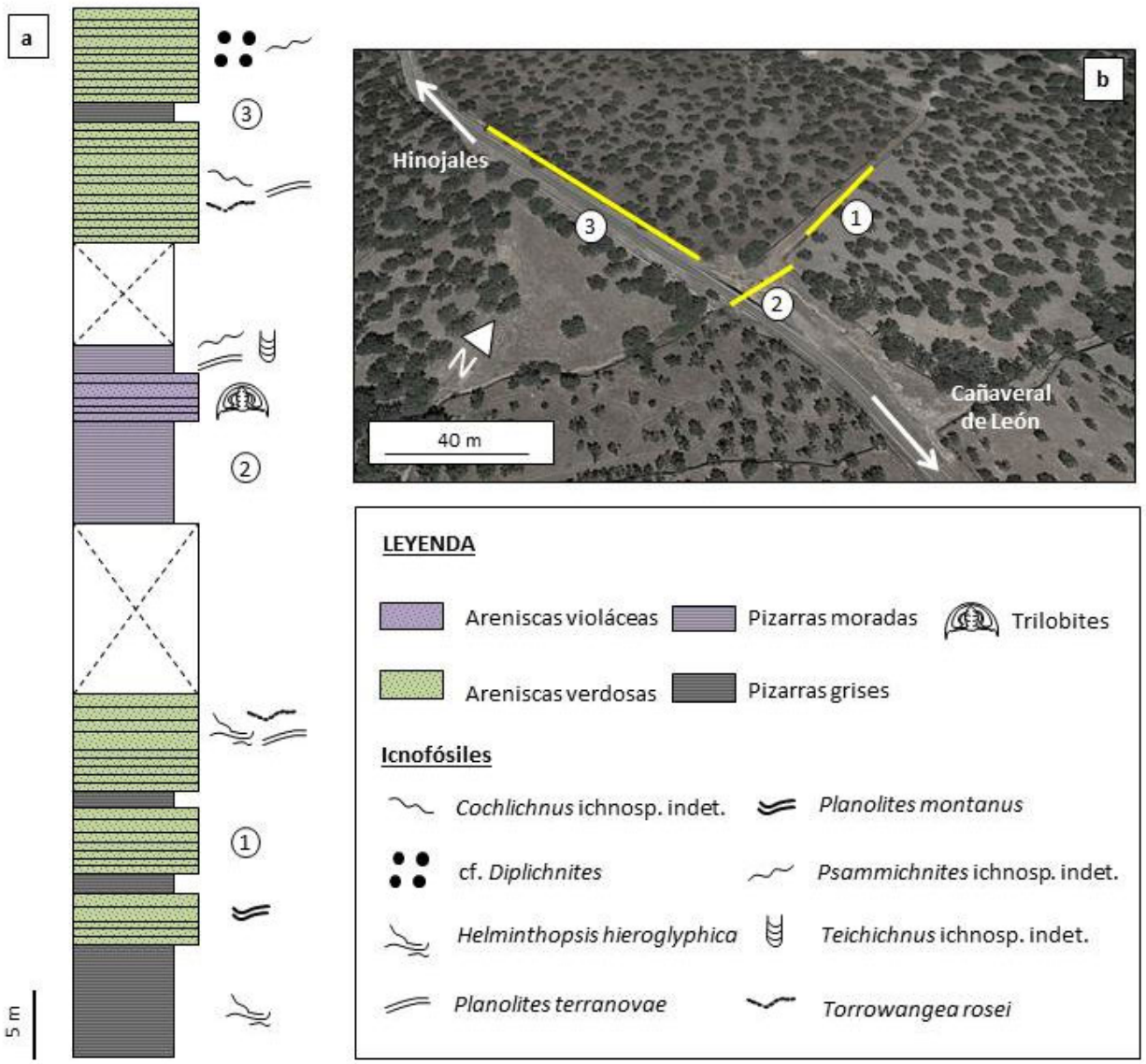

Figura 1. a) Columna estratigráfica de las Pizarras de Herrerías en la sección de Cañaveral de León. b) Localización de los diferentes tramos (en amarillo) en los que se ha trazado la columna estratigráfica. Los números de cada tramo se corresponden con los números de la columna.

Sdzuyomia lotzei (Richter & Richter, 1941) (Fig. 2)

Material: Se han extraído treinta y nueve cefalones y dos cefalones con parte del tórax.

Discusión: Inicialmente los ejemplares del norte de la provincia de Huelva fueron descritos como *Callavia*? *lotzei* (ver Richter & Richter, 1941). Hupé (1960) plantea la posible sinonimia entre las especies *C.*? *lotzei* Richter & Richter y *C. choffati* Delgado. Sdzuy (1962) discutió los caracteres de los ejemplares onubenses, considerándolos poco compatibles con el género *Callavia* Matthew y planteando la posibilidad de asignarlos al género *Judomia*?. Con posterioridad, Sdzuy (2001) compara estos mismos especímenes con ejemplares de *Judomia* Lermontova de Siberia, afirmando que los ejemplales onubenses se encuentran más próximos al género *Judomia,* al cual asigna, sin descartar su afinidad con *Callavia*. Por otro lado, Lieberman (2001) realiza un análisis filogenético del suborden Olenellina Walcott y crea, entre otros, el género *Sdzuyomia*, cuya única especie es *C.*? *lotzei,* el cual queda incluido en la superfamilia Nevadioidea Hupé. Gapp *et al.* (2011) realizan un nuevo análisis filogenético de los trilobites olenelinos, posicionando a la especie *S. lotzei* entre los géneros *Callavia* y *Judomia*. Sin embargo, el cefalón completo de *S. lotzei* era conocido por sólo dos ejemplares juveniles (Sdzuy, 1962: fig. 7, 11), por lo que era conveniente obtener material complementario.

Tras el presente trabajo, se refuerza la asignación de los ejemplares al género *Sdzuyomia* propuesto por Lieberman y su posición intermedia entre *Callavia* y *Judomia*.

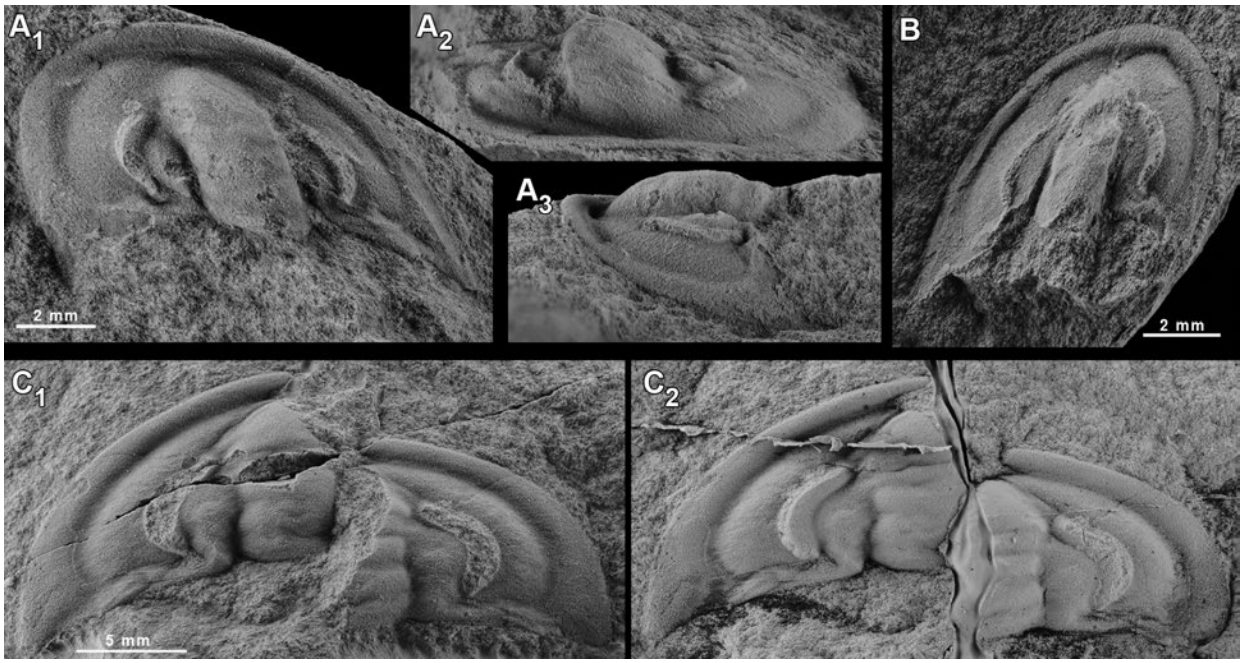

Figura 2. *Sdzuyomia lotzei* (Richter & Richter, 1941). A, molde interno de cefalón; A_1, vista dorsal; A_2, vista anterior; A_3, vista frontal. B, molde interno de cefalón. C, dos cefalones fragmentados y superpuestos; C_1, molde interno; C_2, molde de látex.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Isabel Pérez Urresti la fotografía de los ejemplares. Este trabajo se ha llevado a cabo con las ayudas de la Junta de Andalucía al Grupo de Investigación RNM 276 y del Centro Científico-Tecnológico de Huelva al Departamento de Geociencias Aplicadas y del grupo de investigación GIUV2017-395 de la Universitat de València. Este trabajo es una contribución al proyecto PIGC 652 "*Reading geologic time in Palaeozoic sedimentary rocks*".

Bibliografía

Gapp, I. W., Liebermann, B. S., Pope, M. C. & Dilliard, K. A. 2011. New olenelline trilobites from the Northwest Territories, Canada, and the phylogenetic placement of Judomia absita Fritz, 1973. Zootaxa, 2918, 15-28.

Hupé, P. 1960. Sur le Cambrien inférieur du Maroc. In: Asklund, B. & Paulsen, C. (eds.). Late pre-Cambrian and Cambrian stratigraphy. Report of the Twenty–First Session. International Geological Congress, Copenhaguen, Det Berlingske Bogtrykkeri, 75–85.

Richter, R. & Richter, E. 1941. Die Faune des Unter-Kambrians von Cala in Andalusien. Abhandlugen der senckenbergische naturforschenden Gessellschaft, 455, 1-90.

Ruiz López, J.L., Fernández Carrasco, J., Collaut Saenz de Sicilia, J.L. and Apalategui, O. 1979. Memoria de la hoja Nº 896 (Higuera la Real). Mapa Geológico de España E. 1:50.000 (MAGNA). Segunda serie, Primera edición. IGME, 47 pp.

Sdzuy, K. 1962. Trilobiten aus dem Unter-Kambrium der Sierra Morena (S. Spanien). Senckenbergiana Lethaea, 43, 181-229.

Sdzuy, K. 2001. La reformación de fósiles deformados demostrado en trilobites del piso Marianiense (Cámbrico inferior) del Sur de la Península Ibérica. Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural, 96, 85-100.

EVOLUCIÓN MORFOFUNCIONAL DEL HÚMERO EN LAS AVES MODERNAS (NEORNITHES)

M. Costa-Pérez[1,*], F.J. Serrano[2,3,4] & A. Martín-Serra[4]**

1 Departament de Botànica i Geologia, Universitat de València, Burjassot, València (Spain). *mireiacostap@gmail.com

2 Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Madrid (Spain)

3 Natural History Museum of Los Ángeles County, California (U.S.A)

4 Departamento de Ecología y Geología, Universidad de Málaga, Málaga (Spain) **fjsa@uma.es

Introducción

Las aves son el grupo más diversificado entre los tetrápodos, con más de 10.000 especies que ocupan una amplia variedad de hábitats y nichos ecológicos. Gran parte de este éxito evolutivo se puede atribuir a la adaptación de sus extremidades anteriores hacia diferentes modos de locomoción, principalmente aérea. De este modo, la variabilidad morfológica del ala de las aves refleja la adaptación a diferentes estrategias locomotoras (Norberg, 2002). Dado que los principales músculos implicados en el movimiento del ala se insertan en el húmero, este hueso es un excelente candidato para explorar el vínculo entre morfología y locomoción a lo largo de la evolución de las aves. Así, el objetivo de este estudio es explorar la variación morfológica del húmero dentro del clado que agrupa a las aves modernas (v.g., Neornithes) en relación con tres aspectos: (1) el cambio de forma debido al tamaño (v.g., cambio alométrico); (2) la forma que resulta de un legado histórico común (v.g., efecto filogenético); y (3) la adaptación a la función locomotora (v.g., cambio adaptativo). Para este último aspecto se explora la función del húmero en la propulsión del ala durante el vuelo, así como su cambio de función para el buceo, y la pérdida de dicha función. Para ello se han analizado aves actuales voladoras y no voladoras, ya sean terrestres o acuáticas buceadoras. Además hemos incluido a un fósil de Ichthyornithiformes como grupo externo de las neornitas, indicando la condición ancestral, así como otras especies extintas más recientes cuya locomoción era diferente a la de sus parientes actuales más cercanos filogenéticamente.

Material y Metodos

Se han analizado los húmeros de 150 especies de neornitas pertenecientes a 71 familias y 23 órdenes, que fueron estudiados y fotografiados directamente desde las colecciones del Museo Burke de Historia Natural y Cultura (Seattle, Estados Uni-

dos) y del Museo de Historia Natural de Los Ángeles (California, Estados Unidos). Además se han estudiado 5 especies extintas: *Ichthyornis dispar*, un ave Ichthyornithiforme voladora del Cretácico superior; *Pinguinus impennis* y *Mancalla milleri*, dos alcas (familia Alcidae, Orden Charadriiformes) no voladoras y buceadoras impulsadas por sus alas; *Raphus cucullatus* y *Pezohaps solitaria*, dos columbiformes terrestres no voladores. Para recoger la morfología del húmero se establecieron 20 landmarks sobre la vista caudal de los húmeros muestreados (Fig. 1). Éstos fueron digitalizados usando el programa *tpsDig2*. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el programa *MorphoJ* (Klingenberg, 2011): una regresión multivariante de las coordenadas de Procrustes frente al tamaño del centroide para analizar el cambio alométrico; un Análisis de Componentes Principales (ACP) de los residuos de la regresión para explorar el cambio morfológico no alométrico; una reconstrucción de estados ancestrales para determinar la señal filogenética (test de permutación) y la generación de un filomorfoespacio mapeando la filogenia sobre el ACP.

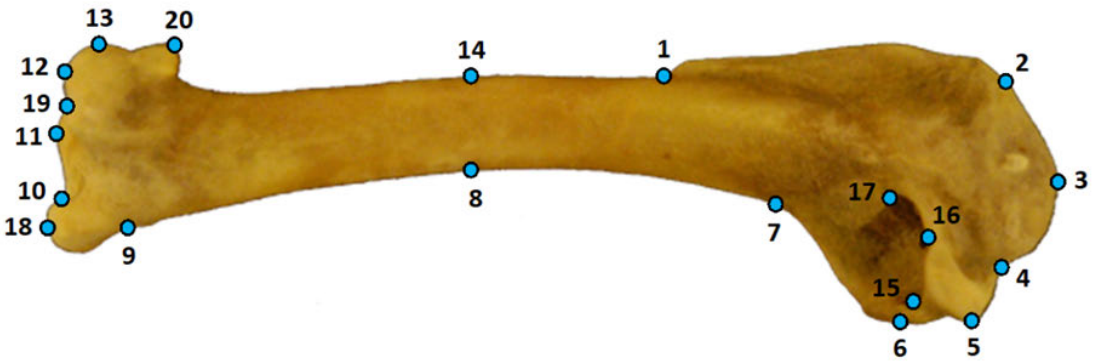

Figura 1. Posición de los *landmarks* utilizados en este estudio sobre el húmero de un ejemplar de *Corvus corone*.

Resultados y Discusión

Los resultados indican que un 25.5% de las diferencias de forma entre los húmeros de las neornitas son explicados por la variación en el tamaño ($P<0.0001$). Este cambio alométrico muestra que las aves más pequeñas tienen un húmero más robusto que las aves más grandes. Ya que la longitud del húmero y del ala son relativamente mayores en aves grandes (necesitan más envergadura para generar mayor sustentación) (Videler 2005, Pennycuick 2008), la disminución en la robustez del húmero asociada al incremento de tamaño que se ha encontrado en este estudio, les permitiría reducir las fuerzas de inercia durante el aleteo. El test de permutación indica además la presencia de una señal filogenética significativa ($P<0,0001$), por lo que la variación de la forma del húmero dentro del clado de las neornitas está altamente influenciada por las relaciones filogenéticas.

En cuanto al cambio no alométrico analizado mediante ACP, los dos primeros componentes principales (CP) explicaron el 64.5% de la varianza total. El primer componente principal (CP1) indica que la variación en la robustez del húmero está directamente relacionada con la longitud de la cresta deltopectoral (CDP), mientras que el segundo componente principal (CP2) muestra la variación de robustez en las dos epífisis (Fig. 2).

Además, el análisis muestra dos grupos claramente diferentes y separados del resto: por una lado los Apodiformes (vencejos y colibríes), y por otra pingüinos (Sphenisciformes) y algunas alcas (Alcidae). Tanto vencejos como colibríes (Apodiformes) presentan un húmero muy robusto con una CDP que se origina muy distalmente, morfología correlacionada con su especialización hiperaérea (Tobalske 2010). Por otra parte, excepto *Uria* y *Brachyramphus*, las neornitas capaces de volar y bucear (propulsadas por sus alas) coinciden en la misma región del morfoespacio con el conjunto principal de neornitas. Esto puede responder a que el buceo sería una función secundaria para el ala (Del Hoyo et al., 2019). Los pingüinos (orden Sphenisciformes) y algunas alcas (incluyendo los géneros voladores modernos *Uria* y *Brachyramphus*, así como los extintos no voladores *Pinguinus* y *Mancalla*) se diferencian del resto convergiendo hacia una morfología del húmero con una CDP relativamente larga y epífisis poco diferenciadas de la diáfisis. Esto apoya otra serie de caracteres convergentes entre ambos grupos (Smith 2016). En cuanto a las aves no voladoras (5 especies de 4 órdenes), incluidos los columbiformes extintos *Raphus* y *Pezohaps*, se ha observado una forma del húmero similar a la de sus parientes más cercanos voladores. Mientras que *R. cucullatus* tiene un húmero similar al de los columbiformes voladores estudiados (p. ej., *Columba rupestris*), el húmero de *P. solitaria* muestra unas epífisis claramente más robustas en relación a la diáfisis. Esta diferencia puede deberse a que *P. solitaria* realizaba exhibiciones agresivas y luchas en las que utilizaban las alas como arma, así como para generar sonidos de baja frecuencia como método de comunicación y advertencia (Hume y Steel, 2013). Por tanto, a pesar de la pérdida de función para el vuelo, P.solitaria habría necesitado unos músculos relativamente bien desarrollados.

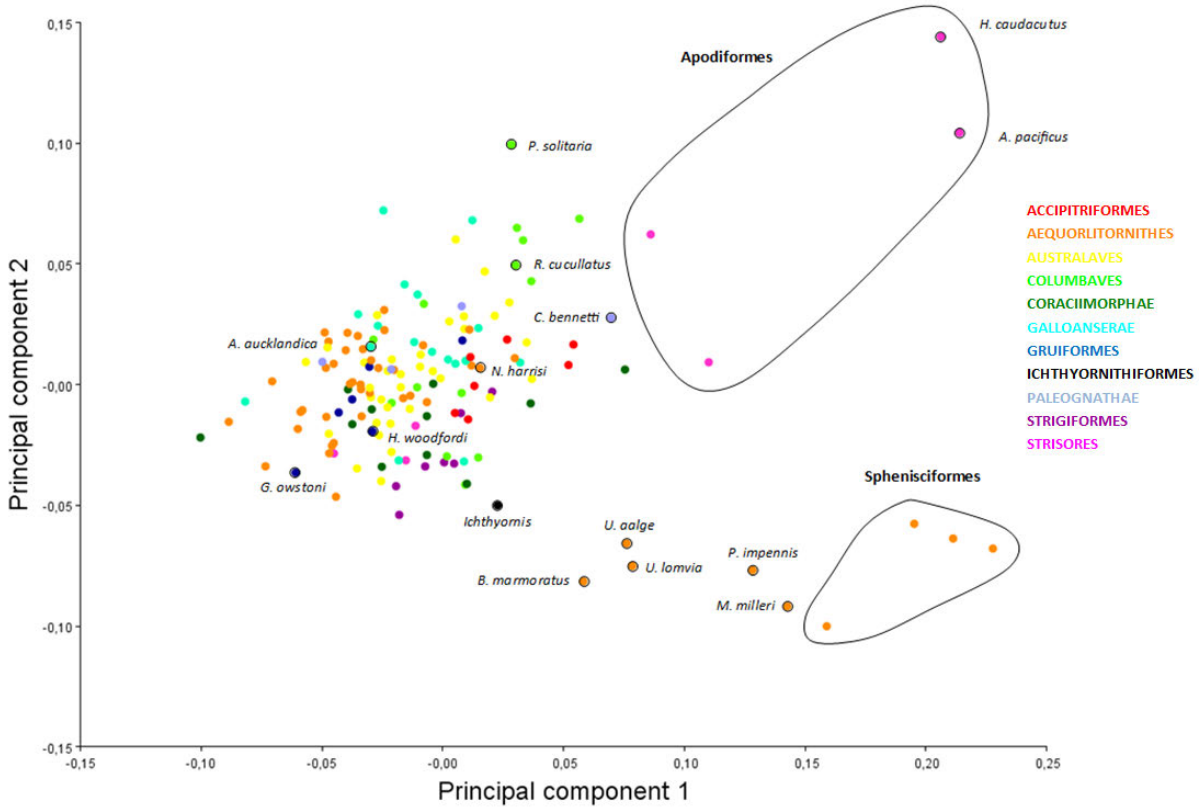

Figura 2. Representación de la variación de la forma (no alométrica) del húmero recogida por los dos primeros CPs.y donde se señalan los distintos clados extraídos de Prum et al. (2015).

CONCLUSIONES

Los análisis indican que existe una alometría negativa para la robustez del húmero en la muestra de aves estudiada. Los húmeros más robustos con una cresta deltopectoral larga reflejan una adaptación para soportar los movimientos altamente estresantes de las alas para dos tipos diferentes de locomoción: el comportamiento hiperaéreo y el buceo. La adaptación a un buceo extremo propulsado mediante las alas parece converger en una cresta deltopectoral larga y epífisis delgadas. Por otra parte, la pérdida de función alar en los diferentes clados estudiados no muestra ninguna tendencia común en cuanto a la forma del húmero, como es esperable tras una reducción de las presiones selectivas sobre esta estructura.

Biliografía

Del Hoyo, J., Elliott, A., Sargatal, J., Christie, D. A. y Kirwan, G. (Eds.) (2019). Handbook of the Birds of the World Alive, Barcelona, Esapaña: Lynx Edicions. http://www.hbw.com/

Hume, J. P., y Steel, L. (2013). Fight club: a unique weapon in the wing of the solitaire, Pezophaps solitaria (Aves: Columbidae), an extinct flightless bird from Rodrigues, Mascarene Islands. Biological Journal of the Linnean Society, 110(1), 32-44.

Klingenberg, C. P. (2011). MorphoJ: an integrated software package for geometric morphometrics. Molecular Ecology Resources, 11(2), 353-357.

Norberg, U. M. (2002). Structure, form, and function of flight in engineering and the living world. Journal of morphology, 252(1), 52-81.

Pennycuick, C. J. (2008). Modelling the flying bird. Burlington, USA: Academic Press.

Prum, R. O., Berv, J. S., Dornburg, A., Field, D. J., Townsend, J. P., Lemmon, E. M., & Lemmon, A. R. (2015). A comprehensive phylogeny of birds (Aves) using targeted next-generation DNA sequencing. Nature, 526, 569–573.

Smith, N. A. (2016). Evolution of body mass in the Pan-Alcidae (Aves, Charadriiformes): the effects of combining neontological and paleontological data. Paleobiology, 42(1), 8-26.

Tobalske, B. W. (2010). Hovering and intermittent flight in birds. Bioinspiration & biomimetics, 5(4), 045004.

Videler, J. J. (2005). Avian flight. New York, USA: Oxford University Press.

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) APLICADOS A LA PALEONTOLOGÍA. CUENCA DE GUADIX-BAZA, UN EJEMPLO DE DISTRIBUCIÓN

D. de la Torre-Martín[1], J. Baena-Preysler[2], F.J. Luengo-Gutiérrez[3], P. Palmqvist[1] & S. Ros-Montoya[1]

1 Departamento de Ecología y Geología, Facultad de Ciencias, Universidad de Málaga, Campus Universitario de Teatinos, 29071-Málaga.

2 Departamento de Prehistoria y Arqueología, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Autónoma de Madrid, Campus Cantoblanco E-28049-Madrid.

3 Institut Català de Paleoecologia Humana i Evoluciò Social-IPHES, Campus Sescelades URV, 43007 Tarragona

Los Sistemas de Información Geográfica (a partir de ahora SIG) se desarrollaron en el ámbito general de lo que podemos denominar como la"sociedad de la información", en el que es primordial la disponibilidad de información para responder a preguntas concretas de un modo inmediato, obteniendo la mayor información posible de la interrelación entre bases de datos espaciales y alfanuméricos.

Los SIG permiten resolver y gestionar problemas, analizando la información espacial, al estar dotados de un sistema de herramientas multipropósito. Esta característica los convierte en una herramienta muy interesante, aplicable a diversos campos, como la planificación urbana, el análisis de mercados, los estudios medioambientales o, en nuestro caso, los estudios arqueopaleontológicos.

Existen numerosas definiciones sobre los SIG, pues se trata de un concepto complejo que engloba muchas herramientas y posibilidades. De entre todas ellas, la acepción más consensuada, y que a nuestro parecer lo expresa mejor, es considerarlos como un conjunto de sistemas compuestos por hardware y software, acentuando su componente de base de datos y sus funcionalidades, así como que el que se trata de una herramienta útil para la toma de decisiones. Otras definiciones reflejan también que se trata de un sistema integrado para trabajar con información espacial georreferenciada (Peña Llopis,2010).

Gracias a un SIG podemos organizar los datos para crear una serie de mapas por ordenador, cuya visualización dependerá del nivel de información deseado (Castellanos, 2010), facilitando de este modo la capacidad de análisis del ojo humano. La consulta espacial permite una interacción dinámica entre el usuario y los datos, pudiendo observarse varios fenómenos a la vez y de forma ilimitada. Este tipo de consulta permite realizar análisis espaciales, consistentes en el uso combinado de diferentes niveles de información (Figura

1), siempre con una base geográfica. De este modo, es posible realizar modelos de previsión o de verificación de escenarios, abriendo la posibilidad de estudiar eventos pasados mediante el cruce de datos, lo cual permite generar modelos hipotéticos gracias a la gran capacidad de almacenamiento y análisis de los SIG.

El objeto del presente trabajo es analizar los eventos de dispersión faunística desde el continente africano hacia Eurasia en el Pleistoceno, plasmando este hito en un SIG que permita observar dicho fenómeno a gran escala y con diferentes variables.

La dispersión de la fauna presenta un interés especial desde el punto de vista de la evolución humana, pues ligado a este acontecimiento se produjo la colonización del viejo continente por los homininos, permitiendo analizar el marco ecológico de estos eventos. Por lo tanto, si damos con las claves de tales desplazamientos faunísticos podremos obtener un modelo que explique el contexto cronológico y paleoambiental en el que tuvo lugar la dispersión de las primeras poblaciones humanas que habitaron Eurasia. Además de la fauna, para estudiar la dispersión de nuestros antepasados es necesario contar con una de las principales evidencias de actividad antrópica, los útiles líticos. Además, conviene aclarar aquí que, como productos de la actividad de un taxón pretérito, tales herramientas líticas se pueden considerar, a todos los efectos, como icnofósiles.

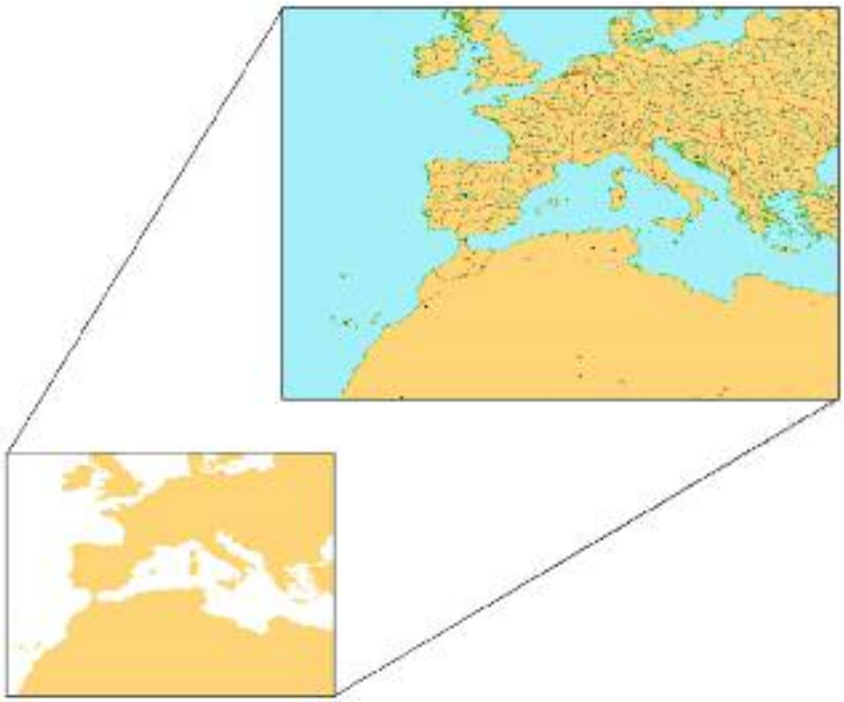

Figura 1. Visualización de un mapa base, y el mismo mapa con capas de interés.

La aparición de la tecnología lítica supuso un importante avance en la evolución del género humano, suponiendo un cambio fundamental en su paleobiología. En este contexto se han de tener en cuenta las variaciones producidas en las características fisiológicas de estas poblaciones tempranas, centradas en cambios en la dieta, la neurología y la psicomotricidad, todo lo cual tendría consecuencias sobre la sociabilidad de nuestros ancestros, traduciéndose en la apertura de nuevos nichos ecológicos. Hablamos, pues, de un proceso de retroalimentación entre incrementos en la en-

cefalización, adaptación progresiva a una dieta más carnívora y mayor desarrollo cultural (Aiello y Wheeler, 1995), en el que los avances en la tecnología lítica facilitaron las estrategias de explotación del medio.

En 1898, Gabriel de Mortillet (Mortillet, 1900) estableció una sucesión cultural basada en Achelense, Musteriense, Solutrense y Magdaleniense. Sobre esta base, y tras varias excavaciones, Henry Breuil fue puliendo el cuadro general de la Prehistoria, añadiendo los periodos Abbevillense, previo al Achelense, y Auriñaciense, anterior al Solutrense de Mortillet. No debemos olvidar las aportaciones de Denis Peyrony (Peyrony, 1923), el cual incluyó en esta periodización el Châtelperroniense y el Gravetiense, ambos surgidos de la división del Perigordiense y situados igualmente en el Paleolítico Superior (con anterioridad y posterioridad al Auriñaciense, respectivamente). Desde el historicismo cultural se propuso la división en "periodos culturales", los cuales siguen funcionando más de un siglo después. Es por ello que dividimos la Historia y clasificamos los periodos según su cultura material, según los Estadios Isotópicos Marinos, etc. (Silva, et al. 2009) lo cual alimenta amplias e interesantes discusiones que exceden los objetivos de este trabajo.

El periodo que abarcaremos corresponde al Achelense, denominación que se refiere a un episodio situado en el Paleolítico Inferior, durante el Pleistoceno inferior y medio, y que corresponde al modo tecnológico II, siguiendo los modos tecnológicos definidos por Grahame Clark (Clark, 1977). Recibe su nombre por el yacimiento de Saint Acheul, ubicado en la región francesa de Picardía. El Achelense se describió "según los rasgos técnicos del yacimiento de Olduvai, Bed II, III y IV (Tanzania) y Konso-Gardula, así las peculiaridades que lo definen a grandes rasgos son: la producción intensa y bifacial de grandes utensilios sobre lasca" (Gómez, 2008).

A lo largo del periodo que abarca este complejo tecnológico, que se mueve entre 1,76-1,4 Ma y 130-128 Ka, se dan variaciones tanto en la forma como en el tamaño de los útiles realizados. En líneas generales, los bifaces achelenses comienzan siendo irregulares, con el talón sin retocar, pero a medida que se avanza cronológicamente su espesor va disminuyendo, se regularizan sus filos y los bifaces muestran un retoque menos cóncavo, profundo y largo. Con ello tienden a presentar una sección losángica y la mayoría de siluetas suelen ser apuntadas, culminando el periodo con una clara tendencia a la producción de bifaces triangulares, en el sentido de triángulo equilátero. El cambio morfológico que presentan estos icnofósiles a lo largo de la evolución ha llevado a autores como Sharon a periodizarlo en base a la propia cadena operativa (Sharon, 2010). Esta evolución tecnológica también se representará mediante un SIG, junto con la fauna de diferentes enclaves arqueopaleontológicos.

Otro factor que podremos observar, inferible mediante diferentes métodos, es el clima de los lugares en los que se sitúan los yacimientos, pues la fauna también representa un indicador bioclimático. Así, el proboscídeo *Mammuthus meridionalis* aparece como un denominador común en los yacimientos europeos situados en torno a 2,6-1 Ma. Podemos encontrarlo en el Cáucaso, a las puertas de Europa, como evidencia el yacimiento de Dmanisi (Georgia) (Gabunia et al., 2001), así como en Orce (Medin et al., 2017) y Fonelas (España) (Arribas et al., 2009), entre otros muchos enclaves paleontológicos. Igual sucede con el cánido *Canis etruscus* en Dmanisi y Fonelas (Arribas et al., 2009), representado por una forma más derivada en los yacimientos de Orce, afín a *C. mosbachensis*. Ambas especies se asocian a climas cálidos, por lo que podemos decir que Eurasia disfrutaba en general de un clima benigno en torno a 2-1,5 Ma.

En el caso de estudio, veremos la particularidad

del yacimiento de Baza-1, cuya cronología ronda los 4,5-4 Ma (Piñero et al.,2017, Ros-Montoya et al., 2017), siendo uno de los yacimientos más antiguos del Plioceno inferior (Rusciniense) en la Península Ibérica, pues su cronología se puede asimilar a muy pocas localidades, como por ejemplo Camps del Ninots (Girona) en torno a los 3,2 Ma (Gómez De Soler et al.,2012). Gracias a ello, Baza-1 va a permitir ampliar el rango temporal de este estudio, al permitir situar la fauna que habitaba en el sur peninsular en una cronología alejada del resto de Europa, lo que puede abrir una nueva vía de estudio sobre eventos tempranos de dispersión faunística.

Las campañas de excavación que se están llevando a cabo en el enclave paleontológico de Baza-1 han demostrado que la conservación de los fósiles encontrados en el yacimiento es excelente. Gracias a esta particularidad se puede estudiar en profundidad el registro continental de una época que hasta ahora era poco conocida en el sur de la Península Ibérica. Una de las principales características del yacimiento, en lo que a fauna se refiere, es la coexistencia de dos megaherbívoros, los mastodontes *Anancus arvernensis* y *Mammut borsoni* (Ros-Montoya et al., 2017).

Con todas estas cronologías podremos representar mediante SIG un mapa climático, geográfico con el que analizar las dispersiones faunísticas, usando esta herramienta para analizar cómo han cambiado la fauna y el clima durante un intervalo temporal de aproximadamente 3 Ma.

Bibliografía

Aiello, L.C., Wheeler, P. 1995. The expensive-tissue hypothesis: the brain and the digestive system in human and primate evolution. Current Anthropology, 36:199-221.

Arribas A, Garrido G, Viseras C, Soria Jm, Pla S, Et Al. 2009. A Mammalian Lost World in Southwest Europe during the Late Pliocene. PLoS ONE 4(9): e7127.

Castellanos Barrero, D.F. 2010: Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica en el ordenamiento territorial. En: Ventana Informática. No 22 (ene-jun. 2010).
Clark, G. 1977. World Prehistory in new perspective. Cambridge: Cambridge University Press.

Gabunia, L., C. Antón, S., Lordkipanidze, D., Vekua, A., Justus, A., C. Swisher Iii, C. 2001: Dmanisi and Dispersal. Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews. 10. 158 - 170. 10.1002/evan.1030.

García Sanjuan, L., W. Wheatley, D., Murrieta Flores, P.; Márquez Pérez, J. 2009. Los SIG y el análisis espacial en arqueología. Aplicaciones en la prehistoria reciente del sur de España. ArqueologiaNàuticaMediterrània. ed. / Xavier Nieto; Miguel AngelCau Ontiveros; CatiAguer. Girona: Museud'Arqueologia de Catalunya, p. 163-180 (Monografies del CASC; Vol. 8).

Gibert, J., Sánchez, F., Gibert, L., Ribot, E., Eds. 1999: The Hominids and their Environmentduringthe Lower and Middle Pleistocene of Eurasia. Proceedings of the International Conference of Human Paleontology (Orce, 1995). Museo de Prehistoria y Paleontología «J. Gibert»/Ayuntamiento de Orce, Orce.

Gómez, A.A. 2008. Repaso al modo II de África y comparación con el achelense de la Península Ibérica: posibles vías de entrada. Anidia Editores. Sección de arqueología. Pág: 50 – 83.

Gómez De Soler, B., Campenyvall-Llosera, G., Made, J., Van Der, Oms, O., Agustí, J., Sala, R., Blain, H.-A., Burjachs, F., Claude, J., García Catalán, S., Riba, D., Rosillo, R., 2012. A new key locality for the Pliocene vertebrate record of Europe: the Camp dels Ninots maar (NE Spain). Geol. Acta10 (1), 1–17.

Mortillet, G. 1900. Le préhistorique: origine et antiguité de l'homme. SchleicherFrères. París.

Peña Llopis, J. 2010. Sistemas de Información Geográfica aplicados a la gestión del territorio. 4ª Edición. Alicante.

Peyrony, D. 1923. Élements de préhistoire. G. Eyboulet & Fils. Ussel.

Piñero, P., Agustí, J., Oms, O., Blain, H.-A., Laplana, C., Ros-Montoya, S., Y Martínez-Navarro, B. 2017. Rodents from Baza-1 (Guadix-Baza Basin, southeast Spain): filling the gap of the early Pliocene succession in the Betics. Journal of Vertebrate Paleontology, 37(4), e1338294.

Ros-Montoya, S., Martínez-Navarro, B., Espigares, M.-P., Guerra-Merchán, A., García-Aguilar, J. M., Piñero, P., Rodríguez-Rueda, A., Agustí, J., Oms, O., Palmqvist, P. 2017. A new Ruscinian site in Europe: Baza-1 (Baza basin, Andalusia, Spain). Comptes Rendus Palevol, 16(7), 746–761.

Saragusti, I. Goren-Inbar, N. 2001.ThebifaceassemblagefromGesherBenotYáaqov, Israel: Illuminatingpatterns in 'Out of Africa' dispersal». Quaternary International, 75, pp. 85-89.

Sharon, G. 2010. Large Flake Acheulean. Quaternary International, 223-224, pp. 226-233.

Silva, P.G.; Zazo, C.; Bardají, T.; Baena, J.; Lario, J., Rosas, A., Van Der Made, J. 2009. Tabla cronoestratigráfica del Cuaternario de la Península Ibérica, v.2. AEQUA, www.aequa.es

Medin, T., Martínez-Navarro, B., Rivals, F., Madruell-Malapeira, J., Ros-Montoya, S., Espigares, M-P., Figueirido, B., Rook, L., Palmqvist, P. 2017. Late Villafranchian Ursus etruscus and other large carnivorans from the Orce sites (Guadix-Baza basin, Andalusia, southern Spain): Taxonomy, biochronology, paleobiology, and acogeographical context. Quaternary International, V. 431, Part B, p:20-41.

PLANES CORPORALES ANIMALES — ALGUNOS ASPECTOS RELACIONADOS CON SU EVOLUCIÓN

M. De Renzi

Cavanilles Institute of Biodiversity and Evolutionary Biology, Universitat de València. c/Catedrático José Beltrán Martínez 2. 46980 Paterna-Valencia, Spain; miquel.de.renzi@uv.es

La idea de plan corporal (o estructural) se refiere a la disposición de las partes homólogas del cuerpo propias de los grupos animales mayores, junto a la caracterización morfológica de ontogenias completas (Valentine, 1986). Está asociada a la multicelularidad. Sus bases están en los genes y los procesos de desarrollo y, en relación con su origen y evolución, existen importantes testimonios paleontológicos. Son sinónimos *embranchement* (Cuvier), *arquetipo* (Owen) y *Bauplan* (Woodger, 1945; Valentine, 1986).

Esta noción tiene una larga historia, en la cual se pueden distinguir tres vías: 1) la *anatómico-comparativa*, que arranca de Aristóteles y, pasando por Pierre Belon y Leonardo de Vinci, llega al s. XIX con Étienne Geoffroy Saint-Hilaire (*unidad de plan*) y Richard Owen (*homología*, *arquetipo*); 2) la *embriológica*, a partir del s. XIX, con Karl-Ernst von Baer (semejanzas embrionarias iniciales dentro del mismo plan estructural), que a partir del último cuarto del s. XX se entronca con la biología evolutiva del desarrollo (*evo-devo*); y, finalmente, 3) la *paleontológica*, con el descubrimiento por Sedgwick y Barrande, a mediados del s. XIX, de la eclosión simultánea de muchos planes al inicio del Cámbrico (la 'fauna primordial' y la denominación posterior del fenómeno como *explosión cámbrica*). Durante el siglo XX se buscaron antecedentes en el Precámbrico (Ediacara, con Glaessner, entre otros), pero siempre se trató de fases relativamente avanzadas en la evolución de los planes.

El concepto de plan corporal ha planteado diversos problemas desde el punto de vista epistemológico; baste saber que se ha pretendido poner en evidencia una tautología en su definición y se le ha atribuido un carácter tipológico epistemológicamente esencialista (Scholtz, 2004), cuando realmente no es así (Nuño de la Rosa, 2011; Rieppel, 2006). Aquí se va a considerar aspectos relacionados con el registro fósil, con la biología evolutiva del desarrollo y con los posibles escenarios en los que se pudo producir su despliegue inicial.

Fecha de Origen: Registro Fósil y Reloj Molecular

Su origen hay que buscarlo en el Precámbrico. Los análisis de reloj molecular débil parecen señalar que los primeros animales surgieron en un lapso temporal muy breve (entre los 800 y los 720 Ma), anterior a las glaciaciones que precedieron a la biota de Ediacara (Dohrmann y Wörheide, 2017). La biota de Ediacara, en Australia (Ediacariense; Neoproterozoico final), posteriormente a los trabajos que la dieron a conocer (v.g., Glaessner y Wade, 1966), ha suscitado una fuerte problemática. Se ha llegado a discutir desde si constituyen un único filo no animal (Seilacher, 1996) hasta que si contienen la presencia del animal más antiguo conocido (*Dickinsonia*), debido a la presencia asociada de colesterol (Bobrovskiy *et al*., 2018). Sí parece clara la existencia de animales bilaterales hace 551-541 Ma (pistas que reflejan comportamiento complejo; Chen *et al*., 2013).

Mecanismos Genéticos y Epigenéticos

Los planes estructurales se caracterizan por su homeostasis (Rieppel, 2006) o, mejor dicho, por su canalización –el concepto debido a Waddington– por lo que a sus limitadas posibilidades de cambio se refiere (véase también Arthur, 1997). Hoy día sabemos que existe una interacción cibernética: *feedbaks* entre expresión génica, de una parte, y acontecimientos epigenéticos –estos últimos no se heredan por vía genética–, de otra; tales interacciones y su modificación durante la evolución son el objeto de estudio de la *evo-devo*. La canalización se debe a dichos *feedbacks*. Los *genes del desarrollo* (genes *Hox*, etc.) determinan los planes corporales y se organizan en las llamadas redes genéticas (*genetic networks*), jerárquicamente organizadas. Hay cuatro tipos de subcircuitos reguladores, entre los cuales cabe citar los *kernel* (Davidson y Erwin, 2006; He y Deem, 2010). Los *kernel* tienen que ver con la rigidez del mantenimiento del plan y ello desde el Cámbrico. Finalmente, hay que decir que las homologías terminan por independizarse de sus bases genéticas y epigenéticas, y acaban convertidas en organizadores (*organisers*) –Müller, 2003–, lo cual refuerza la canalización, de tal modo que no hay transiciones continuas de un plan a otro. La explosión cámbrica únicamente supuso la eclosión de la adquisición del esqueleto mineralizado rígido en muchos de los planes animales. El mecanismo de biomineralización (que implicaría una matriz orgánica para la nucleación más el biomineral correspondiente) más antiguo conocido, presente en bacterias magnetotácticas, pudo haber servido como 'plantilla ancestral' para, por duplicación génica, dar lugar a repetidas exaptaciones con diversos biominerales (teoría unificada de la biomineralización; Kirschvink y Hagadorn, 2000).

Algunos Escenarios de Origen; Posibles Bilaterios Iniciales

La explosión cámbrica se puede considerar una radiación. Radiación significa diversificación (especiación) y disparidad (morfologías muy distintas) con tasas evolutivas muy altas; para la diversificación, el modelo de los equilibrios interrumpidos de Eldredge y Gould da una muy cómoda justificación. La disparidad se debería a cambios en las redes genéticas (Davidson y Erwin, 2006) y aumento del tamaño genómico (Li y Zhang, 2010). Los animales tienen un metabolismo aerobio y un régimen trófico heterótrofo; las condiciones que favorecieron ambas cosas se dieron al final del Precámbrico (suficiente concentración de O_2 atmosférico y tapices bacterianos sobre los que pacer; Seilacher, 1996). Por la gran actividad mecánica muscular revelada por las pistas del final del Precámbrico, ha surgido una hipótesis basada en un hecho conocido: la mencionada actividad consume mucho O_2, lo cual da lugar a la formación de *especies químicas de oxígeno reactivas* (radicales libres, peróxidos, etc.) que modifican fácilmente el ADN (mutaciones, creación de genes nuevos y modificación de los genes del

desarrollo); los animales actuales, frente a esto, poseen defensas, pero no así, probablemente, en la época inicial de su evolución, con lo cual dicha protección sería un carácter derivado. Ello conduciría a tamaños genómicos mayores y nuevas vías de desarrollo; no todo sobreviviría, sino solamente algunos de los nuevos planes corporales (Yang *et al.*, 2018). Finalmente, esas actividades eliminaron los tapices, modificaron el medio profundamente y llevaron a la extinción a los organismos de la biota de Ediacara (Laflamme *et al.*, 2013). La simetría bilateral se debe al establecimiento de un eje primario anteroposterior (AP) u oral-aboral, y otro secundario o dorso-ventral (DV). Ambos se regulan molecularmente en fases tempranas del desarrollo mediante dos gradientes de moléculas de señalización bien determinadas (Niehrs, 2010). En las cinco clases de cnidarios existe un eje primario, pero es en los antozoos en los que también se da el eje secundario con las mismas moléculas determinando ambos gradientes (Genikhovich y Technau, 2017). Los cnidarios podrían ser considerados un grupo hermano de los bilaterios.

Agradecimientos

Este trabajo ha tenido el soporte del proyecto CGL2016-80975-P del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades.

Biliografía

Arthur, W. 1997. The origin of animal body plans: A study in evolutionary developmental biology. Cambridge University Press, Cambridge.

Bobrovskiy, I., Hope, J. M., Ivantsov, A., Nettersheim, B. J., Hallmann, C. y Brocks, J. 2018. Ancient steroids establish the Ediacaran fossil Dickinsonia as one of the earliest animals. Science, 361, 1246-1249.

Chen, Z., Zhou, C., Meyer, M., Xiang, K., Schiffbauer, J. D., Yuan, X. y Xiao, S. 2013. Trace fossil evidence for Ediacaran bilaterian animals with complex behaviors. Precambrian Research, 224, 690-701.

Davidson, E. H. y Erwin, D. H. 2006. Gene regulatory networks and the evolution of animal body plans. Science, 311, 796-800.

Dohrmann, M. y Wörheide, G. 2017. Dating early animal evolution using phylogenomic data. Scientific Reports, 7, 1-6.

Genikhovich, G. y Technau, U. 2017. On the evolution of bilaterality. Development, 144, 3392-3404.

Glaessner, M. F. y Wade, M. 1966. The Late Precambrian fossils from Ediacara, South Australia. Palaeontology, 9, 599-628.

He, J. y Deem, M. W. 2010. Hierarchical evolution of animal body plans. Developmental Biology, 337, 157-161.

Kirschvink, J. L. y Hagadorn, J. W. 2000. A grand unified theory of biomineralization. In: The biomineralization of nano- and micro-structures (ed. Bäuerlein, E.). Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim, Alemania, 139-150.

Li, D. J. y Zhang, S. 2010. The Cambrian explosion triggered by critical turning point in genome size evolution. Biochemical and Biophysical Research Communications, 392, 240-245.

Laflamme, M., Darroch, S. A. F., Tweedt, S. M., Peterson, K. J. y Erwin, D. H. 2013. The end of the Ediacara biota: Extinction, biotic replacement, or Cheshire Cat. Gondwana Research, 23, 558-573.

Müller, G. B. 2003. Homology: The evolution of morphological organization. In: Origination of organismal Form: Beyond the gene in developmental and evolutionary biology (ed. Müller, G. B. y Newman, S. A.). A Bradford Book, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 51-69.

Niehrs, C, 2010. On growth and form: a Cartesian coordinate system of Wnt and BMP signaling specifies bilaterian body axes. Development, 137, 845-857.

Nuño de la Rosa, L. 2011. El concepto de forma en la biología contemporánea. Examen filosófico (Tesis doctoral). Universidad Complutense de Madrid y Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne.
https://lauranrg.files.wordpress.com/2013/02/lnrg_tesis_es.pdf

Rieppel, O. 2006. 'Type' in morphology and phylogeny. Journal of Morphology, 267, 528-535.

Scholtz, G. 2004. Baupläne versus ground patterns, phyla versus monophyla: aspects of patterns and processes in evolutionary developmental biology. In: Evolutionary Developmental Biology of Crustacea (ed. Scholtz, G.). A.A. Balkema Publishers, Lisse, Holanda, 3-16.

Seilacher, A. 1996. Explosive evolution in the Pre-Cambrian/Cambrian Transition. In: Evolución: aspectos multidisciplinares (ed. Molina, E.). Seminario Interdisciplinar de la Universidad de Zaragoza, Cuadernos Interdisciplinares nº 6, Zaragoza, España, 65-78.

Valentine, J. W. 1986. Fossil record of the origin of Baupläne and its implications. In: Patterns and processes in the history of life (ed. Raup, D. M. y Jablonski, D.). Springer-Verlag, Berlin, Germany, 209-222.

Woodger, J. H. 1945. On biological transformations. In: Essays on growth and form presented to D'Arcy Wentworth Thompson (ed. Le Gros Clark, W. E. y Medawar, P. B.). Oxford at the Clarendon Press, Oxford, Gran Bretaña, 95-120.

Yang, D., Guo, X., Xie, T. Y Luo, X. 2018. Reactive oxygen species may play an essential role in driving biological evolution: The Cambrian explosion as an example. Journal of Environmental Sciences, 63, 218-226.

AN EMPIRICAL MORPHOSPACE FOR *GYROLITHES* — A GENERAL APPROACH

M. de Renzi[1] & E. Mayoral[2, 3]

1 Cavanilles Institute of Biodiversity and Evolutionary Biology, Universitat de València. c/Catedrático José Beltrán Martínez 2. 46980 Paterna-Valencia, Spain; miquel.de.renzi@uv.es

2 Department of Earth Sciences, Faculty of Experimental Sciences, Campus de El Carmen, Universidad de Huelva, Avda. 3 de Marzo, s/n, 21071 Huelva, Spain; mayoral@uhu.es

3 Department of Apply Geosciences, CCTH - Science and Technology Research Centre, University of Huelva, Av. Fuerzas Armadas SN, 21071 Huelva, Spain; mayoral@uhu.es

This study explores the real *Gyrolithes* empirical morphospace, based on the morpho-theoretical study of De Renzi *et al.* (2017), which defined three non-dimensional parameters δ, κ and β (see Fig. 1 for their definitions and relationship). Any kind of overlap does not take place when $d > 1$ and $k < 1$; however, two critical values must be considered: $d = 1$ and $k = 1$. If $d < 1$, overlap occurs; if $k > 1$, overlap may or may not occur (see De Renzi *et al.*, 2017).

These parameters have been estimated in a sample of 105 Postpalaeozoic *Gyrolithes* (the *total sample*, TS); they range from the Triassic to the Holocene. Laing *et al.* (2018) also measured δ, κ and β in 24 burrows, attributed to two ichnospecies, coming from the Ediacaran-Cambrian boundary of Newfoundland, Canada, whose estimates have been added to our study for comparison.

We performed a principal component analysis on the TS, which evidences the relevance of δ (first principal component, PC1) as well as κ and β (PC2). In addition, this analysis shows graphically that the TS may be divided in two subsamples: the *commonest forms subsample* or CFS and the *uncommon forms subsample* or UFS. The CFS is characterized by low values of δ, and the same may be said for the parameter β. However, the parameter κ has values relatively high, with a removal of excessively low values. When the TS is merged with the two Ediacaran-Cambrian ichnospecies and the analysis is performed again, these last ones appear distributed between these two subsamples.

These results seem to confirm our initial assumptions (De Renzi *et al.*, 2017): animals try to minimize energetic costs by descending obliquely (small values of δ and β; see also Buatois and Mángano, 2011, for progressive resistance exerted by sediments in depth) as well as by tracing short trajectories (high κ values) in the circular motion that partly supposes to generate a circular helix (Mataix, 1957).

ACKNOWLEDGEMENTS

This paper has been partially supported by the Research Projects CGL2016-80975-P and CGL2015-66835-P of the Ministerio de Ciencia e Innovación of Spain, the Research Group RNM276 of the Junta de Andalucía (Spain) and the Science and Technology Research Centre, University of Huelva.

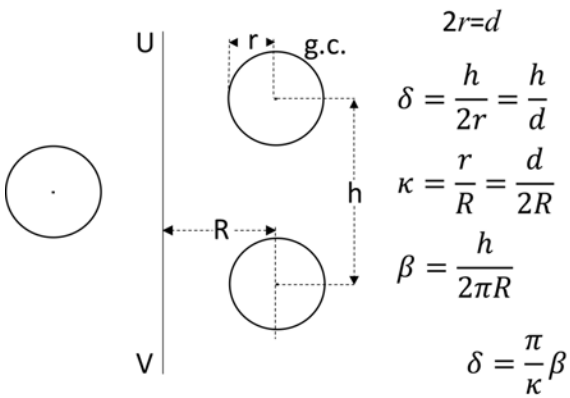

Figure 1. Measurements and parameters. A longitudinal section of a complete whorl of an ideal *Gyrolithes* with a circular generating curve (g. c.); definitions of δ, κ and β, and their relationship. UV, coiling axis (partly based on De Renzi *et al*., 2017).

REFERENCES

Buatois, L. and Mángano, M. G. 2011. *Ichnology: Organism-Substrate Interactions in Space and Time*. Cambridge University Press, Cambridge.

De Renzi, M., Mayoral, E. and Palmqvist, P. 2017. Theoretical morphology and ichnofossils: *Gyrolithes* as a case study. In: *33 Jornadas de Paleontología. Sociedad Española de Paleontología. Libro de Resúmenes* (coord. O'Dogherty, L.), 45-48.

Laing, B. A., Buatois, L. A., Mángano, M. G., Narbonne, G. M. and Gougeon, R. C. 2018. *Gyrolithes* from the Ediacaran-Cambrian boundary section in Fortune Head, Newfoundland, Canada: Exploring the onset of complex burrowing. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 495, 171-185.

Mataix, C. 1957. *Tratado de geometría analítica*. Editorial Dossat, S.A., Madrid.

LA NECESIDAD DE PROMOVER LA COOPERACIÓN INTERNACIONAL PARA LA REGULACIÓN DEL COMERCIO INTERNACIONAL DE ELEMENTOS MUEBLES DEL PATRIMONIO PALEONTOLÓGICO

G. Delvene[1], S. Menéndez[1] & J. Vegas[2]

1 Museo Geominero, Instituto Geológico y Minero de España (IGME), C/. Ríos Rosas, 23, 28003 Madrid, España; g.delvene@igme.es; s.menendez@igme.es

2 Área de Patrimonio Geológico y Minero, Instituto Geológico y Minero de España (IGME), C/. Ríos Rosas, 23, 28003 Madrid, España; j.vegas@igme.es

Introducción

El presente trabajo está enmarcado dentro del Real Decreto1274/2011 para el Plan Estratégico del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad (2011-2017). En este Real Decreto se incluye el Objetivo 2.8 "Incrementar los conocimientos sobre geodiversidad y patrimonio geológico y aumentar su protección" y para su consecución se formula, entre otras acciones, la Acción 2.8.1. "Promover la cooperación internacional para la regulación del comercio internacional de elementos muebles del patrimonio geológico", encomendada al Instituto Geológico y Minero de España (IGME), por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, del actual Ministerio para la Transición Ecológica. En este contexto legal, se analiza la problemática que existe en torno a la necesidad de regular el comercio internacional del patrimonio paleontológico y se revisan las legislaciones de algunos países que, hasta la fecha, expresamente regulan o prohíben este hecho.

Antecedentes

El comercio ilícito internacional de fósiles, elementos integrantes del patrimonio paleontológico mueble, está considerado desde 2016 como un crimen ambiental por la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). La CITES establece un acuerdo internacional concertado entre gobiernos, que fue firmado en Washington el 3 de marzo de 1973 y enmendado en Bonn, el 22 de junio de 1979 (http://www.cites.org). La CITES se redactó como resultado de una resolución aprobada en una reunión de los miembros de la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza), celebrada en 1963. Tiene por finalidad velar porque el comercio internacional de especímenes de animales y plantas silvestres no constituya una amenaza para su supervivencia. Durante años la CITES ha sido uno de los acuer-

dos ambientales que ha contado con el mayor número de miembros, que se eleva ahora a 183 Partes.

Estado actual de los países que regulan el comercio internacional de fósiles

La regulación del comercio de fósiles en los distintos países del mundo abarca un amplio espectro, pero aquí vamos a centrar el foco en algunos ejemplos conocidos.

Europa

En Italia, la recolecta de fósiles está regulada por la Ley 1089 de 1939 y un Decreto Ley de 2004 del "código de bienes culturales y paisaje" que también regulan la actividad arqueológica. Los fósiles recogidos en territorio italiano son propiedad del estado y el comercio de estos fósiles está absolutamente prohibido (Martinetto et al., 2018). En Francia, de acuerdo con Wahiche (2013), el control de comercialización de fósiles (nacionales y extranjeros) es más ambiguo, el comprador debe obtener del vendedor los certificados de importación y exportación válidos expedidos por los servicios aduaneros a la salida del país en cuestión, y para la entrada de los ejemplares en el territorio nacional. Sin embargo, para comprobar que los documentos aduaneros de exportación se han obtenido regularmente, es necesario asegurarse de que la legislación local permite la recogida y comercialización de los fósiles en la embajada del país de que se trate.

África

En el continente africano, Sudáfrica tiene una de las leyes sobre recolección, importación, exportación y venta de material fósil más restrictivas y mejor definidas. Todos los fósiles: microfósiles, plantas, invertebrados y vertebrados deben ser recolectados bajo un permiso y se convierten en propiedad del estado. La solicitud de exportación se debe realizar a través de la Agencia de Recursos del Patrimonio de Sudáfrica y de la aduana, y solo los fósiles exportados para su estudio o exhibición en un museo o universidad recibirán los formularios de exportación. La legislación que protege a los fósiles está incorporada en la Ley de Recursos del Patrimonio Nacional (Ley Núm. 25 de 1999) que entró en vigor el 1 de abril de 2000. Infringir la ley lleva una sanción de "una multa y varios años de prisión, o ambos". Los funcionarios de aduanas están al tanto de la ley y han confiscado fósiles cuando se ha intentado exportarlos sin permiso.

El patrimonio paleontológico en Marruecos lleva siendo objeto de explotación y comercio, tanto legal como ilegalmente, durante décadas. El trasiego de la mayor parte de este comercio tiene lugar en las principales ferias de fósiles y minerales del mundo, así como en diversas ferias más pequeñas que se celebran anualmente en más de cincuenta ciudades europeas. En los últimos años se ha observado que la cantidad de nuevos taxones de invertebrados paleozoicos en las grandes ferias ha disminuido en relación con años anteriores, esto puede alertar sobre la situación de agotamiento y/o sobreexplotación a la que pueden haber llegado esos yacimientos (Gutiérrez-Marco & García-Bellido, 2018 y referencias en este trabajo). Desde hace unos pocos años, el Ministerio de Energía, Minas y Desarrollo Sostenible de Marruecos ha expresado su interés en proteger, preservar, gestionar y difundir el patrimonio geológico y paleontológico de Marruecos, tanto a nivel nacional como internacional y establecer los mecanismos necesarios para ello. Hasta ahora el marco regulatorio en el cual se ha basado el gobierno de Marruecos era el artículo 116 de la nueva legislación minera, que establecía que la extracción, recolección y comercialización de especímenes mineralógicos y fósiles, así como de meteoritos, estaba subordinada a la autorización expedida por la Administración. Pero a principios de enero de 2019, el Ministerio publicó un pro-

yecto de decreto que establece la necesidad explicita de regular el comercio de fósiles. Este documento propone que se establezcan tres categorías de fósiles: ejemplares fósiles singulares que sólo pueden prestarse con fines científicos; especímenes regulados por cuotas que estarían sujetos a autorización ministerial para su exportación; y fósiles "regulares", que pueden extraerse, venderse y exportarse sin autorización previa.

América

En Colombia la legislación y las regulaciones para la protección del patrimonio geológico y paleontológico se han tratado desde principios del siglo XX. Novedoso fue el Decreto 21 de 1906, por medio del cual se dispuso en el artículo 2 la prohibición expresa de extraer del territorio colombiano, sin previo permiso del Gobierno Nacional, objetos de carácter singular y reconocido valor científico, histórico o artístico, así como objetos raros de naturaleza mineral, como aerolitos y sus similares; y objetos de valor arqueológico o histórico, ya sean de la época prehistórica o de época posterior. A pesar de ello, se han dado graves casos de expolio y salida de su patrimonio paleontológico, por lo que, en colaboración con el IGME mediante convenio, ha sido aprobado recientemente una regulación mediante el Decreto nº 1353, del 31 de julio de 2018, para "*la gestión integral del patrimonio geológico y paleontológico de la nación*". En él se faculta al Servicio Geológico Colombiano (SGC) para realizar el Inventario Nacional Geológico y Paleontológico, la declaración de Zonas de Protección Patrimonial Geológica y Paleontológica, así como al registro y a la autorización para la tenencia de bienes de interés geológico y paleontológico.

En su Artículo 2.2.5.10.1.5. sobre la "Exportación temporal de bienes de interés geológico y paleontológico para estudio y/o exhibición fuera del país" indica expresamente que está prohibida la exportación de cualquier bien de interés geológico y paleontológico, sin la autorización previa del SGC.

Además, existe en Colombia el Convenio de Cooperación 2990-01-2017 para Prevenir y Contrarrestar el Tráfico Ilícito de Bienes del Patrimonio Cultural Colombiano, que tiene como objeto el compromiso de diferentes entidades para cooperar, aunando esfuerzos técnicos, administrativos y humanos, realizando programas y actividades dirigidas a prevenir y combatir el tráfico ilícito del patrimonio cultural, documental y archivístico y así como el patrimonio geológico y paleontológico colombiano. Desde el 2017 el Servicio Geológico Colombiano viene participando en este convenio y ya ha obtenido resultados como la incautación de varios fósiles que forman parte del patrimonio paleontológico de Brasil, y que estaban en poder de un ciudadano estadounidense en territorio colombiano.

En Argentina, por ley, todos los fósiles hallados en su territorio forman parte integral del Patrimonio Cultural de la nación. La Ley 25743/03 de "Protección del Patrimonio Arqueológico y Paleontológico" regula toda actividad relacionada al patrimonio paleontológico y el Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia es el organismo nacional competente de protección del patrimonio paleontológico, constituyéndose en la Autoridad de Aplicación Nacional de la Ley 25743. Son sus competencias, entre otras, llevar el Registro Nacional de yacimientos, colecciones y restos paleontológicos, autorizar el traslado de materiales en préstamo al exterior y gestionar la repatriación de materiales paleontológicos argentinos en el exterior. Por otra parte, las provincias argentinas, por la reforma de la Constitución Nacional de 1995, son las encargadas de custodiar los materiales paleontológicos hallados en sus territorios y de autorizar exploraciones, extracciones, préstamos y traslados de estos materiales dentro del territorio nacional. Existen unas normas y principios éticos para los estudios pa-

leontológicos de material argentino efectuados con o por personas extranjeras. Entre ellas, destacamos que todo el material paleontológico, de acuerdo a la legislación vigente, no puede salir del país de forma definitiva, y deberá ser depositado en instituciones científicas argentinas con capacidad y organización adecuadas para asegurar su conservación y disponibilidad permanente para la consulta pública.

Expectativas futuras para la regulación del comercio internacional de fósiles

En el congreso mundial de conservación de la UICN de 2016 se aprobaron varias mociones en relación al patrimonio paleontológico mueble cuya resolución debe ser asumida mediante un acuerdo internacional concertado entre los gobiernos, como es el caso de CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres). CITES tiene que considerar la Resolución 084 de UICN donde se considera que los delitos ambientales abarcan, entre otras acciones, el comercio ilícito del patrimonio geológico mueble (fósiles, minerales, rocas y meteoritos). Reconoce la Ley 42/2007 sobre Patrimonio Natural y Biodiversidad de España como pionera en la protección de la geodiversidad de su propio país, considerándola ejemplo para otros países. Sin embargo, hace alusión a la falta de infracciones y sanciones sobre los efectos negativos en la geodiversidad y el patrimonio geológico. Por último, la resolución también reconoce la iniciativa de España de la creación de autoridades judiciales nacionales dedicadas al enjuiciamiento de delitos medioambientales; la iniciativa del Parlamento italiano que incluye la inclusión de los daños medioambientales en el código penal, y el compromiso de Francia de reforzar las sanciones penales relativas al medio ambiente y de incluir los daños medioambientales en el código civil.

La normativa internacional en esta materia es muy diversa, aunque parece que se avanza en una dirección cada vez más restrictiva y más proteccionista. Por tanto, la promoción de mecanismos que regulen el comercio y prohíban la venta ilícita de los elementos mueble del patrimonio paleontológico a escala internacional debería ser un objetivo prioritario de todos los países implicados, potenciando la cooperación entre los mismos. Un gran impulso para la cooperación internacional en esta materia sería que CITES incluya un anexo específico para los elementos del patrimonio geológico y, en especial, para el patrimonio paleontológico.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos de investigación IGME-2218 "Actuaciones para el desarrollo del Plan Estratégico del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad 2011-2017 en relación con la geodiversidad y el patrimonio geológico", IGME-2811 "Inventarios de patrimonio geológico y minero" y el proyecto CGL-2013-42643-P.

Bibliografía

Gutiérrez-Marco, J. C. & García-Bellido, D. (2018). The international fossil trade from the Paleozoic of the Anti-Atlas, Morocco. En: Hunter, A. W., Álvaro, J. J., Lefebvre, B., Van Roy, P. & Zamora, S. (eds) The Great Ordovician Biodiversification Event: Insights from the Tafilalt Biota, Morocco. Geological Society, London, Special Publications, 485. https://doi.org/10.1144/SP485.1

Martinetto, E., Baldanza, A., Ceregato, A., Gentili, S., Zorzin, R. 2018. Fossili italiani, che cosa si può fare? Museologia scientifica nuova serie, 12, 71-81.

Wahiche, J.-D. 2013. Aspects juridiques de la protection des dinosaures. La lettre de l´Ocim, 147, 13-21.

ESTUDIO ICNOLÓGICO DE SEDIMENTOS CONTORNÍTICOS EN EL MARGEN NW DE LA PENÍNSULA IBÉRICA: CONDICIONES PALEOAMBIENTALES AFECTADAS POR CORRIENTES DE FONDO

J. Dorador[1], F.J. Rodríguez-Tovar[2], A. Mena[3] & G. Francés[3]

1 Dept. of Earth Sciences, Royal Holloway University of London, Egham, Reino Unido.

2 Dpto. de Estratigrafía y Paleontología, Universidad de Granada, España.

3 Dpto. Xeociencias Mariñas e O.T., Universidade de Vigo, España.

Las contornitas son sedimentos depositados o retrabajados por corrientes marinas de fondo persistentes en el tiempo. Durante las últimas décadas, estos depósitos están siendo muy relevantes en varias disciplinas geológicas como es el caso de la paleoceanografía, los estudios paleoambientales, el análisis de riesgos geológicos, o la exploración de hidrocarburos (e.g., Rebesco *et al.*, 2014). Su identificación en perfiles sísmicos es relativamente sencilla, pero existe un gran debate acerca de la caracterización de estos depósitos cuando se trabaja a escala de afloramiento. En este sentido, encontrar nuevos criterios para identificarlos es un gran reto para la comunidad científica. Uno de los criterios considerados se basa en el contenido icnológico, debido a la información que pueden aportan las pistas fósiles sobre las condiciones paleoambientales (ver revisión reciente en Rodríguez-Tovar y Hernández-Molina, 2018).

En los últimos años, varios estudios han analizado en detalle el contenido icnológico de sedimentos contorníticos, aportando información sobre los procesos implicados, la evolución de las condiciones ambientales durante el depósito y la influencia de estas sobre la fauna bentónica bioturbadora (*e.g.*, Alonso *et al.*, 1999; Wetzel *et al.*, 2008; Rodríguez-Tovar *et al.*, 2019). Ha quedado demostrado que las condiciones ambientales varían durante el depósito e incluso se ha puesto de manifiesto que pueden existir interrupciones en un proceso que, de manera generalizada, ha sido tradicionalmente interpretado como continuo (Rodríguez-Tovar *et al.*, 2019). Todos estos avances han permitido entender mejor la variación vertical de las secuencias contorníticas. Sin embargo, aún son numerosas las cuestiones a resolver en la relación a los depósitos contorníticos y las características icnológicas, como las posibles variaciones laterales que se pueden registrar en el contenido icnológico en este tipo de depósitos. En esta contribución presentamos el estudio icnológico preliminar de depósitos contorníticos arcillosos del margen noroeste de Iberia a partir del análisis de varios sondeos gra-

vitacionales obtenidos durante la campaña ForSa-Gal 09 en la Cuenca interior de Galicia (Mena *et al.*, 2018). Estos fueron extraídos en diferentes localizaciones de la cuenca, incluyendo varios puntos de un depósito contornítico, lo que permite estudiar tanto la variación vertical como los posibles cambios icnológicos laterales.

El análisis preliminar revela la presencia generalizada de una asociación de pistas compuesta principalmente por *Palaeophycus*, *Planolites*, *Thalassinoides* y *Zoophycos* con un grado medio de bioturbación sobre un fondo moteado. Sin embargo, este patrón cambia en la parte superior de los intervalos contorníticos donde se registra un mayor grado de bioturbación y el dominio variable de determinados icnotaxones. En concreto, en el sondeo más cercano a la corriente de fondo se registra un intervalo dominado principalmente por *Palaeophycus*, mientras que el sondeo más lejano se caracteriza mayoritariamente por *Zoophycos*. Ambos cambios, reflejan variaciones en las condiciones ambientales en la última fase del depósito contornítico pero de forma distinta dependiendo de la distancia a la corriente de fondo. Por un lado, en zonas más cercanas a la corriente se puede interpretar un aumento de la oxigenación y una tasa de sedimentación relativamente alta que permite una actividad abundante de organismos productores de *Palaeophycus* (*i.e.*, anélidos suspensívoros o depredadores). Por otro lado, en zonas más lejanas se produce un aporte estacional de materia orgánica y una tasa de sedimentación más baja que condiciona el desarrollo de *Zoophycos* (*i.e.*, el productor entierra la materia orgánica para evitar su oxidación y usarla en periodos de menor productividad).

Esta variación lateral de las condiciones ambientales (*i.e.*, materia orgánica, tasa de sedimentación y oxigenación) está determinada por la actividad de la corriente de fondo. Así pues, en zonas más cercanas se genera un mayor depósito de sedimento en condiciones de buena oxigenación, mientras que en zonas más alejadas de la corriente disminuyen ambos valores, afectando a la disponibilidad de materia orgánica. A partir de estos resultados icnológicos preliminares se evidencia la variación de las condiciones ambientales dependiendo de la distancia a las corrientes de fondo con independencia de que se mantenga el mismo tipo de facies (*i.e.*, depósitos contorníticos arcillosos). En conclusión, se pone de manifiesto el potencial uso de la icnología como criterio para identificar depósitos contorníticos e incluso diferenciar áreas en relación a la corriente de fondo generadora.

Bibliografía

Alonso, B., Ercilla, G., Martinez-Ruiz, F., Baraza, J., Galimont, A., 1999. Pliocene-Pleistocene sedimentary facies at Site 976: Depositional history in the northwestern Alboran Sea. Proc. Ocean Drill. Progr. Sci. Results 161, 57–68.

Mena, A., Francés, G., Pérez-Arlucea, M., Hanebuth, T.J.J., Bender, V.B., Nombela, M.A., 2018. Evolution of the Galicia Interior Basin over the last 60 ka: sedimentary processes and palaeoceanographic implications. J. Quat. Sci. 33, 536–549.

Rebesco, M., Hernández-Molina, F.J., Van Rooij, D., Wåhlin, A., 2014. Contourites and associated sediments controlled by deep-water circulation processes: State-of-the-art and future considerations. Mar. Geol. 352, 111–154.

Rodríguez-Tovar, F.J., Hernández-Molina, F.J., 2018. Ichnological analysis of contourites: Past, present and future. Earth-Science Rev. 182, 28–41.

Rodríguez-Tovar, F.J., Hernández-Molina, F.J., Hüneke, H., Llave, E., Stow, D., 2019. Contourite facies model: Improving contourite characterization based on the ichnological analysis. Sediment. Geol. 384, 60–69.

Wetzel, A., Werner, F., Stow, D.A. V, 2008. Bioturbation and biogenic sedimentary structures in contourites, in: Rebesco, M., Camerlenghi, A. (Eds.), Contourites. pp. 183–202.

NUEVA INFORMACIÓN ANATÓMICA DEL ORNITÓPODO ESTIRACOSTERNO *MORELLADON BELTRANI* DEL BARREMIENSE SUPERIOR DE LA FORMACIÓN ARCILLAS DE MORELLA (CASTELLÓN, ESPAÑA)

F. Escaso[1], J.M. Gasulla[1], I. Narváez[1], J.L. Sanz[2] & F. Ortega[1]

1 Grupo Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, UNED, Madrid (España)

2 Unidad Paleontología, Departamento de Biología, Universidad Autónoma de Madrid, Madrid (España)

Morelladon beltrani es un dinosaurio ornitópodo estiracosterno exclusivo de la península ibérica y fue hallado en niveles pertenecientes a la Formación Arcillas de Morella. Esta formación, datada como Barremiense superior, se localiza fundamentalmente en la cuenca del Maestrazgo, en el noroeste de la provincia de Castellón. El material tipo de esta especie procede de un yacimiento en el área del Mas de Sabaté perteneciente a la Cantera del Mas de la Parreta (Morella) y consiste en parte del esqueleto bien conservado de un único individuo de tamaño medio. Este individuo está representado por elementos de la región axial (vértebras de la región dorsal y el sacro), la cintura pélvica (isquion, pubis y ambos iliones) y la región apendicular (tibia derecha).

En este trabajo se describen nuevos ejemplares atribuibles a *Morelladon beltrani*. Los restos analizados corresponden a elementos procedentes del área del Mas de Sabaté: elementos axiales de la región cervical, dorsal, sacra y caudal, y elementos de la región pélvica hallados en el yacimiento CMP-MS-05 y que probablemente pertenecen a un único individuo, y un sacro procedente del yacimiento CMP-MS-03. También se ha identificado en CMP-3c un sacro atribuible a *Morelladon* que se localiza por primera vez en otras áreas de la Cantera del Mas de la Parreta.

Los sacros localizados en estos tres yacimientos presentan una serie de caracteres que son compatibles con las autapomorfías descritas para *Morelladon beltrani*: quilla ventral en las vértebras sacras segunda y tercera (ejemplares CMP-3c y CMP-MS-05) y, en la vértebra sacra cuarta (en el caso de los ejemplares CMP-MS-03 y CMP-MS-05).

Los elementos axiales pertenecientes al individuo localizado en el yacimiento CMP-MS-03, y particularmente las vértebras cervicales y caudales, muestran claras semejanzas morfológicas con el taxón africano *Ouranosaurus nigeriensis* procedente de los depósitos cretácicos de Gadoufaoua en

Níger.

Estos nuevos hallazgos aportan información novedosa sobre la anatomía de *Morelladon beltrani* que puede ser añadida a la caracterización de este taxón, por el momento exclusivo de la Formación Arcillas de Morella.

APRENDER LA HISTORIA DE LA TIERRA Y LA VIDA A TRAVÉS DE FICHAS DIDÁCTICAS, UNA PROPUESTA PARA EL MUSEO GEOMINERO

O. Fesharaki[1] & A. Rodrigo[2]

1 Departamento de Geodinámica, Estratigrafía y Paleontología, Universidad Complutense de Madrid. C/ José Antonio Nováis 12, 28040 Madrid.

2 Museo Geominero. Instituto Geológico y Minero de España. C/ Ríos Rosas, 23, 28003 Madrid.

La visita a una exposición o a un museo es generalmente una experiencia inolvidable, y con más razón si hablamos de los jóvenes estudiantes, más acostumbrados a las aulas y las lecciones magistrales. Sin embargo, es en este tipo de lugares en los que es más fácil despertar la curiosidad del estudiante, y como consecuencia su interés por conocer, uno de los elementos más relevantes para el aprendizaje. En general, en las aulas actuales los alumnos más aventajados se aburren con las lecciones magistrales, al mismo tiempo que los que más dificultades tienen también terminan por desconectar de las explicaciones, desarrollándose la mayoría de las clases para el "alumno medio". Este hecho es aún más grave si cabe en el campo de las ciencias experimentales o naturales, que por su propia definición deberían tener una importante componente de experimentación, visitas a centros científicos o a museos, realización de salidas educativas al gran laboratorio de experimentación que es la naturaleza, etc. En este sentido, y en parte agravado tras los recortes y la crisis vivida durante la última década en España, la elevada ratio de alumnos por aula, la falta de desdobles y prácticas de laboratorio o de visitas culturales y científicas son un lastre para la correcta formación científica del alumnado de educación obligatoria (Rodríguez Pérez et al., 2015). Sin embargo, de forma paralela se han ido ampliando las ofertas divulgativas y educativas de museos, centros de investigación y formación (Semanas de la Ciencia, Ferias de la Ciencia, Noche de los Investigadores, etc.) e incluso la oferta de actividades por parte de empresas especializadas en ocio y divulgación científica (Castilla et al., 2006; Rodríguez Pérez et al., 2014). Este tipo de actividades realizadas solo de forma puntual pueden ser beneficiosas para la motivación del alumno, pero es muy probable que, sin una planificación didáctica previa y un trabajo de refuerzo de conceptos y aptitudes *a posteriori*, no tengan el valor educativo que se debería perseguir (Fesharaki et al., 2019). Es por esto que cada vez son más las propuestas didácticas, por ejemplo por parte de museos, que integran temáticas relacio-

nadas con los currículos oficiales de educación. En este sentido, existen desde hace algunos años iniciativas en relación a qué Geología se debe enseñar (Pedrinaci et al., 2013).

El Museo Geominero ha desarrollado durante los últimos años multitud de actividades de divulgación y de educación para todas las etapas educativas (Rodrigo, 2013; 2015). Además, se han ido desarrollando materiales didácticos para ser usados durante las visitas al museo, y como apoyo a la actividad docente realizada previamente en las aulas. Este material didáctico incluye entre otros recursos talleres y kits de trabajo con rocas, minerales y fósiles, o fichas de itinerarios didácticos por las colecciones del museo (Rodrigo et al., 2008; González Blázquez, 2018). Con el objetivo de cumplir con la función social del museo, atendiendo al mayor número posible de colectivos, se han ideado también propuestas para personas con diversidad funcional (Rodrigo, 2017; Sánchez-Fontela et al., 2017).

Hasta el momento el mayor esfuerzo para la preparación de materiales y actividades se ha centrado en alumnos procedentes de la educación primaria y la secundaria obligatoria. Este esfuerzo se ve recompensado por el elevado número de alumnos de estas etapas que visitan el museo durante el año. Los datos en 2018 fueron de 3.999 alumnos procedentes de 80 colegios de educación primaria, y 5.980 procedentes de 120 centros de educación secundaria, fundamentalmente de Madrid. Sin embargo, la oferta para cursos superiores y más especializados como Bachillerato o los estudios universitarios de Grado o Máster es aún escasa.

En este resumen presentamos el desarrollo de nuevo material didáctico dirigido principalmente a alumnos de Bachillerato y primeros cursos de Grados universitarios en Ciencias, en los que se cursan materias relacionadas con la Geología general. En este tipo de materias, la historia de la Tierra y la aparición y evolución de la vida sobre ésta son ítems muy comunes. Además, esta temática es una de las que más interrelación presenta entre las asignaturas de Biología y Geología, impartidas generalmente de forma conjunta antes de los estudios superiores, lo que, por tanto, permite una visión interdisciplinar de estas ciencias (Fesharaki et al., 2019).

El nuevo material implementado tiene como principal objetivo que los alumnos puedan aprender los eventos más importantes de la historia de la Tierra y la vida mediante la visita "guiada" al museo a través de una serie de fichas didácticas y la cumplimentación de una serie de cuestiones relativas a estos eventos.

Se han realizado un total de 32 hojas Din-A4 que se presentan como fichas de doble cara (16 en total). Cada ficha (en ambas caras) está dedicada a una etapa importante de la historia de la Tierra. Así, se han seleccionado el Hádico, el Arcaico, el Proterozoico, todos los periodos del Fanerozoico y una última dedicada a imaginar cómo podrían evolucionar la paleogeografía y la vida en la Tierra y una serie de cuestiones de síntesis sobre todos los periodos geológicos tratados. Ambas caras de cada ficha (referidas a un mismo periodo, por ejemplo, al Cámbrico) presentan un pequeño texto sobre los eventos más importantes de dicho periodo. Además, se indica el intervalo temporal de forma numérica, y de forma visual mediante una escala cronoestratigráfica simplificada a la izquierda de cada ficha. Además de esta parte teórica, que incluye algunas imágenes significativas de los eventos descritos, cada ficha tiene otras dos secciones: "¡Investiga!" y "Aplica lo que sabes". En la primera se indican una serie de vitrinas o muestras concretas que se deberían visitar por parte del alumno previamente a pasar a la siguiente sección o de forma sincrónica. La segunda recoge una serie de cuestiones repartidas según dos grados de dificultad. Las cuestiones con menor complejidad se asocian a preguntas directas sobre aspectos visibles en las vitrinas, cuadros,

muestras de mano, etc. que hay expuestos en el museo. Éstas son aptas para alumnos desde 4º curso de la ESO. Las cuestiones más complejas persiguen no solo la observación por parte del alumno de los elementos que hay en el museo, sino también que éste sea capaz de interrelacionar conceptos aprendidos previamente en clase con los vistos en la actividad del museo, y requieren de cierta dosis de razonamiento. Al ser más complejas y precisar de ciertos conocimientos previos son adecuadas principalmente para los cursos de 2º de Bachillerato y la enseñanza superior, aunque esta distribución, la elección de las fichas concretas y las cuestiones a desarrollar, o incluso la inclusión por parte del docente de otras cuestiones, son aspectos abiertos que se pueden adaptar en función de las características de cada grupo de alumnos.

Al igual que el resto de materiales didácticos realizados por el museo, estas fichas estarán disponibles en formato pdf en la web del museo (www.igme.es/museo) para el uso por parte de alumnos y profesores. Al incluir una parte teórica y las referencias a vitrinas concretas en las que se exponen muestras de fósiles o minerales y rocas, relacionadas con cada evento, la actividad incluso puede ser desarrollada por cualquier tipo de visitante, teniendo en cuenta que no tienen por qué responder a los cuestionarios posteriores, y que tan solo puede servir como una guía para una visita temática al museo. En futuros trabajos será interesante evaluar la valoración que hacen los profesores y alumnos, así como otros visitantes de estas fichas, contemplándose la posibilidad de modificar, adaptar o ampliar esta propuesta en el futuro.

Bibliografía

Castilla, G., Fesharaki, O., Hernández Fernández, M., Montesinos, R., Cuevas-González, J. y López-Martínez, N. 2006. Experiencias educativas en el yacimiento paleontológico de Somosaguas (Pozuelo de Alarcón, Madrid). Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 14.3: 265-270.

Fesharaki, O., Taboada-Trujols, I. y Sánchez-Pastor, N. 2019. Biominerales del cuerpo humano: propuesta interdisciplinar para la Biología y Geología de Bachillerato. Revista de la Sociedad Geológica de España, 32 (1): 65-78.

González Blázquez, J. 2018. Propuesta de itinerarios divulgativos por la exposición permanente del Museo Geominero. Revista de la Sociedad Española de Historia Natural, Sección: Aula, Museos y Colecciones, 5: 99-112.

Pedrinaci, E., Alcalde, S., Alfaro, P., Barrera, J.L., Belmonte, Á., Brusi, D., Calonge, A., Cardona, V., Crespo, A., Feixas, J.C., Fernández-Martínez, E.M., González-Díez, A., Jiménez-Millán, J., López-Ruiz, J., Mata-Perelló, J.M., Pascual, J.A., Quintanilla, L., Rábano, I., Rebollo, L., Rodrigo, A. y Roquero, E. 2013. Alfabetización en Ciencias de la Tierra. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 21.2: 117-129.

Rodrigo, A. 2013. Enseñar a mirar: la función social de los museos de Historia Natural. Memorias R. Soc. Esp. Hist. Nat., 2ª ép., 11: 99-113.

Rodrigo, A. 2015. Recursos didácticos del Museo Geominero: hacia una alfabetización en Ciencias de la Tierra. Revista de Museología, 64: 31-43.

Rodrigo, A. 2017. Actividades para público con diversidad funcional en el Museo Geominero (IGME). Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Secc. Aula, Museos y Colecciones, 4: 21-28.

Rodrigo, A., Lozano Fernández, R.P. y Baeza Chico, E. 2008. Talleres didácticos en el Museo Geominero (IGME, Madrid): identificación de fósiles, minerales y rocas. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 16.1: 92-98.

Rodríguez-Pérez, E., Romero-Nieto, D. y Fesharaki, O. 2014. Gymkhana geourbana como método didáctico y de motivación de estudiantes de geología. Reduca (Geología), 6(1): 1-25.

Rodríguez Pérez, E., Romero-Nieto, D. y Fesharaki, O. 2015. Evaluación de competencias previas y adquiridas tras la realización de una gymkhana urbana en Madrid por alumnos de Grado en Geología. En: Current Trends in Paleontology and Evolution (L. Domingo, M.S. Domingo, O. Fesharaki, B.A. García Yelo, A.R. Gómez Cano, V. Hernández-Ballarín, D. Hontecillas, J.L. Cantalapiedra, P. López Guerrero, A. Oliver, J. Pelegrín, M. Pérez de los Ríos, M. Ríos, O. Sanisidro y A. Valenciano, Eds.): 219-228.

Sánchez-Fontela, N., Berrocal-Casero, M., Fesharaki, O., García-Frank, A. y Rodrigo, A. 2017. Paleontología de in-

vertebrados y reconstrucción de mapas paleogeográficos para alumnos con diversidad funcional en el Museo Geominero. En: Libro de Resúmenes de la XXII Bienal de la Real Sociedad Española de Historia Natural: Los Mapas de la Naturaleza (A. Baratas Díaz, F. Barroso-Barcenilla y P. Callapez Tonicher, Eds.): 386-387.

VERTEBRADOS DEL NEÓGENO DE LA PROVINCIA DE LEÓN: UN PATRIMONIO OLVIDADO

D. Fidalgo Casares, E. Fernández Martínez & R. Castaño de Luis

Área de Paleontología. Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales. Campus de Vegazana s/n. Universidad de León. 24071 León.
dfidac01@estudiantes.unileon.es,
e.fernandez@unileon.es,
rodrigocastdeluis@hotmail.com

Introducción

Aproximadamente el 50% de la provincia de León está constituida por materiales del Cenozoico (principalmente Mioceno, Pleistoceno y Holoceno) pertenecientes a la cuenca del Duero-Almanzán. Esta extensión representa el 15% de dicha cuenca, comprendiendo los materiales cenozoicos situados más al NW de la Península Ibérica. A pesar de lo característico de su localización y de su amplitud, la mayoría de los hallazgos no están bien documentados desde el punto de vista geológico ni paleontológico y, en muchos casos, geográfico. Una excepción la constituye el cráneo de *Diaceratherium sp.* estudiado por Sanisidro y Gutiérrez-Marco (2016). Además, y como ya destacaran Cuesta y Morales (1999), el análisis de estos fósiles como integrantes del patrimonio paleontológico es casi inexistente en toda la comunidad de Castilla y León. Sin embargo, sí existen citas de fósiles de vertebrados en la literatura, especialmente de la segunda mitad del siglo XIX y la primera del siglo XX (Portero et al., 1982), que merecen la pena ser tenidas en cuenta.

Este trabajo presenta los resultados del estudio de los vertebrados del Neógeno hallados en la provincia de León.

Metodología

El análisis realizado ha consistido en una búsqueda y revisión bibliográfica de las citas, incluyendo la localización, con la mayor precisión posible, de sus yacimientos y del depósito actual de los fósiles. Con los datos obtenidos, se ha procedido a la visita de algunos de los yacimientos referenciados y a la localización actual del material. El resultado final incluye un registro actualizado desde el punto de vista geográfico, cronológico y taxonómico tanto del material histórico como de algunos nuevos hallazgos.

La metodología utilizada para la revisión biblio-

gráfica ha sido la de una investigación histórica básica: recopilación de citas, análisis de las referencias, consultas a conservadores de museos y colecciones actuales, así como a personas que han realizado los hallazgos, gestores del patrimonio histórico y a particulares que conservan alguno de los ejemplares. Esta revisión ha partido de la realizada por Portero et al. (1982) y de los trabajos para la elaboración de la cartografía geológica de la provincia (serie MAGNA) realizados por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME).

La localización de los hallazgos a partir de la bibliografía se ha complementado con prospecciones superficiales de varias localidades. En algunas de ellas se han recolectado nuevos ejemplares, permitiendo reforzar las referencias a elementos fósiles en estos yacimientos paleontológicos potenciales.

El depósito actual de los ejemplares se ha determinado a partir de datos bibliográficos y museográficos, realizando anotaciones y fotografías de los mismos con el fin de contrastar las piezas con las referenciadas en las citas.

Los nuevos ejemplares que han sido obtenidos durante este trabajo se encuentran depositados en el Área de Paleontología de la Universidad de León, en cuyo laboratorio se están realizando los trabajos de conservación y estudio diagnóstico de los caracteres.

Resultados

Los resultados obtenidos se pueden clasificar en varios apartados.

Revisión bibliográfica

La revisión bibliográfica y las consultas realizadas han permitido detectar 13 referencias en publicaciones desde el año 1850 al 2015. A mayores, se han encontrado citas en 4 Hojas del Mapa geológico de España (serie MAGNA, hojas 162, 163, 196 y 271), en un informe interno de la Consejería de Cultura de la Junta de Castilla y León (24-230-002-01) y en el Museo de León. El principal problema afrontado en esta tarea ha sido desentrañar la maraña de citas de elementos previamente publicados pero que aparecen sin una correcta referenciación en trabajos recopilatorios posteriores. El resultado de la revisión realizada ha permitido evitar la multiplicación de ejemplares y yacimientos, estableciendo las citas originales de cada material y eliminando las citas en recopilaciones posteriores.

Revisión de la localidad original

Los fósiles de vertebrados del Neógeno revisados proceden de 24 localidades, aunque en algunos de estos trabajos la ubicación de los hallazgos no aparece precisada. En 9 de estas localidades se han realizado prospecciones para este trabajo, localizándose nuevo material en 2 de ellas, aunque, de momento, no es posible hacer un diagnóstico de los mismos.

Depósito actual del material

En cuanto al depósito actual de los ejemplares, no todos han podido ser ubicados. A grandes rasgos, se han localizado fósiles en dos colecciones en la ciudad de Madrid (Museo Geominero, Museo Nacional de Ciencias Naturales), que conforman un total de 28 piezas con código de registro en sus colecciones, dándose por perdidos aquellos elementos en posesión de particulares no identificados o de instituciones que no continúan en la actualidad. En cualquier caso, a excepción del molar de posible *Gomphotherium* depositado en el Museo de León y de aquellos nuevos hallazgos (depositados en el Área de Paleontología de la Universidad de León o custodiados por particulares debidamente identificados), ninguno de los fósiles de vertebrados neógenos de la provincia de León continúa en la comunidad autónoma de ori-

gen.

Actualización sistemática

La mayoría de los fósiles revisados consisten en dentición y huesos de gran tamaño junto a fragmentos de caparazones. En el caso de los hallazgos incluidos en los mapas geológicos, el material citado incluye también fragmentos indeterminados.

La identificación sistemática previa y la posterior actualización de los ejemplares ha permitido reconocer los siguientes taxones: 13 ejemplares asignados a *Gomphotherium angustidens* (Cuvier, 1817), 1 ejemplar asignado a *Tetralophodon longirostris* (Kaup, 1832), 1 ejemplar asignado a *Zygolophodon turicensis* (Schinz, 1824), 1 ejemplar asignado a *Deinotherium giganteum* Kaup, 1829 y 4 ejemplares asignados a la familia Gomphotheriidae, sin determinación más precisa. 1 ejemplar asignado a *Palaeoplatyceros hispanicus* Hernández-Pacheco, 1914, 1 ejemplar asignado a *Micromeryx* sp. y 1 ejemplar asignado a la familia Cervidae sin determinación más precisa. 1 ejemplar asignado a *Lartetotherium sansaniense* (Lartet, 1837), 1 ejemplar asignado a *Diaceratherium* sp. y 3 ejemplares asignados a la familia Rhinocerontidae, sin determinación más precias. 1 ejemplar asignado a *Hyaena* sp. 2 ejemplares asignados al orden Testudines sin determinación más precisa. 1 ejemplar históricamente asignado a la dudosa especie *Crocodylus legionensis* Gago Rabanal, 1910.

7 elementos no han podido asignarse a ningún taxón con más precisión que Vertebrata.

Discusión y conclusiones

Los resultados del análisis realizado indican que el registro de mamíferos del Neógeno de la provincia de León no es cuantitativamente importante y está poco documentado. Este hecho puede ser debido a varias causas, tanto geológicas como sociales, incluyendo características del ambiente sedimentario, el carácter extensivo de los yacimientos, la ausencia de estudios detallados, la ocupación del terreno agrícola y los históricos comportamientos prejuiciosos ante hallazgos de elementos de interés.

No obstante, es precisamente el hecho de que no tengamos un registro abundante lo que aporta un valor añadido a los ejemplares que han conseguido conservarse a lo largo de las últimas décadas. Es en estas circunstancias en las que mejor se aprecia el importantísimo papel jugado por los museos y colecciones que preservan los ejemplares. Pero no menos importante es trabajar para que estos fósiles puedan ser estudiados y valorizados, extrayendo el conocimiento científico que pueden aportarnos y favoreciendo su conocimiento entre las poblaciones autóctonas. Son precisamente estas personas las que, en las circunstancias descritas, tienen una mayor probabilidad de realizar nuevos hallazgos. Pero son también las que, en estos momentos de valorización del patrimonio natural en el mundo rural, pueden beneficiarse de los mismos.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Julio Vidal (Junta de Castilla y León), Silvia Menéndez (IGME), Susana Fraile (MNCN) y los conservadores del Museo de León la ayuda prestada en la realización de este estudio. Este trabajo es una aportación al Proyecto LE169G18, financiado por la Junta de Castilla y León.

Bibliografía

Cuesta, M. A., y Morales, J. (1999). Paleontología de mamíferos terciarios en Castilla y León: desarrollo histórico y estado actual. *Temas Geológico Mineros, XV Jornadas de Paleontología, 26*(1), 78-82.

Portero, J. M., Del Olmo, P., Ramírez, J., y Vargas, I. (1982).

Síntesis del Terciario continental de la Cuenca del Duero. *Temas Geológico Mineros, 1ª Reunión Sobre La Geología de La Cuenca Del Duero: Salamanca 1979, 6*(1), 11–37.

Sanisidro, O., y Gutiérrez-Marco, J. (2016). A Miocene Rhinocerotidae from El Bierzo Basin (León Province, northwestern Spain). En O. Sanisidro, *Taxonomía, ecología y evolución de los rinocerontes (Rhinocerotidae, Perissodactyla) del Mioceno de la Península Ibérica* (tesis doctoral) (pp. 105-119). Madrid, Universidad Autónoma de Madrid, España.

CONVERGENCIA MORFOLÓGICA Y DISPARIDAD FUNCIONAL EN VERTEBRAOS SINÁPSIDOS CON CANINOS EN FORMA DE SABLE

B. Figueirido[1] & S. Lautenschlager[2]

1 Departamento de Ecología y Geología, Facultad de Ciencias, Universidad de Málaga (Spain)

2 School of Geography, Earth and Environmental Sciences, University of Birmingham, Edgebaston, Birmingham B15 2TT, UK

La reconstrucción del comportamiento predador en mamíferos con caninos en forma de sable, séase largos y estrechos mediolateralmente, es un tema muy debatido en paleobiología, a menudo sujeto a una gran imaginación popular y especulación académica (Simpson 1941).

Caninos con forma de sable han aparecido al menos cinco veces a lo largo de la evolución de los vertebrados sinápsidos con una distribución prácticamente global en Norteamérica, Europa, África y Asia, dominando muchos ecosistemas terrestres durante el Pérmico y el Cenozoico (Averianov et al. 2016). Aunque las primeras formas depredadoras en desarrollar caninos hipertélicos fueron los gorgonópsidos del Pérmico (Van Valkenburgh & Jenkins 2002), en la clase Mammalia han aparecido iterativamente a lo largo del Cenozoico, tanto en metaterios (Thylacosmilidae; Sparassodonta; Borhyaenoidea) como en euterios. Los euterios con caninos en forma de sable pertenecen a los ordenes Oxyaenida y Carnivora, y en estos últimos han aparecido independientemente en las familias Nimravidae, Barburofelidae y Felidae (v.g., Emerson & Radinsky 1980).

Aparte de sus caninos hipertélicos, varios caracteres morfo-funcionales se reconocen en casi todas las especies, como son: un neurocráneo rotado dorsalmente y acortado antero-posteriormente, un proceso coronoides mandibular reducido, incisivos proyectados anteriormente y una fosa glenoidea baja (Emerson & Radinksy, 1980; Antón et al. 2004; Turner et al. 2011). Tales modificaciones osteológicas debieron resultar en cambios tanto en el tamaño como en la orientación de los músculos aductores de la mandíbula con el fin de poder acomodar un mayor grado de estiramiento de sus fibras, lo que permitiría una mayor apertura bucal. Esto se refleja aún más en el cráneo, pues las áreas de origen de los músculos masetero y temporal son más pequeñas y están dispuestas más verticalmente (Emerson & Radinksy, 1980). La fuerza de mordida resultante, relativamente más débil, se

compensaría parcialmente por un brazo de resistencia a la fuerza de mordida más corto, lo que se produce por una distancia acortada entre la articulación de la mandíbula y la dentición. Las formas con caninos en forma de sable también poseen un gran proceso mastoideo, región de inserción de los músculos involucrados en el descenso del cráneo, de lo que se deduce su mayor fuerza y rapidez en realizar esta acción en comparación con los félidos actuales con caninos cónicos convencionales (Antón et al. 2004; Salesa et al. 2005).

La ausencia de análogos vivientes ha dificultado las inferencias sobre el comportamiento de los "dientes de sable" para dar muerte a sus presas. Esta temática ha dado lugar a una gran cantidad de literatura con una gran diversidad de opiniones por parte de los especialistas sobre cómo cazaban los depredadores con caninos en forma de sable. La mayoría de estudios se han centrado principalmente en especies muy derivadas dentro de cada grupo y es de destacar al félido macairodontino del Pleistoceno de Norteamérica, *Smilodon fatalis,* pues esta especie icónica de la "Edad del hielo" ha acaparado la atención de los investigadores durante décadas (Werdelin 2018). Tanto es así que se han propuesto modos de vida de lo más variopintos para el mal conocido "trigre de dientes de sable", como son el modo de vida hematófago propuesto por Matthew (1901) y por Merrian & Stock (1932), el carroñero propuesto por Bohlin (1940, 1947), o incluso el de infringir un neumotórax en sus presas como el propuesto por Wilson et al. (2013). Sus técnicas de ataque también han sido sujetas a discusión, pues distintas hipótesis se han propuesto para el método usado por *Smilodon* para cazar a sus presas, las cuales podrían clasificarse como: (i) aquellas basadas en un apuñalamiento puro o "stabbing" (Mathew 1901, 1910; Scott and Jepsen 1936; Simpson 1941; Kurtén 1968; Miller 1969; Schultz et al. 1970; Martin, 1980); (ii) las basadas en apuñalar y rasgar hacia atrás o "pulling-back" (Warren 1853, Brandes 1900); y (iii) las basadas en, simplemente, cortar la piel de la presas sin apuñalar, conocido en la literarura como "slicing" (Weber 1904; Marinelli 1938; Bohlin 1940). La más aceptada en la actualidad es la conocida como la hipótesis de "shearbite" propuesta por Akersten (1985) en la cual, el mordisco de muerte se vería acometido por los músculos depresores del cráneo, particularmente los atlanto-mastoideos, los cuales ayudarían a penetrar los caninos sobre una sección convexa del cuerpo de la presa, como el cuello, o según Akersten (1985) el vientre, apoyando la mandíbula en una posición fija a modo de ancla en la presa.

Sin embargo, el problema radica en que este comportamiento predador propuesto por Akersten (1985) para *Smilodon* se extiende a otros depredadores con caninos hipertélicos. De hecho, aunque se han reconocido distintos "ecotipos" como los mal conocidos modelos "cimitarra" y "sable" (Kurtén 1968; Akersten 1985) con diferentes estrategias de caza (Figueirido et al. 2018) la aparición iterativa de especies con caninos hipertélicos en grupos filogenéticamente no relacionados y separados por hasta 200 millones de años siempre se ha explicado como una adaptación para dar muerte a presas de gran porte -i.e., megaherbívoros- de forma rápida y eficaz (Van Valkeburgh 2007; Meachen-Samuels & Van Valkenburgh 2010; Andersson et al. 2011). Sin embargo, la convergencia morfológica puede no ser indicativa de convergencia funcional (v.g., Lautenschlager et al., 2016), lo cual plantea la posibilidad de que los "dientes de sable" presentan una mayor disparidad funcional de lo sospechado.

En este trabajo se plantea la hipótesis de que la convergencia morfológica en los distintos vertebrados con dientes de sable es más el resultado de su necesidad de tener una amplia apertura bucal impuesta por la presencia de caninos hipertélicos, que el de tener la misma estrategia de caza. Así, la presencia de dichos caninos conllevaría una serie de modificaciones craneales similares en todas las

formas con caninos hipertélicos, las cuales estarían enmascarando la disparidad funcional real en los distintos grupos predadores de megaherbívoros.

Con este objetivo se utilizan un conjunto de simulaciones biomecánicas a partir de modelos craneales en tres dimensiones y se analizan características funcionales clave como son el ángulo de apertura bucal, la resistencia al estrés dorso-ventral mandibular y la fuerza de mordida en distintos vertebrados sinápsidos con caninos en forma de sable, desde gorgonópsidos hasta macairodotinos. Los resultados preliminares obtenidos indican una disparidad funcional notablemente alta entre las especies con dientes de sable, en gran medida enmascaradas por su similitud morfológica superficial. Además, se evidencian tendencias biomecánicas opuestas en algunos linajes de dientes de sable que se discuten en función de sus diferentes modos de vida potenciales.

Bibliografía

Andersson, K., Norman, D., Werdelin, L., 2011. Sabretoothed carnivores and the killing of large prey. PLoS One 6, e24971.

Anton, M., Salesa, M. J., Morales, J., & Turner, A. (2004). First known complete skulls of the scimitar-toothed cat Machairodus aphanistus (Felidae, Carnivora) from the Spanish late Miocene site of Batallones-1. Journal of Vertebrate Paleontology, 24(4), 957-969.

Akersten,W.A., (1985). Canine function in Smilodon (Mammalia; Felidae; Machairodontinae). Contributions to Science of the Natural History Museum Los Angeles. 356, 1–22.

Averianov, A., Obraztsova, E., Danilov, I., Skutschas, P., & Jin, J. (2016). First nimravid skull from Asia. Scientific Reports, 6, 25812.

Bohlin, B. 1940. Food habit of the machaerodonts, with special iegard to Smilodon. Bull. Geol. Inist. Upsala, XXVIII, pp. 156-174. (Best bibliogiraphy of subject, 45 titles.)

Brandes, G. (1900). Uber einie Ursache des Aussteirbens einiger diluvialer Sdugethiere." Corr.blatt Deutsch. Ges. Anithriop., XXXI, pp. 103-107.

Emerson, S. B. & Radinsky, L. B. (1980) Functional analysis of sabertooth cranial morphology. Paleobiology 6, 295–312.

Figueirido, B., Lautenschlager, S., Pérez-Ramos, A., & Van Valkenburgh, B. (2018). Distinct Predatory Behaviors in Scimitar-and Dirk-Toothed Sabertooth Cats. Current Biology, 28, 3260-3266.

Kurten, B. (1968). Pleistocene mammals of Europe. Routledge.

Lautenschlager, S., Brassey, C. A., Button, D. J., & Barrett, P. M. (2016). Decoupled form and function in disparate herbivorous dinosaur clades. Scientific Reports, 6, 26495.

Marinelli, W. (1938). "DCi Schiidel voIn Smilodon, nach der Fuiiktion des Kieferapparates anialysiert." Palaeobiol., VI., pp. 246-272.

Martin, L. D. (1980). Functional morphology and the evolution of cats. Transactions of the Nebraska Academy of Sciences and Affiliated Societies. 287.

Matthew, W.D. (1901). Fossil mammitnals of the Tertiary of northeastern i Colotrado." Mem. Amer. Mus. Nat. Hist., I, pp. 355-448.

Matthew, W.D. (1910). "The phylogeny of the Felidac." Bull. Amer. Mus. Nat. Hist., XXVIII, pp. 289-3 16.

Meachen-Samuels, J.A., Van Valkenburgh, B., 2010. Radiographs reveal exceptional forelimb strength in the sabertooth cat, Smilodon fatalis. PLoS One 5 (7), e11412.

Merriam, J. C., and Stock, C. 1932. "The Felidae of Raincho La Brea." Carinegic Inist. Washinigtoin, Pub. No. 422.

Miller, G. J. (1969). A new hypothesis to explain the method of food ingestion used by Smilodon californicus Bovard. Tebiwa, 12(1):9-19.

Salesa, M. J., Anton, M., Turner, A., & Morales, J. (2005). Aspects of the functional morphology in the cranial and cervical skeleton of the sabre-toothed cat *Paramachairodus ogygia* (Kaup, 1832) (Felidae, Machairodontinae) from the Late Miocene of Spain: implications for the origins of the machairodont killing bite. Zoological Journal of the Linnean Society, 144(3), 363-377.

Scott, W. B., and Jepsen, G. L. 1936. "The imiainmalian faunia of the WhiteRiver Oligoeene Part I. Insectivora and Carnivora." Tirails. Amer. Phlil. Soc., N.S., XXVIII, pp. 1-153.

Schultz, C. B., and L. D. Martin. (1970). Machairodont cats from the Early Pleistocene Broadwater and Lisco local faunas. Bulletin of the University of Nebraska State Museum, 9(2):1-36.

Simpson, G. G. (1941). The function of saber-like canines in carnivorous mammals. American Museum of Natural History. Nº 1130:1-12.

Turner, A., Antón, M., Salesa, M. J., & Morales, J. (2011). Changing ideas about the evolution and functional morphology of Machairodontine felids. Estudios Geológicos, 67(2), 255-276.

Van Valkenburgh, B., Jenkins I (2002) Evolutionary patterns in the history of Permo-Triassic and Cenozoic synapsid predators. Paleontological Society Papers 8:267–288.

Van Valkenburgh, B. (2007). Déjà vu: the evolution of feeding morphologies in the Carnivora. Integrative and Comparative Biology, 47, 147-163.

Warren, J.C., (1853). Remarks on Felis Smylodon. Proceedings of the Boston Society of Natural History. IV, 256–258.

Weber, M. 1904. Die Saiugetiere. Jenia.

Werdelin, L., McDonald, H. G., & Shaw, C. A. (Eds.). (2018). Smilodon: The Iconic Sabertooth. JHU Press.

Wilson T, Wilson DE, Zimanske JM (2013) Pneumothorax as a predatory goal for the sabertooth cat (Smilodon fatalis). Open J Anim Sci 3, 42–45.

RESPUESTA DE LOS NANOFÓSILES CALCÁREOS AL EVENTO DE EXTINCIÓN MASIVA DEL LÍMITE TRIÁSICO/JURÁSICO EN LOS ALPES CALCÁREOS SEPTENTRIONALES (AUSTRIA)

A. Fraguas[1] & A.v. Hillebrandt[2]

1 Departamento de Geodinámica, Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, Avenida José Antonio Novais, 12, 28040, Madrid, arfragua@geo.ucm.es

2 Institut für Angewandte Geowissenschaften, Technische Universität, Straße des 17. Juni 135, 10623 Berlin, Germany, avh12041933@t-online.de

Introducción

Alrededor del límite Triásico/Jurásico tuvo lugar una de las cinco grandes extinciones masivas ocurridas en la historia de la Tierra. Esta se caracterizó por una intensa actividad volcánica de la Provincia Magmática del Atlántico Central (CAMP; Marzoli *et al.*, 2019), por rápidas fluctuaciones en el nivel del mar (Guex *et al.*, 2016) y por importantes perturbaciones en el ciclo global del Carbono (Zaffani *et al.*, 2018). Estas condiciones paleoambientales pudieron afectar en mayor o menor medida a los nanofósiles calcáreos y a su corta evolución y diversificación, ya que aparecieron por primera vez en el Carniense (Triásico Superior).

El objetivo principal de este trabajo es estudiar la respuesta de los nanofósiles calcáreos a este evento de extinción masiva, realizando un análisis semicuantitativo sobre los mismos en la sección compuesta de Spelaebach situada en los Alpes Calcáreos Septentrionales (Austria).

Material y Métodos

La sección compuesta de "Spelaebach" (Fig. 1) se encuentra en las cercanías de la localidad de Hallstatt en la cuenca de Hallstatt-Zlambach (Alpes Calcáreos Septentrionales, Austria).

Esta sección, que durante el intervalo temporal Retiense Superior – Hettangiense Inferior se encontraba en la plataforma externa Boreal conectada con el mar del Tethys, pertenece a la Formación Dürrnberg, está constituida principalmente por margas arcillosas y presenta un espesor total de aproximadamente 12 metros.

La primera aparición de la subespecie de ammonites *Psiloceras spelae tirolicum* ayuda a situar el límite Triásico/Jurásico con precisión. En la sección estudiada se ha encontrado una nueva subespecie de *P. spelae*, que podría ser un precursor de *P. spelae ti-*

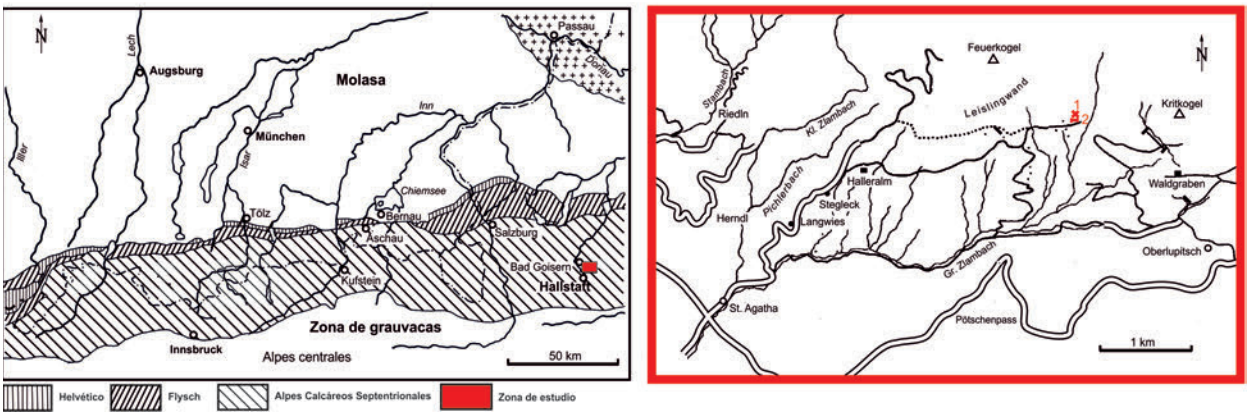

Figura 1. Mapa geológico de los Alpes y la zona de estudio marcada en rojo con la localización de la sección compuesta de "Spelaebach" (números 1 y 2 del mapa de la derecha).

rolicum, por debajo de dicho límite.

Se recogieron 22 muestras, intentando mantener un espaciado constante, 15 de las cuales corresponden al Retiense Superior y las otras 7 al Hettangiense Inferior. Se prepararon los frotis (*smear slides*) correspondientes a partir de las 22 muestras originales siguiendo la técnica estándar descrita por Bown y Young (1998) y para las observaciones bioestrátigráficas se realizaron análisis semicuantitativos, examinando hasta 2000 campos de visión por frotis con el fin de identificar especies raras o muy raras, bajo un microscopio óptico Leica DMLP (1250x aumentos) con una cámara Leica DFC420 acoplada.

Resultados

Considerando los cambios observados en las asociaciones de nanofósiles calcáreos, especialmente las primeras y últimas apariciones y los cambios bruscos en la abundancia relativa y en el tamaño de determinadas especies, se han identificado los nannobiohorizontes de la sección compuesta de "Spelaebach", calibrados respecto a las zonas y subzonas de ammonites (Figura 2).

Como se observa en la Fig. 2, *Schizosphaerella punctulata,* especie índice de la Zona de Nanofósiles Calcáreos NJ1 de Bown y Cooper (1998), está presente desde la muestra más antigua analizada hasta el techo de la sección, por lo que su primera aparición tendría lugar por debajo del límite Triásico/Jurásico, probablemente en el Retiense Superior, aunque su abundancia relativa aumentaría considerablemente durante el Hettangiense Inferior.

Sin embargo, se han identificado dos eventos de nanofósiles calcáreos, las últimas apariciones de *Prinsiosphaera triassica y Eoconusphaera zlambachensis*, que permitirían *situar* este límite con precisión. *Tetralithus cassianus, Hayococcus floralis* y otros nanofósiles identificados durante el Retiense Superior, no se encuentran en las muestras del Hettangiense, al contrario que *Crucirhabdus minutus*, cuya abundancia relativa aumenta hacia el techo de la sección.

Se observa una disminución de la talla de *P. triassica* y *de* las calcisferas por debajo del límite Triásico/Jurásico.

Discusión

En la sección compuesta de "Spelaebach", situada en la cuenca de Hallstatt-Zlambach, se han identificado asociaciones de nanofósiles calcáreos más diversas y abundantes que en la cuenca de Eiberg (Hillebrandt *et al.*, 2013), situada al NO en los Alpes

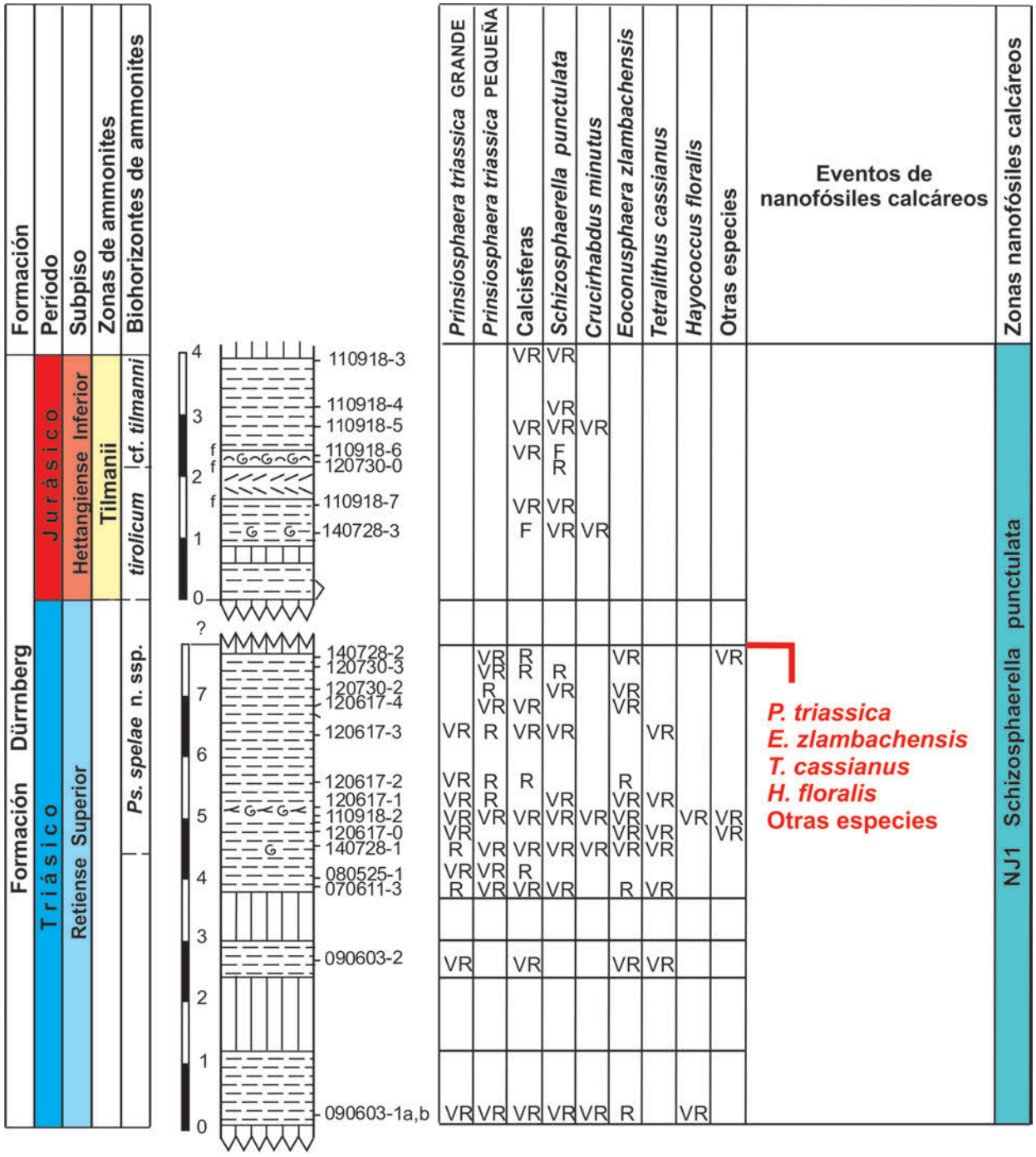

Figura 2. Columna estratigráfica de la sección compuesta de "Spelaebach" con las zonas y subzonas de ammonites, zonas de nanofósiles calcáreos, abundancias relativas de las especies de nanofósiles calcáreos identificadas y eventos de nanofósiles calcáreos. F = frecuente (1 espécimen por 11-20 campos de visión), R = raro (1 espécimen por 21-50 campos de visión), VR = muy raro (1 espécimen por > 51 campos de visión.

Calcáreos Septentrionales, reconociéndose otras especies además de *P. triassica, E. zlambachensis, C. minutus* y *S. punctulata*. Esta mayor diversidad podría explicarse teniendo en cuenta las condiciones paleoceanográficas ya que, mientras la cuenca de Eiberg estaba situada en la plataforma interna, la zona

de estudio se encontraba en la plataforma externa conectada con el Tethys a través del Océano Meliata.

Se ha observado además un cambio en la abundancia de las especies que dominan las asociaciones de nanofósiles, de *P. triassica* durante el Retiense Superior a *S. punctulata* y calcisferas alrededor de la transición Retiense/Hettangiense y en el Hettangiense Inferior. Hillebrandt *et al.* (2013) realizaron la misma observación en la cuenca de Eiberg. Probablemente, *S. punctulata y* las calcisferas ocuparon el nicho ecológico que *P. triassica* dejó libre tras la extinción masiva del límite Triásico/Jurásico.

Tal y como observaron Bottini *et al.* (2016) en los Alpes Calcáreos Meridionales, en la sección estudiada existe una notable reducción de tamaño de las calcisferas y *de P. triassica* alrededor del límite Triásico/Jurásico, además de la extinción de esta última especie, *T. cassianus, H. floralis* y otras especies triásicas de nanofósiles calcáreos coincidiendo con el evento de extinción masiva. De acuerdo con estos autores, la disminución en la abundancia y el tamaño de *P. triassica* fue el resultado de la combinación de cambios en la fertilidad de las aguas y la progresiva acidificación de los océanos como consecuencia del vulcanismo en la CAMP. La desaparición de los taxones triásicos coincidiría con el emplazamiento masivo de los basaltos de la CAMP que desencadenaron un cambio climático global y una importante perturbación en el ciclo del Carbono.

Conclusiones

El análisis semicuantitativo realizado sobre los nanofósiles calcáreos de 22 muestras del límite Triásico/Jurásico de la sección compuesta de "Spelaebach" (Alpes Calcáreos Septentrionales), ha permitido tener nuevos datos bioestratigráficos e inferir su respuesta al evento de extinción masiva ocurrido durante el intervalo temporal estudiado.

La especie índice de la Zona de Nanofósiles Calcáreos NJ1, *S. punctulata* está presente desde la primera muestra analizada, por lo que su aparición tendría lugar por debajo del límite Triásico/Jurásico. Las últimas apariciones de *P. triassica y E. zlambachensis* permitirían situar este límite con precisión.

Se observa una disminución en la talla de las calcisferas y *de P. triassica* por debajo del límite Triásico/Jurásico, además de la extinción de esta última especie, *T. cassianus, H. floralis* y otros nanofósiles triásicos, coincidiendo con el tránsito Retiense/Hettangiense.

De todo esto podríamos deducir que los nanofósiles calcáreos resultaron afectados por la crisis de biocalcificación vinculada a las perturbaciones paleoambientales registradas durante el intervalo temporal estudiado, marcado por una de las cinco grandes extinciones registradas en la historia de la Tierra.

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado gracias al Proyecto CGL2015-66604-R del Ministerio de Economía y Competitividad y al Grupo de investigación UCM: Procesos Bióticos Mesozoicos (PBM).

Bibliografía

Bottini C., Jadoul F., Rigo M., Zaffani M., Artoni C. y Erba E. 2016. Calcareous nannofossils at the Triassic/Jurassic boundary: stratigraphic and paleoceanographic characterization. Rivista Italiana de Paleontologia e Stratigrafia, 122, 141-164.

Bown P.R. y Cooper M.K.E. 1998. Jurassic. In: Bown, P.R. (ed.), Calcareous Nannofossil Biostratigraphy. Kluwer Academic, London, 86-131

.

Bown, P.R. y Young, J.R. 1998. Techniques. In: Bown, P.R. (ed.), Calcareous Nannofossil Biostratigraphy. Kluwer Academic, London, 16-28.

Guex, J., Pilet, S., Müntener, O., Bartolini, A., Spangenberg, J., Schoene, B., Sell, B. y Schaltegger, U. 2016. Thermal ero-

sion of cratonic lithosphere as a potential trigger for mass-extinction. Scientific Reports, 6. DOI: 10.1038/ srep23168.

Hillebrandt A.v., Krystyn L., Kürschner W.M., Bonis N.R., Ruhl M., Richoz S., Schobben M. A. N., Urlichs M., Bown P.R., Kment K., McRoberts C.A., Simms M. y Tomãsových A. 2013. The Global Stratotype Sections and Point (GSSP) for the base of the Jurassic System at Kuhjoch (Karwendel Mountains, Northern Calcareous Alps, Tyrol, Austria). Episodes, 36, 142-198.

Marzoli, A., Bertrand, H., Youbi, N., Callegaro, S., Merle, R., Reisberg, L., Chiaradia, M., Brownlee, S.I., Jourdan, F., Zanetti, A., Davies, J.H.F.L., Cuppone, T., Mahmoudi, A., Medina, F., Renne, Paul R., Bellieni, G., Crivellari, S., El Hachimi, H., Khalil Bensalah, M., Meyzen, C.M., Tegner, C. 2019. Journal of Petrology. DOI: 10.1093/petrology/egz021.

Zaffani, M., Jadoul, F., Rigo, M. 2018. A new Rhaetian δ 13 C org record: Carbon cycle disturbances, volcanism, End-Triassic mass Extinction (ETE). Earth-Science Reviews, 178. DOI: 10.1016/j.earscirev.2018.01.004.

LUGARES DE INTERÉS PALEONTOLÓGICO DE LA CUENCA DE BAZA (CORDILLERAS BÉTICAS, ESPAÑA)

J.M. García-Aguilar[1], A. Guerra-Merchán[1], P. Palmqvist[1], B. Martínez-Navarro[2,3,4], A. Granados[1], M.P. Espigares[1] & S. Ros-Montoya[1]

1 Dpto. de Ecología y Geología, Universidad de Málaga, Campus de Teatinos, 29071 Málaga, Spain

2 IPHES, Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social, C/ Marcel.lí Domingo s/n, Campus Sescelades, Edifici W3, 43007 Tarragona, Spain

3 Area de Prehistoria, Universitat Rovira i Virgili (URV), Avda. Catalunya 35,43002 Tarragona, Spain

4 ICREA, Pg. Lluís Companys 23, 08010 Barcelona, Spain

Introducción

El patrimonio paleontológico se define como *el conjunto de restos directos o indirectos de organismos, resultado de su actividad biológica, que se han conservado en el registro geológico y al cual se le ha asignado un valor científico, didáctico o cultural* (Morales, 1996; Morales *et al.*, 2002; Carcavilla *et al.*, 2007 y 2014). El patrimonio paleontológico está formado por lugares de interés paleontológico (LIP), que exponen un contenido fósil singular o son el registro de una paleogeografía o un paleoambiente que muestra la evolución geológica regional. La vulnerabilidad y los factores de riesgo (erosión, obras públicas, expolios, etc.) que afectan al patrimonio paleontológico suelen ser mayores que las de otros elementos del patrimonio geológico. Por ello, su puesta en valor tiene como objetivo promover su conservación y protección, divulgando el conocimiento científico para su uso y disfrute por toda la sociedad. Un dato sobre la relevancia del patrimonio paleontológico en el contexto del patrimonio geológico es que un 30% de los 142 geosites catalogados en España bajo 10 temáticas geológicas distintas, dentro del proyecto *Global Geosites* (Carcavilla y Palacio, 2010), son de tipo paleontológico (García-Aguilar *et al.*, 2018). Asimismo, de los más de 3.000 lugares de interés geológico catalogados en España (IGME, 2017), casi un 17% lo son de interés paleontológico. Otro dato al respecto aparece en la catalogación de 655 puntos de interés geológico llevada a cabo en Andalucía (Junta de Andalucía, 2011), de los cuales, un 11% corresponden a lugares de interés paleontológico.

En la cuenca sedimentaria de Baza (Sur de España, Fig. 1) se han descrito casi un centenar de yacimientos paleontológicos de edad Plio-Pleistoceno (Alberdi y Bonadonna, 1989; Sesé y Sevilla, 1996; Sesé, 2006; Ros-Montoya *et al.*, 2010; Maldonado-Garrido *et al.* 2017), muchos de los cuales muestran fósiles de macrovertebrados y, en tres de ellos (Barranco León y Fuente Nueva-3 -1,4 Ma- y Cúllar-Baza -0,7 Ma-), evidencias de actividad

humana, encontrándose los dos primeros entre los más antiguos descritos en Europa occidental (Toro *et al.*, 2013; Espigares *et al.*, 2013). Esta singularidad paleontológica hace de la cuenca de Baza una región con un extenso y variado patrimonio paleontológico, el cual merece contar con su adecuada catalogación, gestión y puesta en valor de cara al desarrollo social y cultural de la comarca en la que se ubican. Contribuir a estas propuestas constituye el objetivo principal de esta comunicación.

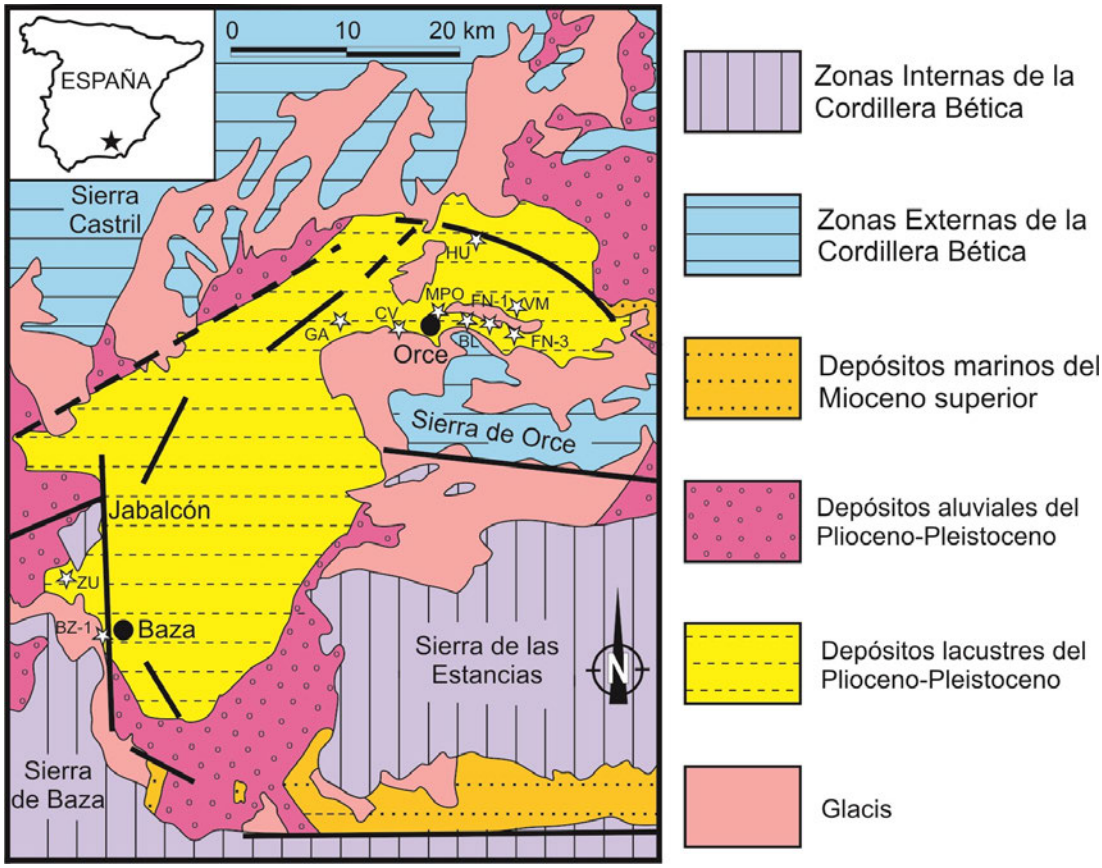

Figura 1. Contexto geológico de la cuenca de Baza y ubicación de sus puntos de interés paleontológico según el código que figura en la Tabla 1.

Contexto geológico

La cuenca de Baza presenta un registro sedimentario y paleontológico único a escala europea. Con unos 750 km^2 de extensión, expone un espesor sedimentario cercano a 500 m de facies plio-pleistocenas originadas en una gran variedad de medios lacustres y aluviales, con excelentes afloramientos. Esta cuenca forma parte del conjunto de cuencas intramontañosas neógenas de la Cordillera Bética, en conexión cartográfica con las cuencas de Guadix al Oeste, el Corredor del Almanzora al Sureste y Chirivel al Noreste. Expone dos grandes conjuntos sedimentarios: uno de origen marino y edad Mioceno superior y otro continental fluvio-lacustre de edad Turoliense-Pleistoceno, dividido a su vez en varias unidades tectosedimentarias (García-Aguilar y Martín, 2000; Fig. 1). Este relleno sedimentario resulta especialmente pródigo en yacimientos fósiles durante el Plioceno superior y el Villafranquiense medio y superior, etapas caracterizadas por sedimentos originados en ambientes lacustres carbonatados y, en menor medida, fluviales de facies lutítico-arenosas, afectados en

todos los casos por un intenso dinamismo tectónico, que habrían marcado el desarrollo de los antiguos ecosistemas de la cuenca, según un modelo equiparable a las actuales sabanas africanas (Mendoza *et al.*, 2005).

Lugares de interés paleontológico, características y distribución

La catalogación de lugares de interés geológico llevada a cabo por el IGME y la Junta de Andalucía (*op. cit.*) en la cuenca de Baza incluye seis de interés paleontológico principal. No obstante, estos lugares se pueden ampliar hasta once a tenor de los nuevos datos obtenidos (Tabla 1, Fig. 1).

Aplicaciones educativas y turísticas

El patrimonio paleontológico de la cuenca de Baza se puede considerar de interés a escala europea, tanto por su variedad como por su entorno sedimentario, tectónico y geomorfológico, a lo que se une un contexto cultural único que complementa a dicho patrimonio natural, como son los yacimientos arqueológicos íberos de Túgi (Galera, s. VII-III a.C.) e ibero-romanos de Basti (Baza, s. IV a.C.-II d.C.), las casas-cueva troglodita (Benamaurel, Orce, Galera, Baza…), monumentos como la Catedral de Baza (s. XVI) y el Castillo de Orce (época nazarí) o los variados elementos etnográficos de la zona. A este contexto cultural cabe añadir un gran potencial como laboratorio de actividades formativas y de investigación para distintos niveles y contextos educativos, como las rutas y visitas guiadas, talleres, prospecciones, etc., así como actividades deportivas de bajo impacto ambiental. En definitiva, el patrimonio paleontológico de la cuenca de Baza, unido a

Tabla 1. LIP de la cuenca de Baza. (*): según IGME (2017) y Junta de Andalucía (2011).

Código (*)	LIP, sigla y edad	Otras temáticas que incluye	Observaciones
GR-023 Geosite VP019	Yacimiento paleontológico Cúllar-Baza 1 (**CB-1**). 0,7 Ma	Sedimentología, Estratigrafía	Restos de actividad humana
AND-331 Geosite VP016	Yacimiento paleontológico Barranco-León (**BL**). 1,4-1,3 Ma	Sedimentología, Estratigrafía, Geomorfología	Restos de actividad humana
AND-332 Geosite VP017	Yacimiento paleontológico Fuente Nueva-3 (**FN-3**). 1,4-1,3 Ma	Sedimentología, Estratigrafía	Restos de actividad humana
AND-333 Geosite VP015	Yacimiento paleontológico Venta Micena (**VM**). 1,6-1,5 Ma	Sedimentología, Estratigrafía	Evidencias de hidrotermalismo. Abundantes restos de vertebrados
GR-022 Geosite VP018	Yacimientos paleontológicos de Huéscar (**HU**). MN15-MmQ3	Estratigrafía, Sedimentología, Tectónica	Numerosos yacimientos de distinta edad
AND-317	Yacimientos paleontológicos de la serie de Zújar (**ZU**). MN15-MN17	Sedimentología, Estratigrafía, Tectónica	Numerosos yacimientos de distinta edad
No catalogado	Yacimiento paleontológico Baza-1 (**BZ-1**). 4,5-4,0 Ma	Estratigrafía, Sedimentología, Tectónica	Gran influencia tectónica (slumpings)
No catalogado	Yacimientos paleontológicos de la serie de Galera (**GA**). MN15-MN17	Estratigrafía, Sedimentología, Tectónica	Numerosos yacimientos de distinta edad
No catalogado	Yacimiento paleontológico Fuente Nueva-1 (**FN-1**). 2,2 Ma	Estratigrafía, Sedimentología, Tectónica	Evidencias de hidrotermalismo
No catalogado	Yacimientos paleontológicos de Cañada de Vélez-Oeste (**CV**). MN15-MmQ2	Estratigrafía, Sedimentología, Geomorfología	Numerosos yacimientos de distinta edad
No catalogado	Museo Paleontológico de Orce (**MPO**).	Didáctica, Turística	Dispone de visitas guiadas

su marco cultural y natural, merece contar con una adecuada gestión y puesta en valor como elemento de desarrollo de esta comarca, una de las de menor renta per cápita de España y en claro riesgo de despoblación.

Bibliografía

Alberdi, M.T. y Bonadonna, F.P. (*Eds.)* 1989. Geología y Paleontología de la cuenca de Guadix-Baza. Trabajos sobre el Neógeno Cuaternario. Museo Nacional Ciencias Naturales 11, 355 pp.

Carcavilla, L., López-Martínez, J. y Durán, J. J. 2007. Patrimonio geológico y geodiversidad: investigación, conservación, gestión y relación con los espacios naturales protegidos. Instituto Geológico y Minero de España, Serie Cuadernos del Museo Geominero, 7, 360 pp.

Carcavilla, L. y Palacio, J. 2010. Geosites, aportación española al patrimonio geológico mundial. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid, 231 pp.

Carcavilla, L., Delvene, G., Díaz-Martínez, E., García Cortés, A., Lozano, G., Rábano, I., Sánchez, A. y Vegas, J. 2014. Geodiversidad y patrimonio geológico. Instituto Geológico y Minero de España. Documento en línea: file:///C:/Users/User/AppData/Local/Temp/FolletoPatrimonio_Nov2014-1.pdf.

Espigares, M.P., Martínez-Navarro, B., Palmqvist, P., Ros-Montoya, S., Toro, I., Agustí, J. y Sala, R. 2013. Homo vs. Pachycrocuta: Earliest evidence of competition for an elephant carcass between scavengers at Fuente Nueva-3 (Orce, Spain). Quaternary International 295, 113-125.

García-Aguilar, J. M. y Martín, J. M. 2000. Late Neogene to recent continental history and evolution of Guadix-Baza basin (SE Spain). Revista de la Sociedad Geológica de España 13, 65-77.

García-Aguilar, J.M., Guerra-Merchán, A., Ros-Montoya, S., Espigares, P. y Palmqvist, P. 2018. Condicionantes geológicos en la conservación del patrimonio paleontológico. Revista PH. Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico 94, 28-63.

IGME 2017. Inventario español de lugares de interés geológico. Instituto Geológico y Minero de España. Documento en línea: http://info.igme.es/ielig.

Junta de Andalucía 2011. Estrategia Andaluza de gestión Integrada de la Geodiversidad. Consejería de Medio Ambiente. Sevilla. Documento en línea: http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal_web/servicios_generales/doc_tecnicos/2011/estrategia_andaluza_geodiversidad/estrategia_andaluza_geodiversidad.pdf.

Maldonado-Garrido, E., Piñero, P. y Agustí, J. 2017. A catalogue of the vertebrate fossil record from the Guadix-Baza Basin (SE Spain). Spanish Journal of Palaeontology 32 (1), 207-236.

Mendoza, M., Janis, C.M. y Palmqvist, P. 2005. Ecological patterns in the trophic-size structure of large mammal communities: a 'taxon-free' characterization. Evolutionary Ecology Research 7(4), 505-530.

Morales, J. 1996. El patrimonio paleontológico. Bases para su definición, estado actual y perspectivas futuras. En: El Patrimonio Geológico. Bases para su valoración, protección, conservación y utilización, Cendrero, A. (Ed.). Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Madrid, 39-51.

Morales, J., Gómez, E. y Azanza, B. 2002. El patrimonio paleontológico español: marco legal, titularidad, gestión y conservación. En: El patrimonio paleontológico de Teruel, Meléndez Hevia, G. y Peñalver Mollá, E. (Coord.). Jornadas sobre el Patrimonio de la provincia de Teruel, Paleontología: Rubielos de Mora, 24, 25 y 26 de septiembre de 1998. Instituto de Estudios Turolenses, 53-62.

Ros-Montoya, S. 2010. Los proboscídeos de Plio-pleistoceno de las cuencas de Guadix-Baza y Granada. Tesis Doctoral, Universidad de Granada, 403 pp.

Sesé, C. 2006. Los roedores y lagomorfos del Neógeno de España. Estudios Geológicos 61, (1) 429-480.

Sesé, C. y Sevilla, P. 1996. Los micromamíferos del cuaternario peninsular español: cronoestratigrafía e implicaciones bioestratigráficas. Revista Española de Paleontología, Nº Extraordinario, 278-287.

Toro-Moyano, I., Martínez-Navarro, B., Agustí, J., Souday, C., Bermúdez de Castro, J. M., Martinón-Torres, M., Fajardo, B., Duval, M., Falgueres, C., Oms, O., Parés, J. M., Anadón, P., Juliá, R., García-Aguilar, J. M., Moigne, A. M., Espigares, M. P., Ros-Montoya, S. y Palmqvist, P. 2013. The oldest human remain in Europe, from Orce (Spain). Journal of Human Evolution, 65, 1-9.

REVISIÓN BIOESTRATIGRÁFICA DE LOS TRILOBITES DEL PISO WULIUENSE (SERIE MIAOLINGIENSE, CÁMBRICO) EN LAS CADENAS IBÉRICAS (NE DE ESPAÑA)

R. Gozalo[1], J.B. Chirivella Martorell[1], M.E. Dies Álvarez[2] & E. Liñán[3]

1 Departamento de Botánica y Geología, Universitat de València, C/ Dr. Moliner 50, E-46100- Burjassot; rodolfo.gozalo@uv.es, juamar@iesorriols.com

2 Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales-IUCA, Universidad de Zaragoza, C/ Valentín Carderera 4, E-22003-Huesca; medies@unizar.es

3 Departamento de Ciencias de la Tierra-IUCA. Universidad de Zaragoza, E-50009 Zaragoza; linan@unizar.es

La Comisión Internacional de Estratigrafía acaba de ratificar el Piso Wuliuense (Zhao et al., 2019), cuyos límites han sido establecidos utilizando la primera aparición de dos especies de trilobites. Así, el FAD de *Oryctocephalus indicus* marca el inicio de este piso, mientras que el FAD de *Ptychagnostus atavus* marca el inicio del siguiente piso, el Drumiense (Babcock et al., 2007); ambos pisos, junto con el Piso Guzhangiense (Peng et al., 2009) constituyen la Serie Miaolingiense que, *grosso modo*, coincide con el clásico Cámbrico medio.

Las dos especies utilizadas para definir los límites del Piso Wuliuense presentan una amplia distribución geográfica, pero ninguna de ellas, hasta el momento, ha sido hallada en la Subprovincia Mediterránea (*sensu* Sdzuy et al., 1999), por lo que es necesario establecer correlaciones lo más precisas posibles.

En este trabajo se revisa la bioestratigrafía de los trilobites de los pisos regionales españoles Leoniense y Caesaraugustiense inferior y medio (Liñán et al., 1993, 2002; Sdzuy et al., 1999; Gozalo et al., 2011), que corresponden con la parte superior del Piso 4 del Cámbrico, el Wuliuense y la parte inferior del Drumiense en la escala cronoestratigráfica internacional.

Desde un punto de vista estratigráfico los trilobites estudiados en las Cadenas Ibéricas se registran en la parte superior de la Fm. Valdemiedes, Fm. Mansilla y parte inferior de la Fm. Murero, todas ellas del Grupo Mesones. En estos niveles se han identificado nueve especies de Agnostina (pertenecientes a 4 géneros) y 49 especies de trilobites polímeros (pertenecientes a 21 géneros). Este intervalo ha sido subdividido en siete biozonas: *Acadoparadoxides mureroensis*, *Eccaparadoxides sdzuyi*, *Eccaparadoxides asturianus*, *Badulesia tenera*, *Badulesia granieri*, *Pardailhania hispida* y *Pardailhania multispinosa* (Sdzuy et al., 1999; Gozalo et al., 2008, 2011).

Aunque, como ya se ha comentado, la especie

Oryctocephalus indicus no ha sido encontrada en esta región, se puede establecer una correlación bastante ajustada de acuerdo con la señal isotópica del carbono orgánico y el registro de las faunas de agnóstidos en la Fm. Valdemiedes (ver Gozalo et al., 2013), que indicarían un máximo transgresivo en el área, similar al que se ha identificado en los niveles de la base del Piso Wuliuense en el área tipo (ver Zhao et al., 2019). De este modo la base del Wuliuense se puede correlacionar con la parte más alta de la Zona de *Acadoparadoxides mureroensis*.

Mientras tanto, la base del Piso Drumiense se ha correlacionado previamente con la base de la Zona de *Pardailhania hispida* (Caesaragustiense medio) o niveles inferiores (Gozalo et al., 2011). Además, nuevos datos de acritarcos obtenidos por Palacios (2015) en la Cordillera Cantábrica parecen indicar que esta base se podría situar en un nivel indeterminado en la parte alta de la zona de *Badulesia tenera* (Caesaraugustiense inferior). No obstante, existe un problema importante en la correlación con las sucesiones chinas donde se ha definido el Piso Wuliuense. Así, Palacios (2015) indica que la base de la biozona IMC2, definida por los FADs de las especies *Cristallinium cambriense*, *Eliasum asturicum* y *Vulcanisphera cantabrica*, equivaldría a la base del Piso Drumiense. Por el contrario, Zhao et al. (2019) indican que la zona de asociación de acritarcos de *Cristallinium cambriense*, *Heliosphaeridium nodosum* y *Globosphaeridium cerinum* sería prácticamente coincidente con la base del Piso Wuliuense. En consecuencia, existe una clara discrepancia entre los dos trabajos previamente citados, que hace necesario un estudio más detallado de los niveles del Caesaraugustiense inferior que permitan clarificar la correlación más fiable para el límite Wuliuense-Drumiense en el área Mediterránea.

Bibliografía

Babcock, L E., Robison, R. A., Rees, M. N., Peng, S. & Saltzman, M. R. 2007. The Global boundary Stratotype Section and Point (GSSP) of the Drumian stage (Cambrian) in the Drum Mountains, Utah, USA. *Episodes*, 30, 84-94.

Gozalo, R., Liñán, E., Gámez Vintaned, J. A., Dies Álvarez, M. E., Chirivella Martorell, J. B., Zamora, S., Esteve, J. & Mayoral, E. 2008. The Cambrian of the Cadenas Ibéricas (NE Spain) and its trilobites. *Cuadernos Museo Geominero*, 9, 137-151.

Gozalo, R., Chirivella Martorell, J. B., Esteve, J. & Liñán, E. 2011. Correlation between the base of Drumian Stage and the base of middle Caesaraugustan Stage in the Iberian Chains (NE Spain). *Bulletin of Geoscience*, 86, 545-554.

Gozalo, R., Dies Álvarez, M. E., Gámez Vintaned, J. A., Zhuravlev, A. Yu., Bauluz, B., Subías, I., Chirivella Martorell, J. B., Mayoral, E., Gursky, H.-J., Andrés, J. A. & Liñán, E. 2013. Proposal of a reference section and point for the Cambrian Series 2–3 boundary in the Mediterranean subprovince in Murero (NE Spain) and its intercontinental correlation. *Geological Journal*, 48, 142-155.

Liñán, E., Perejón, A. & Sdzuy, K. 1993, The Lower -Middle Cambrian stages and stratotypes from the Iberian Peninsula: a revision. *Geological Magazine*, 130, 817-833.

Liñán, E., Gozalo, R., Palacios, T., Gámez Vinaned, J. A., Ugidos, J. M. & Mayoral, E. 2002. Cambrian. *In* Gibbons, W. & Moreno, T. (eds): *The Geology of Spain*. Geological Society, London, 17-29.

Palacios, T. 2015. Acritarch assemblages from the Oville and Barrios Formations, northern Spain: A pilot proposal of a middle Cambrian (Series 3) acritarch biozonation in northwestern Gondwana. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 219, 71-105.

Peng, S., Babcock, L. E., Zuo, J., Lin, H., Zhu, X., Yang, X., Robison, R.A., Qi, Y., Bagnoli, G. & Chen, Y. 2009. The Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) of the Guzhangian Stage (Cambrian) in the Wuling Mountains, Northwestern Hunan, China. *Episodes*, 32, 41-55.

Sdzuy, K., Liñán, E. & Gozalo, R. 1999. The Leonian Stage (early Middle Cambrian): a unit for Cambrian correlation in the Mediterranean subprovince. *Geological Magazine*, 136, 39-48.

Zhao, Y., Yuan, J., Babcock, L. E., Guo, Q., Peng, J., Yin, L., Yang, X., Peng, S., Wang, C., Gaines, R. R., Esteve, J., Tai, T., Yang, R., Wang, Y., Sun, H. & Yang, Y. 2019. Global Standard Stratotype-Section and Point (GSSP) for the conterminous base of the Miaolingian Series and Wuliuan Stage (Cambrian) at Balang, Jianhe, Guizhou, China. *Episodes*, 42, 165-184.

APORTACIÓN DE LOS OSTRÁCODOS A LA RECONSTRUCCIÓN PALEOAMBIENTAL DE LA SERIE PLIOCENA DE BAZA (SUR DE ESPAÑA)

A. Granados[1], A. Guerra-Merchán[1], M.P. Espigares[1], J.M. García-Aguilar[1], S. Ros-Montoya[1], B. Martínez-Navarro[2,3,4] & P. Palmqvist[1]

1 Departamento de Ecología y Geología, Universidad de Málaga, Campus de Teatinos, 29071 Málaga, España.

2 IPHES, Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social, C/ Marcel í Domingo s/n, Campus Sescelades, Edifici W3, 43007 Tarragona, España.

3 Departament d"Història i Geografia, Campus Catalunya URV, Avda. Catalunya, 43002 Tarragona.

4 ICREA, Pg. Lluís Companys 23, 08010 Barcelona.

Introducción y objetivos

La cuenca post-orogénica de Baza (Cordillera Bética) cuenta con uno de los mejores registros sedimentarios y paleontológicos del Plio-Pleistoceno de Europa. En ella se han realizado numerosos trabajos sobre vertebrados fósiles, principalmente mamíferos (macro- y micro-) que han contribuido a interpretar los ambientes sedimentarios en los que se formaron los yacimientos paleontológicos. En cambio, son escasos los trabajos sobre invertebrados (Anadón et al., 1986; Anadón et al., 1994). Este tipo de organismos, al conservarse normalmente en un mayor número de niveles en las series estratigráficas permite establecer con mayor precisión la evolución a lo largo del tiempo de las condiciones paleoambientales.

En esta comunicación se estudian las asociaciones de ostrácodos encontradas en la serie de Baza de edad Rusciniense. Dicha serie ha sido levantada a un km al suroeste de la población de Baza (Fig. 1), donde se encuentra uno de los principales yacimientos de vertebrados de la cuenca, el yacimiento de Baza-1 (Piñero et al., 2017; Ros-Montoya et al., 2017). Con ello se pretende avanzar en el conocimiento sobre la evolución sedimentaria y la caracterización de indicadores paleoclimáticos para estas cronologías en la cuenca.

Materiales y métodos

Para la realización de este trabajo se ha levantado una columna estratigráfica (Fig. 1) y se han muestreado un total de 30 estratos, de los cuales 13 corresponden a niveles arcillosos negros, 10 a lutitas, cuatro a arenas con cierta fracción arcillosa y tres a calcilutitas. De cada nivel se tomaron aproximadamente 2 kg de sedimento, suficiente para obtener un número representativo de ostrácodos. Las muestras se lavaron y tamizaron separándose las fracciones de 0,710 mm, 0,500 mm y 0,150 mm. En las muestras de calcilutitas fue necesario añadir un poco de peróxido de hidrógeno (6%) para facilitar la disgregación del sedimento. Posterior-

mente, el residuo se analizó con una lupa binocular para separar los restos fósiles (principalmente ostrácodos) y proceder a su clasificación, teniendo como referencia el trabajo de Anadón et al. (1987).

Contexto estratigráfico

La columna estratigráfica levantada muestra una potencia total de 60 m (Fig. 1). La serie comienza con 4 m de margas grises. Su parte inferior hasta el yacimiento de Baza-1 (nivel 11) se caracteriza por una alternancia cíclica de margas o calcilutitas hacia la base y margocalizas o calizas a techo, evidenciando ciclos de somerización, que muestran frecuentes emersiones. Ocasionalmente se intercalan niveles de arcillas negras o pardas. En la zona del yacimiento de Baza-1 y por encima de éste, las superficies de estratificación aparecen alabeadas y las calizas están bastante trituradas fruto de fenómenos de deslizamiento, pero se puede seguir bien la estratificación de la serie. En esta parte se suceden igualmente ciclos de somerización, pero los niveles de calizas son ya más potentes que en la parte inferior de la serie, intercalándose algunos niveles de arcillas negras y de areniscas. A techo se dispone discordante un conglomerado rojo que representa un depósito aluvial relacionado con el desarrollo de un glacis.

Los escasos restos de micromamíferos obtenidos en los niveles oscuros no permiten precisar la edad de los mismos. No obstante, Guerra-Merchán (1993) estableció para la serie de Baza una edad Turoliense terminal-Rusciniense, abarcando el techo de la biozona MN13, la biozona MN14 y la parte más baja de la biozona MN15. Por su parte, el yacimiento de Baza-1 se localiza en la biozona MN 14 y se ha datado entre 4,9 y 4,2 Ma (Piñero et al., 2017).

Resultados y discusión

En las muestras estudiadas se ha encontrado gran cantidad y variedad de restos fósiles, correspondientes a ostrácodos, gasterópodos, restos óseos y dientes de micromamíferos. En menor proporción aparecen oogonios de carófitas, así como otolitos, vertebras y dientes de peces. Por lo general, los ostrácodos se encuentran bien conservados, apareciendo en algunos niveles con las dos valvas unidas.

En la serie de Baza se han reconocido seis especies de ostrácodos (Fig. 1), destacando la abundancia de *Cyprideys torosa* en su forma lisa o nodosa. En algunas muestras sólo aparece una única especie, bien sea *C. torosa* lisa o nodosa, mientras que en otras aparecen varias especies que, o bien habitaban en ambientes similares, o suponen una mezcla de ambientes diferentes, lo que va a permitir establecer con más precisión el ambiente en el que se depositaron.

La asociación de ostrácodos permite dividir la serie de Baza en tres intervalos principales. El Intervalo A va desde la base hasta la muestra 9 (Fig.1). En este intervalo destaca un marcado predominio de *C. torosa* de formas lisas. Dentro de este intervalo mayor aparece otro menor que comprende las muestras 3 a 5, el cual se caracteriza además por la presencia de *Ilyocypris bradyi* y *Heterocypris incongruens* (muestras 3 y 4) y *Candona neglecta* (muestra 5). El Intervalo B, comprendido entre las muestras 10 y 23, se caracteriza por una alternancia de *C. torosa* de formas lisas y de formas nodosas, apareciendo conjuntamente ambos morfotipos en algunas muestras. El Intervalo C abarca desde la muestra 24 a la 28 y se caracteriza por el predominio de *C. torosa* de formas nodosas. Finalmente, en la muestra número 25 aparecen también restos de *I. bradyi* y *Candona neglecta*.

Las asociaciones de ostrácodos aportan información precisa sobre los paleoambientes acontecidos a lo largo de la serie estudiada, mostrándose cambios en la salinidad del lago de Baza durante el Rusciniense. El predominio de *C. torosa* de formas

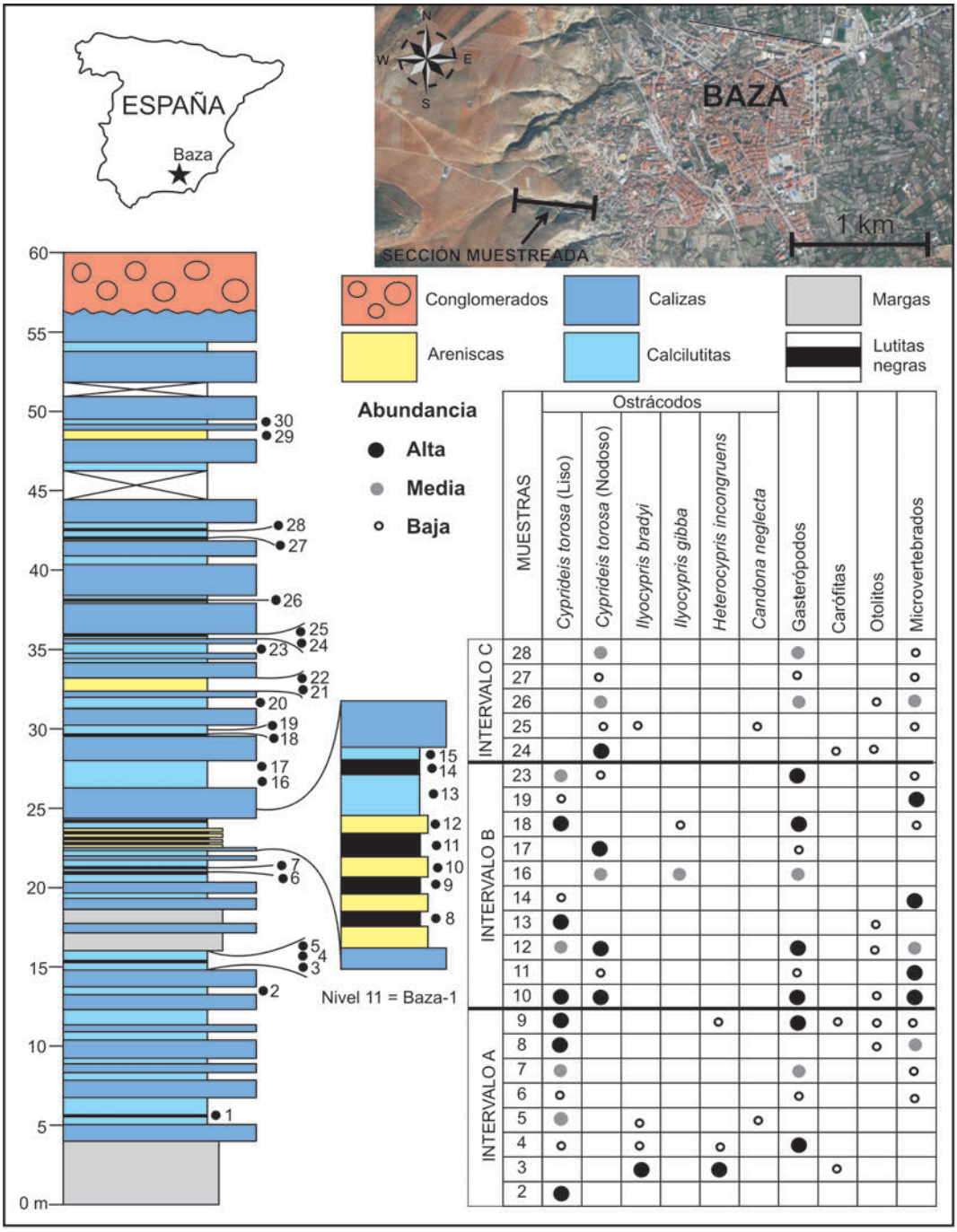

Figura 1. Localización geográfica y columna estratigráfica de la serie de Baza, mostrando la asociación faunística de los niveles muestreados.

lisas en el Intervalo A indica un ambiente lacustre de aguas permanentes con alta salinidad (Anadón et al., 1987). La presencia de *I. bradyi* en un pequeño intervalo que abarca las muestras 3, 4 y 5, caracterizaría un episodio de aguas fluyentes con alta energía en una zona de vegetación muy densa. En relación al Intervalo B, hay que tener en cuenta que las formas nodosas de *C. torosa* son características de zonas lacustres permanentes con salinidad más baja. Así pues, este intervalo se

caracterizaría por una variación alternante en la salinidad del lago, lo que podría relacionarse con una mayor o menor entrada de agua dulce. En este intervalo destacan dos muestras por la presencia de *Ilyocypris gibba,* que es indicativa de zonas de borde de lago de escasa profundidad y aguas templadas o cálidas entre 14 y 29ºC (Martínez-García et al, 2015, 2017). Por su parte, el intervalo C, caracterizado por el predominio de formas nodosas de *C. torosa* representaría una zona lacustre permanente con salinidad algo más baja que el primer intervalo.

Conclusiones

Las asociaciones de ostrácodos de la serie de Baza destacan por el gran predominio de Cyprydeis torosa, tanto de formas lisas como de formas nodosas, apareciendo también otras especies como Ilyocypris bradyi, I. gibba, Heterocypris incongruens y Candona neglecta en muestras ocasionales y relativamente poco abundantes.

La serie de Baza se depositó en un contexto de borde de lago sometido continuamente a variaciones en el nivel de la lámina de agua, de ahí la gran cantidad de ciclos de somerización. Además, las asociaciones de ostrácodos indican también variaciones notables en lo que respecta a la salinidad del lago. A un primer intervalo de salinidad más alta (predominio de C. torosa de formas lisas) le sigue un intervalo de salinidad cambiante, para terminar en un intervalo de salinidad más baja (predominio de C. torosa de formas nodosas).

La presencia de *Ilyocypris bradyi* marcaría dos momentos con mayor pluviometría, lo que favorecería la llegada de agua fluvial.

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado en el contexto de las excavaciones acometidas en el yacimiento de Baza-1, financiadas por el Excelentísimo Ayuntamiento de Baza y autorizadas por la Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía. El trabajo de Alejandro Granados está apoyado por una beca (FPI) del Ministerio de Economía y Empresa enmarcado en el proyecto de investigación CGL2016-78577-P y el soporte del proyecto CGL2016-80975-P.

Bibliografía

Anadón, P., Julià, R., de Deckker, P., Rosso, J.C., Solulié-Marsche, I. 1987. Contribución a la paleolimnología del Pleistoceno inferior de la cuenca de Baza (sector Orce-Venta Micena). Paleontologia i Evolució, Memoria especial 1, 35-72.

Anadón, P., Utrilla, R. and Julià, R. 1994. Palaeoenvironmental reconstruction of a Pleistocene lacustrine sequence from faunalassemblages and ostracode shell geochemistry, Baza Basin, SE Spain. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 111,191–205.

Guerra-Merchán, A. 1993. La Cuenca Neógena del Corredor del Almanzora. Tesis Doctoral, Universidad de Granada. Ediciones Edinford S.A., 237 pp.

Martínez-García, B., Suarez-Hernando, O., Hernández, J.M., Suarez-Bilbao, A., Murelaga, X. 2015. Análisis paleoambiental de los depósitos aluviales de la sección de Cenicero a partir de las asociaciones de ostrácodos (Mioceno inferior, NO de la Cuenca del Ebro). Estudios Geológicos 71(1), e024.

Martínez-García, B., Ordiales, A., Perez, A., Muñoz, A., Luzón, A., Murelaga, X. 2017. Evolución paleoambiental del registro Holoceno de la laguna de Añavieja (Soria, NE Península Ibérica) a partir del estudio de las asociaciones de ostrácodos. Geogaceta 62, 43-46.

Piñero, P., Agustí, J., Oms, O., Blain, H.A., Laplana, C., Ros-Montoya, S., Martínez-Navarro, B. 2017. Rodents from Baza-1 (Guadix-Baza Basin, SE Spain). Filling the gap of the early Pliocene succession in the Betics. Journal of Vertebrate Paleontology, 37 (4), e1338294.

Ros-Montoya, S., Martínez-Navarro, B., Espigares, M.P., Guerra-Merchán, A., García Aguilar, J.M., Piñero, P., Rodríguez-Rueda, A., Agustí, J., Oms, O., Palmqvist, P. 2017. A new Ruscinian site in Europe: Baza-1 (Baza basin, Andalusia, Spain). Comptes Rendus Palevol, 16, 746-761.

ANÁLISIS PRELIMINAR DE UNA PATOLOGÍA EN UNA TORTUGA PLEURODIRA DEL CRETÁCICO SUPERIOR DE LO HUECO

A. Guerrero, F. Ortega & A. Pérez-García

Grupo de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Educación a Distancia, Paseo de la Senda del Rey 9, 28040 Madrid, España. guerbach@gmail.com; fortega@ccia.uned.es; paleontologo@gmail.com

La paleopatología, es decir, el estudio de las enfermedades o condiciones patológicas reconocidas en el registro fósil, es una herramienta que puede aportar datos sobre la fisiología, paleoecología y paleoetología de los organismos extintos. La paleopatología en tortugas ha sido pobremente tratada. De hecho, los procesos patológicos identificados en este grupo de reptiles han sido generalmente notificados sin aportar ningún tipo de análisis o descripción detallada, o se encuentran integrados en descripciones de aspectos morfológicos. Asimismo, tanto los escasos estudios disponibles sobre patologías esqueléticas en tortugas actuales como, especialmente, en ejemplares correspondientes al registro fósil, son en gran medida especulativos, por lo que resultan poco fiables.

Se presenta aquí, un análisis preliminar de una anomalía de origen patológico localizada en un fragmento del espaldar de una tortuga Pleurodira, Bothremydidae procedente del yacimiento del Cretácico Superior de Lo Hueco (Fuentes, Cuenca). Esta patología se analiza mediante su exploración física y el empleo de tecnología médica (Tomografía Axial Computarizada). La discusión se establecerá siguiendo un procedimiento de diagnóstico diferencial, que constituye una de las herramientas metodológicas de la paleopatología.

El ejemplar presenta como lesión una única invaginación situada en la superficie externa del espaldar y un crecimiento óseo asimétrico en la superficie visceral. Los análisis realizados evidencian información sobre la etiología, patogenia y etapas de cicatrización de la anomalía.

NEW SUIDAE MATERIAL (MAMMALIA, ARTIODACTYLA) FROM THE EARLY VILLAFRANCHIAN OF COLLEPARDO (CENTRAL ITALY)

Iannucci[1*], L. Bellucci[2,3], J. Conti[1], D.A. Iurino[1], I. Mazzini[4], B. Mecozzi[1], F. Strani[1,3] & R. Sardella[1,3]

1 Dipartimento di Scienze della Terra, PaleoFactory, Sapienza Università di Roma, P.le A. Moro 5, I-00185 Roma, Italy. alessio.iannucci@uniroma1.it.

2 Università degli Studi di Firenze, Museo di Storia Naturale, Via G. La Pira 4, I-50121 Firenze, Italy.

3 Istituto Italiano di Paleontologia Umana, via U. Aldrovandi 18, I-00197 Roma, Italy.

4 Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria, CNR, Area della Ricerca di Roma1, Via Salaria Km 29,300, I-00015 Monterotondo Staz., Roma, Italy.

The site of Collepardo (southern Latium, central Italy), located about 100 km southeast of Rome, has yielded several vertebrate remains coming from a complex sequence of travertines and breccias. The faunal assemblage, collected in the 1980s, was referred to the Middle Villafranchian (Gliozzi et al. 1997) for its similarities with Saint Vallier (France) (Cassoli & Segre Naldini 1993) or Montopoli (Italy) (Palombo et al. 2000-2002) FUs and consists of the following taxa: *Stephanorhinus* cf. *S. jeanvireti*, *Equus stenonis*, *Sus* sp., *Leptobos* sp., *Hemitragus stehlini*, *Croizetoceros* sp., *Pseudodama lyra, Nyctereutes megamastoides*, *Acinonyx pardinensis* and *Megantereon cultridens*. However, only the cervids were studied in detail (Segre Naldini & Valli 2004).

In the last years several field surveys, as a joined effort of the Earth Science Department of "Sapienza University of Rome", "IGAG CNR" and "Italian Institute of Human Palaeontology" (IsIPU), were conducted in order to better define the geological-stratigraphic setting of the area and possibly identify other outcrops. In 2015, several fossils were found embedded in a block of travertine, including the first documented remains in the Italian peninsula of the short-faced bear *Agriotherium* cf. *insigne* (Ursidae, Carnivora) (Bellucci et al., 2019). This block was subsequently subjected to CT scan, allowing a non-invasive virtual extraction of the fossils (Fig. 1).

Here, we describe the Suidae remains, represented by an incomplete neurocranium. The specimen is in a good state of conservation and preserves the posterior roots of the zygomatic arches, the skull roof, and the occipital region on both sides. Even if the suid collection from Collepardo was never described and/or figured, these remains were firstly referred to *Sus* sp. (Gliozzi et al. 1997) and subsequently to *Sus arvernensis* (Guérin & Tsoukala 2013), a small-sized Ruscinian to Early Villafranchian (MN14-15) species.
The presence of *S. arvernensis*, together with the occurrences of *Agriotherium* cf. *insigne* and *Pseudo-*

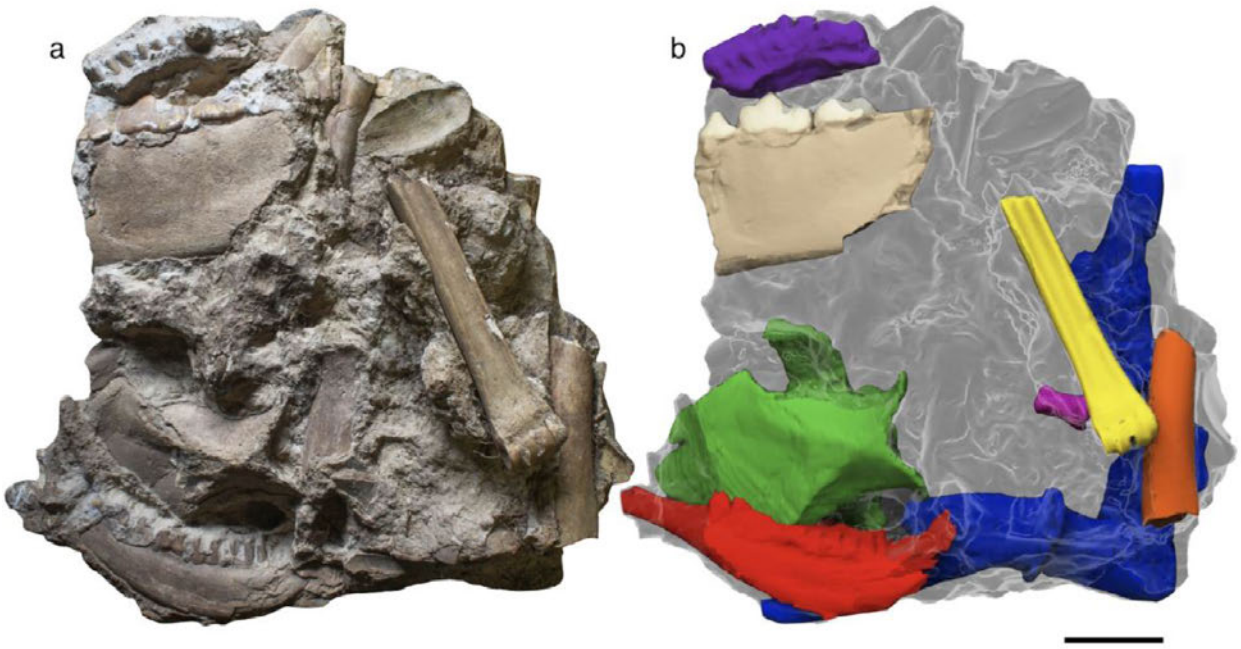

Figure 1. The block bearing fossils before (a) and after (b) the segmentation of CT images. Colours denote different specimens. The Suidae neurocranium is in green. Scale bar 50 mm. Modified from Bellucci et al. (2019).

dama lyra strengthens a Pliocene (Early Villafranchian) age (Triversa FU) for the faunal assemblage, as supposed by Bellucci et al. (2019).

The recent findings and the ongoing re-evaluation of old collections testify the remarkable value of the site of Collepardo in the Pliocene of the Euro-Mediterranean region.

References

Bellucci L., Biddittu I., Brilli M., Conti J., Germani M., Giustini F., Iurino D.A., Mazzini I. & Sardella R. 2019. First occurrence of the short-faced bear Agriotherium (Ursidae, Carnivora) in Italy: biochronological and palaeoenvironmental implications. Italian Journal of Geosciences, 138, 124-135.

Cassoli P.F. & Segre Naldini E. 1993. Le faune Villafranchiane: Costa san Giacomo e Fontana Acetosa. In AAVV (ed.), Dives Agnanina. L' Erma di Bretscheider, Roma, pp. 31-33.

Gliozzi E., Abbazzi L., Argenti P., Azzaroli A., Caloi L., Capasso-Barbato L., Di Stefano G., Esu D., Ficcarelli G., Girotti O., Kotsakis T., Masini F., Mazza P., Mezzabotta C., Palombo M.R., Petronio C., Rook L., Sala B., Sardella R., Zanalda E. & Torre D. 1997. Biochronology of selected mammals, molluscs and ostracods from the Middle Pliocene to the Late Pleistocene in Italy. The state of the art. Riv. It. Pal. Strat., 103(3), 369-388.

Guérin C. & Tsoukala E. 2013. The Tapiridae, Rhinocerotidae and Suidae (Mammalia) of the Early Villafranchian site of Milia (Grevena, Macedonia, Greece). Geodiversitas, 5(2), 447-489.

Palombo M.R., Azanza B. & Alberdi M.T. 2000 – 2002. Italian mammal biochronology from Latest Miocene to Middle Pleistocene: a multivariate approach. Geologica Romana, 36, 335-368.

Segre Naldini E. & Valli A.M.F. 2004. Villafranchian cervids from central Italy. Quaternaria Nova 7, 159-204.

MODELIZACIÓN DEL DEPÓSITO FOSILÍFERO DEL YACIMIENTO DEL MIOCENO SUPERIOR (MN13) DE VENTA DEL MORO MEDIANTE TÉCNICAS DEL SIG

N. Janés Balaguer[1], F.J. Ruiz Sánchez[1], P. Montoya Belló[1], H. Corbí Sevila[2], V. D. Crespo Roures[3], R. Marquina Blasco[1], A. Fagoaga Moreno[1] & L. Sánchez López[1]

1 Departamento de Botánica y Geología, Universitat de València, Avda. Dr. Moliner s/n. 46100 Burjassot. Valencia. España. neusjaba@alumni.uv.es, francisco.ruiz@uv.es, plinio.montoya@uv.es, rafael.marquina@uv.es, ana.fagoaga@uv.es, sanlolau@alumni.uv.es

2 Departamento de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, Universitat d'Alacant, Campus de Sant Vicent del Raspeig. 03690 Sant Vicent del Raspeig. Alicante. España. hugo.corbi@ua.es

3 Museo de La Plata, Universidad Nacional de La Plata, Paseo del Bosque, s/n. B1900FWA, La Plata, Buenos Aires - Argentina. vicente.crespo@uv.es

Resumen

A partir de la información sobre localización, atributos taxonómicos y tafonómicos, contenida en las hojas de excavación del periodo 2002-2008 en el cuadro N2 del yacimiento de Venta del Moro se ha elaborado un Sistema de Información Geográfica. A partir de él se puede realizar un análisis pormenorizado de la distribución de los elementos fósiles y extraer nueva información sobre los complejos patrones y relaciones que pudieran existir entre los elementos fósiles contenidos en el depósito.

Introducción

El yacimiento de Venta del Moro, de edad Mioceno superior (MN13), se sitúa en la cuenca del Cabriel y contiene una extraordinaria riqueza paleontológica, representada por una rica y variada asociación faunística con especies muchas de ellas inmigrantes. La asociación faunística de Venta del Moro, datada alrededor de los 6,2 Ma, registra más de un 50% de especies descritas por primera vez en la Península Ibérica, constituyéndose como localidad de referencia del importante evento de dispersión ligado a la Crisis de Salinidad del Messiniense, conocido como *Paraethomys event* (Agustí et al., 2006). Desde los años 1995, en este yacimiento se han venido desarrollando campañas de excavación paleontológicas a partir de las cuales se ha obtenido una extraordinaria colección de restos fósiles, que incluyen principalmente restos de carofitas, polen, macroflora, foraminíferos, moluscos acuáticos y terrestres, ostrácodos, peces, anfibios, reptiles y pequeños y grandes mamíferos (Montoya et al., 2006). Así, Venta del Moro es localidad tipo de varias especies de mamíferos: *Agriotherium roblesi* Morales & Aguirre, 1976, *Paracamelus aguirrei* Morales, 1984, *Tragoportax ventiensis* (Morales, 1984), *Parabos soriae* Morales, 1984, *Eucyon debonisi* Montoya *et al.*, 2009, *Martes ginsburgi* Montoya *et al.*, 2011 y *Eliomys yevesi* Mansino et al., 2015.

La excavación sistemática de estos depósitos y la anotación precisa de una serie de atributos sobre localización geoespacial (coordenadas X, Y, Z), grupo taxonómico al que pertenece el resto, atributos tafonómicos (orientación, grados de desgaste, digestión, etc.), ha permitido compilar una extensa base de datos con varios miles de registros.

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) se puede definir como un sistema computarizado diseñado para almacenar, procesar y analizar información georreferenciada (Worboy and Duckham, 2004). Por información georreferenciada entendemos aquellos datos que delimitan la posición de un elemento en un sistema de coordenadas cartesianas (coordenadas X, Y y Z), bien en dos (2D) (X, Y) o tres (3D) (X, Y, Z) dimensiones. Todo el potencial de análisis que nos proveen las herramientas del SIG viene de su capacidad de reconocer patrones complejos dentro de los datos, que por métodos convencionales no pueden ser detectados (Nigro et al., 2003). Para conocer estos patrones, la información se almacena en una Base de Datos relacional a partir de la cual se pueden organizar los procedimientos de análisis pertinentes. El uso del SIG está muy extendido en el estudio de los sistemas naturales y antrópicos, y de las complejas interacciones que se establecen entre los factores ambientales que caracterizan a estos.

Si en un yacimiento paleontológico somos capaces de georreferenciar adecuadamente los fósiles encontrados y almacenar organizadamente los atributos taxonómicos, tafonómicos, .., de estos, podemos desarrollar técnicas que nos permitan desentrañar esos patrones de relación complejos que por otros medios se escapan a nuestra observación (Nigro et al., 2003). El estudio de orientaciones preferentes, tipo de agrupamiento espacial de los restos, distancias entre elementos, relaciones con la litología, sedimentología, tectónica, etc., pueden ser abordados a partir de este tipo de sistemas.

Metodología

Para la elaboración del SIG, en primer lugar se ha preparado la base de datos a partir de la información contenida en las hojas Excel de excavación del periodo comprendido entre los años 2002-2008 en el cuadro N2. Esta información ha sido transformada en un fichero de intercambio .csv e implementada a partir del software ArcGIS 10.3 (Esri Inc.). De ahí se genera una capa de eventos, para así crear el shapefile definitivo con la cobertura y tabla de atributos asociada derivada de los datos de las hojas originales de excavación.

A fin de crear un espacio referencial sobre el que definir las relaciones espaciales de los elementos, se ha definido un marco de referencia idéntico al de la cuadrícula de 8 x 5 metros, dividida en subcuadrículas de 1 x 1 metros, que sirvió como cuadrícula de excavación en las campañas en el cuadro N2. Cada subcuadrícula ha sido notada con un código formado por una letra seguida de un número (i.e. A2). En la horizontal, y de izquierda a derecha, las cuadrículas se nombran con las letras A, B, C, D, E, F, G y H, y en la vertical con los números 1, 2, 3, 4 y 5. El sistema geográfico de referencia (SGR) utilizado es el EPSG 25830 (Sistema de coordenadas proyectadas y Datum ETRS89).

Resultados

Los resultados preliminares arrojan que la base de datos elaborada contiene 4149 registros correspondientes a tantos restos fósiles, repartidos según el nivel fosilífero de la siguiente manera: 621 en la capa A, 319 en la A-B, 801 en la B, 599 en la B-C, 1635 en la C, 60- en la D, y 114 de dudosa atribución (Figura 1). Los tres taxones más representados en el yacimiento son: un bóvido indeterminado (alrededor de 1454 restos; de ellos, 286 restos en capa A, 147 en A-B, 286 en B, 196 en B-C, 506 en C, 20 en D y 13 de dudosa asignación), *Hipparion* con más de 450 restos (39 en A, 38 en A-B, 110 en B, 91 en B-C, 236 en C, 14 en

D y 11 de dudosa asignación) y un Testudino con más de 200 restos (22 en A, 20 en A-B, 46 en B, 30 en B-C, 125 en C, 4 en D y 7 de dudosa asignación).

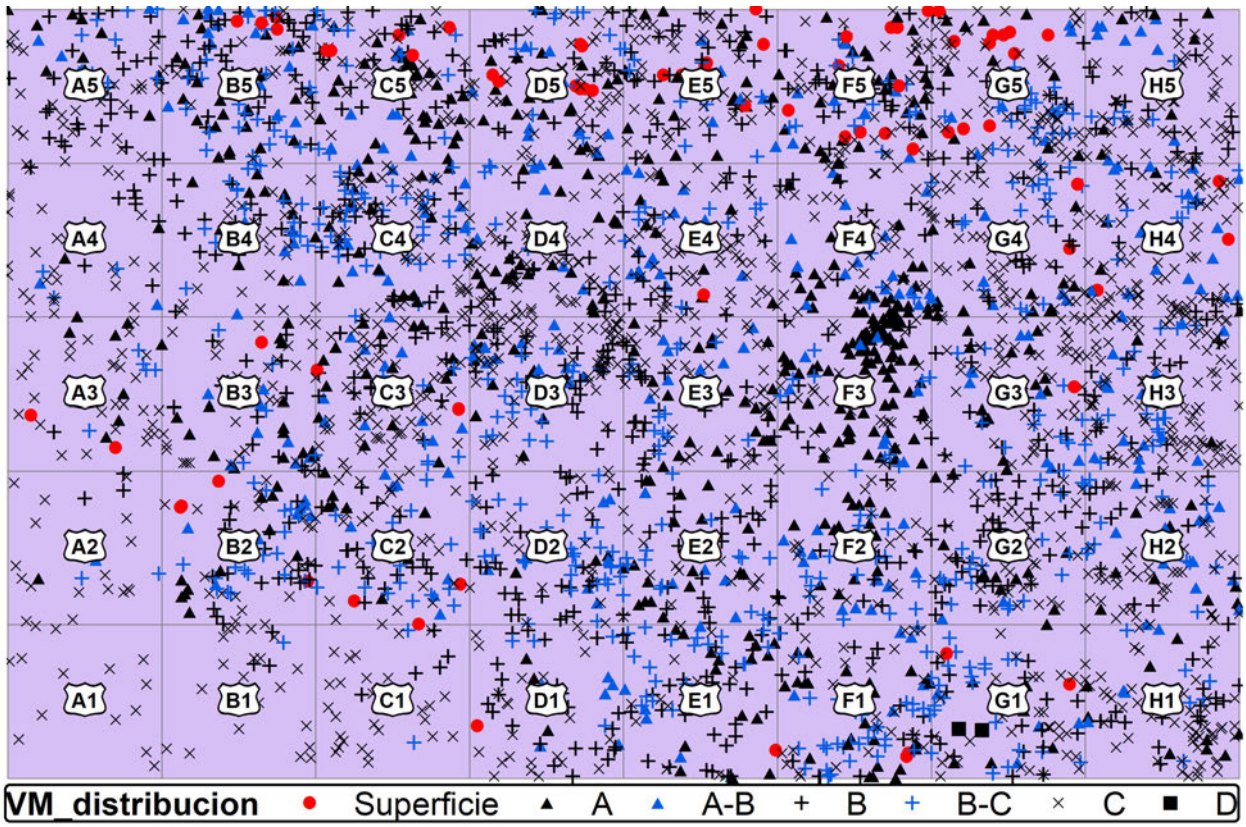

Figura 1. Distribución espacial 2D, agrupada según nivel fosilífero de referencia (A, A-B, B, B-C, C y D), de los restos extraídos durante las campañas entre 2002-2008 en el cuadro N-2 del yacimiento de Venta del Moro. En el centro de cada cuadrícula de 1x1 m aparece el código de cuadrícula (A1, B1, …H5).

Bibliografía

Agustí, J., Garcés, M. and Krijgsman, W. 2006. Evidence for African-Iberian exchanges during the Messinian in the Spanish mammalian record. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 238: 5-14.

Montoya, P., Morales, J., Robles, F., Abella, J., Benavent, J.V., Marín, M.D., and Ruiz-Sánchez, F.J. 2006. Las nuevas excavaciones (1995–2006) en el yacimiento del Mioceno final de Venta del Moro, Valencia. Estudios Geológicos, 62: 313–325.

Nigro, J.D., Ungar, P.S., de Ruiter, D.J., and Berger, L.R. 2003. Developing a geographic information system (GIS) for mapping and analyzing fossil deposits at Swartkrans, Gauteng Province, South Africa. Journal of Archaeological Science, 30: 317-324.

Worboy, M.F. and Duckham, M. 2004. GIS: A Computing Perspective (second edition). CRC Press, Boca Raton, Florida.

SYSTEMATIC AND PALEOECOLOGY OF PLIO-PLEISTOCENE OSTRACODA FROM NORTH TUNISIA

N. Karoui-Yaakoub[1], F. Sciuto[2] & S. Bejaoui[1]

1 Faculté des Sciences, Université de Carthage, (FSB)-Département des Sciences de la Terre Jarzouna, 7021 Bizerte, Tunisia

2 Université de Catane (Université de Catane, Corso Italia, 55, 95129 Catania, Italie)-Département des Sciences Biologiques, Géologiques et de l'Environnement, Section des Sciences de la Terre, Université de Catane, Corso Italia, 55, 95129 Catania, Italie, Italy

The micropaleontological study of Plio-Pleistocene series outcropping in the North (Bizerte area) and the Northeast of Tunisia (Cap Bon Peninsula), has highlighted rich, well preserved and diversified ostracods associations. In the analyzed sections were counted 114 species belonging to 44 genera.

The subsequent autoecological and sinecological analysis of autochthonous species and genera established that the sea level in this sector of Tunisia was affected by repeated variations. These variations have determined a complex evolution of paleoenvironments; downward from the Infralittoral to the Upper Circalittoral stages of the benthic marine domain, or upwards, to shallow water environments open to the sea (transitional and /or brackish, lagoon and/or estuary). Locally the paleoenvironmental evolution reaches hypersaline and monotypic environments (sebkha).This last phase is witnessed by the abundance and remarkable dominance of *Cyprideis torosa*, the only surviving holoeuryhaline species in very stressed saline environments. Sometimes, locally, a further evolution towards frankly marine environments has been observed.

The study therefore allowed us to define that, in the considered period, within the general regressive evolution, there have been several episodes of transgression and regression that led to the establishment of lagoon environments open to the sea, closed lagoon and sebkha, to then return to the restoration of typically marine conditions following the eustatic increase of the sea level due to the transgression of the Middle Pleistocene (Ionian stage).

The Lower Pleistocene is characterized by presence of *Bythocythere turgid* that testifies the cooling of the climate also in this region of the Mediterranean Sea.

HERRAMIENTAS PARA LA CALIBRACIÓN DEL GIVETIENSE (DEVÓNICO MEDIO): CONODONTO ESTRATIGRAFÍA DE ALTA RESOLUCIÓN VS. ASTROCRONOLOGÍA

J.-C. Liao & J.I. Valenzuela-Ríos

Departamento de Botánica y Geología, Universidad de Valencia; c/ Dr. Moliner 50; 46100 Burjasot;
jau.liao@uv.es;
jose.i.valenzuela@uv.es

Los recientes estudios sobre Cicloestratigrafia basados en la impronta que han dejado los ciclos astronómicos (denominados de Milankovitch) en los sedimentos paleozoicos han experimentado un avance importante en los últimos años (De Vleeschouwer *et al.,* 2014; 2017; Da Silva *et al.*, 2016). La ausencia de dataciones radiométricas en el Givetiense (Devónico Medio) ha favorecido la aplicación de este tipo de estudios, con la esperanza de poder acotar con precisión tanto la duración del Piso como de las diferentes zonas de conodontos en la que se subdivide y, de este modo, mostrar su presunta superioridad en la calibración de la escala temporal. Para ello se realizaron estudios de alta resolución de las señales de susceptibilidad magnética en cuatro secciones clásicas del área tipo del Givetiense (De Vleeschouwer *et al.,* 2014).

Nosotros venimos realizando estudios de alta resolución Bio-cronoestratigráfica que se basan en eventos evolutivos de géneros y especies de conodontos. Nuestra área de trabajo principal es el Pirineo español, pero contrastamos los datos hispánicos con los de otras secciones mundiales para llegar al establecimiento de una escala de referencia global a escala zonal (Liao & Valenzuela-Ríos, 2017).

En este trabajo presentamos la subdivisión detallada del Givetiense mediante los estudios de conodontos realizados en distintas secciones que comprenden distintas facies. Con esta base contrastamos los datos biocronoestratigraficos con los astrocronológicos, los evaluamos e intentamos integrar ambos resultados en la Escala Temporal Global del Givetiense (GTS).

Referente a la duración estimada del Givetiense, calculada tanto por métodos biocronológicos como geofísicos, hay un acuerdo, que la sitúa aproximadamente en los 5 Ma.

El Givetiense se subdivide en 10 zonas de cono-

dontos de aplicación global que se basan en eventos evolutivos dentro de los géneros *Polygnathus*, *Schmidtognathus*, *Klapperina* y *Skeletognathus*. Esta detallada subdivisión zonal se puede aplicar a los materiales pirenaicos, confiriendo a los Pirineos una relevancia mundial en estudios Bio-cronoestratigráficos y, en especial, en apoyar la subdivisión en tres Pisos (Inferior, Medio y Superior) que ha sido aprobada por la Subcomisión Internacional de Estratigrafía del Devónico.

La estimación de la duración de cada una de las zonas de conodontos se alcanza mediante la combinación de la escala de Becker (2012) con nuestros datos de Unidades Compuestas (CSU) elaboradas en Gouwy *et al*. (2016), que complementan y refinan aquella.

La comparación con la escala cicloestratigráfica muestra discrepancias importantes que precluyen el uso de la escala astrocronológica hasta que ambas escalas puedan armonizarse.

Así, por ejemplo, según la escala cicloestratigráfica el Givetiense Inferior comprendería un 75% del tiempo total de duración asignado al Givetiense. En contraste, la escala basada en conodontos otorgaría al Givetiense Inferior un 16% del total del Givetiense.

Estos resultados cuestionan la actual escala cicloestratigráfica establecida para el Givetiense, aumentan la incertidumbre sobre la duración de las zonas de conodontos y previenen sobre el uso de la escala astrocronológica sin tener en cuenta otros valores e informaciones.

Agradecimientos

Este trabajo constituye una contribución al Proyecto PICG-652 "Reading geologic time in Palaeozoic sedimentary rocks". Representa una contribución del GIUV2017-395.

Bibliografía

Becker, R.T.; Gradstein, F.M., Hammer, O., 2012. The Devonian period. *In:* Gradstein, F.M., Ogg, J.G., Schmitz, M.D., Ogg, G.M. (Eds.), *The Geological Time Scale 2012*, Elsevier B.V., pp. 559-602.

Da Silva, A.C.; Hladil, J.; Chadimová L.; Slavík, L.; Hilgen, F.J.; Bábek, O. & Dekkers, M.J., 2016. Refining the Early Devonian time scale using Milankovitch cyclicity in Lochkovian-Pragian sediments (Prague Synform, Czech Republic). *Earth and Planetary Science Letters*, 455: 125-139.

De *Vleeschouwer,* D.; Boulvain, F., Da Silva, A.C.; Pas, D.; Labaye, C. & Claeys, P. 2014. The astronomical calibration of the Givetian (Middle Devonian) timescale (Dinat Synclinorium, Belgium). *Geological Society of London Special Publications*, 414: 25-37.

De *Vleeschouwer,* D.; Da Silva, A.C.; Sinnesael, M.; Chen, D.; Day, J.E.; Whalen, M.T.; Guo; Z. & Claeys, P., 2017. Timing and pacing of the Late Devonian mass extinction event regulated by eccentricity and obliquity. *Nature communications*, 8: 2268.

Gouwy, S.; Liao, J.-C. & Valenzuela-Ríos, J. I. (2016): Graphic correlation of the upper Eifelian to lower Frasnian (Middle-Upper Devonian) conodont sequences in the Spanish Central Pyrenees and comparison with composite standards from other areas. *Palaeontologica Electronica* 19.3.40A:1-18.

Liao, J.-C. & Valenzuela-Ríos, J. I. (2017): Givetian (Middle Devonian) historical bio- and chronostratigraphical subdivisión base don conodonts. *Lethaia* 50 (3): 440-446.

ROLES Y GÉNERO EN EL YACIMIENTO PALEONTOLÓGICO DE SOMOSAGUAS

P. López-Guerrero[1], A. Gómez Cano[1,2,3], P.M. Carro-Rodríguez[1,4,5], L. Domingo[1,4,5,6], S. Gamboa[1,4,5], I. Menéndez [1,4,5], M. Ríos[1], L.R. Sualdea[1,4], B.G. Yelo[7] & A. Oliver[1]

1 Colectivo Mujeres con los pies en la Tierra

2 Transmitting Science, C/ Gardenia 2, Piera, 08784, Barcelona (España).

3 Institut Català de Paleontologia Miquel Crusafont, Edifici ICP, Campus de la UAB s/n, 08193, Cerdanyola del Vallès. argomezcano@gmail.com

4 Departamento de Geodinámica, Estratigrafía y Paleontología (GEODESPAL), Universidad Complutense de Madrid, Madrid (España)

5 Departamento de Geología Sedimentaria y Cambio Medioambiental, Instituto de Geociencias (UCM, CSIC), Madrid, España.

6 Earth and Planetary Sciences Department, University of California Santa Cruz (EEUU)

7 Departamento de Ciencias Experimentales Sociales y Matemáticas, Facultad de Educación, UCM, Madrid, España

El yacimiento paleontológico de Somosaguas es una localidad de gran interés para la Paleontología ubicado en la Universidad Complutense de Madrid en Somosaguas (Pozuelo de Alarcón). En este yacimiento se han desarrollado campañas de excavación anuales y sistemáticas desde 1998 (Sualdea et al., in press) y se han descrito 24 especies de mamíferos, lo que ha permitido obtener una datación de alrededor de 14 millones de años (Aragoniense medio, Mioceno medio) (Hernández Fernández et al., 2006).

Durante estos 20 años de excavaciones se han desarrollado numerosos estudios científicos que han permitido describir la fauna de este yacimiento (Belaústegui, 2007; Sala-Burgos, 2007; López-Guerrero et al., 2013), algunas de ellas descritas por primera vez para la ciencia basadas en los restos encontrados en Somosaguas, como son el roedor *Cricetodon soriae* (Hernández Fernández et al., 2006) y el suido *Retroporcus complutensis* (Pickford & Laurent, 2014). Además, los datos recopilados han permitido describir cómo era el ambiente de Madrid en el Mioceno medio (García Yelo et al., 2014; Domingo et al., 2017; Menéndez et al., 2017).

No obstante, una de las características más notables de este yacimiento y que lo hacen prácticamente único a nivel mundial, es su ubicación dentro de un Campus Universitario. Esta localización ha permitido desarrollar, dentro del contexto de las excavaciones, actividades académicas y de divulgación que se suman a las científicas. Dentro de las actividades académicas, destaca la incorporación del alumnado de diferentes facultades a los trabajos de excavación, organización y dirección, atendiendo al empeño personal de la primera directora de la excavación, la doctora Nieves López Martínez, de eliminar barreras entre el profesorado y el alumnado. Este carácter abierto e inclusivo ha propiciado que numerosas personas de diversas áreas de conocimiento hayan participado en las campañas de excavación anuales. Sumando

a esto la meticulosidad que desde el primer momento inculcó la directora a todo el equipo con el que trataba, ha dado lugar a una base de datos en la que se refleja el número de asistentes, género, estudios de origen y ocupación dentro de la excavación.

Esta base de datos, además de permitir evaluar la evolución del interés en la excavación a través del número de asistentes a lo largo de los años, cubre un número de años lo suficientemente amplio como para poder hacer estudios de otras índoles. En este sentido, el objetivo de este trabajo es evaluar los roles de género en la excavación, abordando el estudio de género de la población que ha pasado por las distintas campañas.

Para ello se han analizado los datos de participación del alumnado excavador, así como de las personas que han dirigido cada una de las campañas de excavación. Se dispone de datos desde el año 2006 y hasta el año 2017 (figura 1).

Figura 1. Porcentaje de estudiantes mujeres y hombres que han participado en las campañas de excavación del yacimiento de Somosaguas desde el año 2006 y hasta el año 2017.

El alumnado que participa en las excavaciones se puede describir en términos generales como un conjunto paritario, pero hay que destacar que todas las campañas muestran mayoría de mujeres, a excepción de los años 2015 y 2016. También cabe destacar, a la vista de los datos obtenidos, la gran mayoría de participantes femeninas en el año 2017, que alcanzó un valor del 92%.

En cuanto a la dirección de la excavación, los datos recogidos abarcan el periodo comprendido entre 2013 y 2017, y hacen evidente un aumento en la participación de mujeres a lo largo del tiempo. Desde 2013 con una representación del 40% hasta el 2017 con una representación del 67% (figura 2).

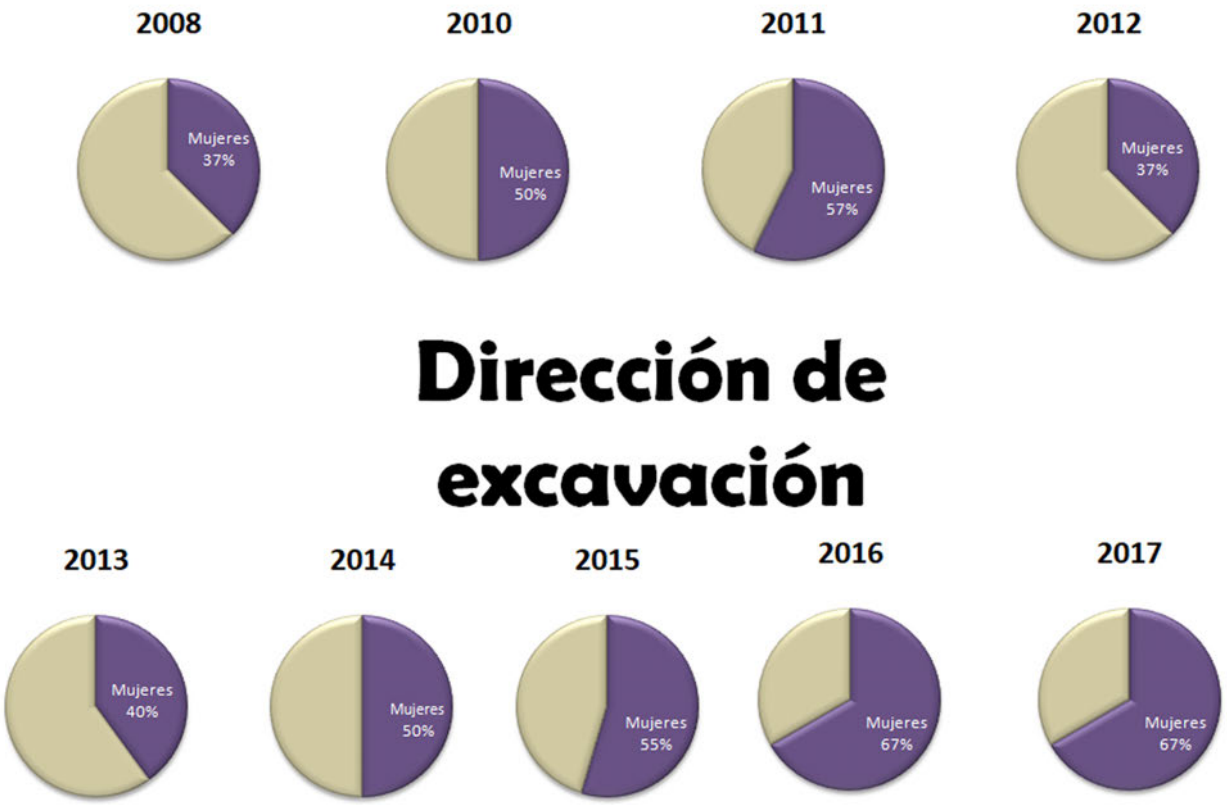

Figura 2. Porcentaje de hombres y mujeres que han sido directores de la excavación del yacimiento de Somosaguas.

Del mismo modo, la dirección de la excavación representa un conjunto bastante paritario, lo cual puede estar relacionado con la incorporación al equipo de parte del alumnado que participa en la excavación.

En cuanto a los roles establecidos en el yacimiento, cabe resaltar algunos matices: las personas se dividen entre la organización de la excavación y la organización de actividades divulgativas y educativas. En este caso existe un sesgo ya que son las mujeres las que principalmente se ocupan de las tareas de divulgación y difusión. Por ejemplo, la Comisión Coordinadora de las actividades de Divulgación (CCD) está formada exclusivamente por mujeres.

Evaluar los roles de género en los yacimientos paleontológicos permite establecer medidas de control para evitar situaciones de discriminación. Por ejemplo, un bajo número de mujeres participantes debería ir acompañado de un esfuerzo para fomentar la paleontología entre las estudiantes. Por otro lado, contar en el equipo de dirección científica del yacimiento con mujeres favorece la visibilización, proporcionando referentes para las estudiantes (Gibson & Lawrence, 2010).

Actualmente se está trabajando activamente desde comisiones Europeas para implementar políticas que favorezcan la diversidad en los entornos académicos y científicos (Bedsted et al., 2018; Mejlgaard et al., 2018). Este trabajo nos ha permitido evaluar los roles en el yacimiento paleontológico de Somosaguas. Los resultados obtenidos indican que las campañas para las que se dispone de datos son paritarias tanto en la participación de estudiantes como en la dirección del yacimiento.

Bibliografía

Belaústegui, Z. (2007). *Amphicyon*, un carnívoro gigante del Aragoniense de Somosaguas (Pozuelo de Alarcón, Madrid). En: Cambra Moo, O., Martínez Pérez, C., Chavero Macho, B., Escaso Santos, F., Esteban de Trivigno, S. & Marugán Lobón, J. (eds.), Cantera Paleontológica. Diputación Provincial de Cuenca, pp. 73-80.

Bedsted, B., Bitsch, L., Klüver, L., Nielsen, R. Ø., & Jørgensen, M. L. M. (2018). Towards an inclusive European innovation policy. Journal of Science Communication, 17(3), C03.

Domingo, L., Cuevas-González, J., Grimes, S.T., Hernández Fernández, M. & López-Martínez, N. (2009). Multiproxy reconstruction of the palaeoclimate and palaeoenvironment of the Middle Miocene Somosaguas site (Madrid, Spain) using herbivore dental enamel. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 272, 53–68; doi: 10.1016/j.palaeo.2008.11.006.

García Yelo B.A., Gómez Cano A.R., Cantalapiedra J.L., Alcalde G.M., Sanisidro O., Oliver A., Hernández-Ballarín, V., López-Guerrero, P., Fraile, S. and Hernández Fernández, M. (2014). Palaeoenvironmental analysis of the Aragonian (middle Miocene) mammalian faunas from the Madrid Basin based on body-size structure. Journal of Iberian Geology 40(1): 129.

Gibson, D.E., & Lawrence, B.S. (2010). Women's and men's career referents: How gender composition and comparison level shape career expectations. Organization Science, 21 (6), 1159-1175.ISO 690

López-Guerrero, P., García-Paredes, I. & Álvarez-Sierra, M.A. (2013). Revision of *Cricetodon soriae* (Rodentia, Mammalia), new data from the Middle Aragonian (Middle Miocene) of the Calatayud-Daroca Basin (Zaragoza, Spain). Journal of Vertebrate Paleontology, 33: 169-184.

Menéndez, I., Gómez Cano, A.R., García Yelo, B.A., Domingo, L., Domingo, M.S., Cantalapiedra, J., Blanco, F. & Hernández Fernández, M. (2017). Body-size structure of Central Iberian mammal fauna reveals semidesertic conditions during the middle Miocene Global Cooling Event. PLOS ONE, 12: e0186762; doi: 10.1371/journal.pone.0186762.

Mejlgaard, N., Woolley, R., Bloch, C., Bührer, S., Griessler, E., Jäger, A., Lindner, R., Bargmann Madsen, E., Maier, F., Meijer, I., Peter, V., Stilgoe, J. & Wuketich, M. (2018). A key moment for European science policy. Journal of Science Communication, 17(3).

Pickford, M. & Laurent, Y. (2014). Valorisation of palaeontological collections: nomination of a lectotype for *Conohyus simorrensis* (Lartet, 1851), Villefranche d'Astarac, France, and description of a new genus of *tetraconodont*. Estudios Geológicos, 70, e002.

Sala-Burgos, N., Cuevas-González, J. & López Martínez, N. (2007). Estudio paleopatológico de una hemimandíbula de *Tethytragus* (Artiodactyla, Mammalia) del Mioceno Medio de Somosaguas (Pozuelo de Alarcón, Madrid). Coloquios de Paleontología, 57: 7-14.

Sualdea, L.R., Oliver, A., Blanco, F., Menéndez, I., Hernández Fernández, Domingo, L & Gómez Cano, A.R. (in press). 20 years at campus: heritage assessment update for Somosaguas fossil geosite (Pozuelo de Alarcón, Madrid). Spanish Journal of

MEJORAS EN EL SISTEMA DE DOCUMENTACIÓN 3D EN YACIMIENTOS PALEONTOLÓGICOS: EL CASO DE BAZA-1 (GRANADA, ESPAÑA)

F.J. Luengo Gutiérrez[1], S. Ros-Montoya[2], M.P. Espigares Ortiz[2], P. Palmqvist[2], A. Guerra-Merchán[2], J.M. García-Aguilar[2], M.S. Mtimet[1], A. Rodríguez Rueda[3], D. de la Torre[2], T. Medin[1] & B. Martínez-Navarro[1,4,5]

1 Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social-IPHES, Campus Sescelades URV, 43007 Tarragona

2 Departamento de Ecología y Geología, Facultad de Ciencias, Campus Universitario de Teatinos, 29071 Málaga

3 Museo Ibero, Paseo de la Estación, 41, 23007 Jaén

4 Departament d'Història i Geografia, Campus Catalunya URV, Avda. Catalunya, 43002 Tarragona

5 ICREA, Pg. Lluís Companys 23, 08010 Barcelona

En este trabajo de investigación se quiere poner de relieve qué procedimientos se han venido utilizando en las últimas campañas para la documentación tridimensional tanto de los restos hallados como de la superficie excavada del yacimiento de Baza-1. Tras ello se hará un énfasis especial en cómo estas técnicas han ido desarrollándose y mejorándose a lo largo de las sucesivas campañas hasta llegar a protocolos de documentación con mayor precisión, menor coste y realizables en un menor tiempo.

Aunque el uso de la documentación tridimensional se está extendiendo en los yacimientos, tanto arqueológicos como paleontológicos, su utilidad principal sigue siendo la documentación general del yacimiento. En general, sólo en los yacimientos paleontológicos y arqueológicos del Pleistoceno se documentan las tres dimensiones de todos los restos hallados, es decir, su localización en el espacio (Luengo et al., 2016). La extensión del uso de la documentación tridimensional de las superficies de excavación se debe principalmente a la expansión de la fotogrametría, al haberse reducido los tiempos de procesado y aumentado la precisión de los modelos, así como al abaratamiento tanto del equipo fotográfico como del software necesarios para llevar a cabo el proceso (Luengo, 2016). Sin embargo, la mera documentación de las superficies de los yacimientos busca en la mayoría de los casos una finalidad expositiva, tratando de acercar a través de los nuevos canales de difusión la morfología de los yacimientos y llevar al espectador en una sensación inmersiva a la propia excavación desde casa. Pero esto dista mucho de una finalidad científica y, además, la calidad elaborada con fines de difusión no es válida para análisis complejos al tener que reducirse en gran medida los tamaños de los modelos tridimensionales para que sean accesible a través de internet.

Con este trabajo se quiere, así pues, profundizar en los usos científicos y divulgativos que ofrece la documentación tridimensional, poniéndolos de re-

lieve en el yacimiento paleontológico de Baza-1. Junto a ello, y debido a las reducidas dimensiones de la superficie excavada en el mismo (en torno a 36 m^2), se analizará cómo se pueden aprovechar diversos métodos procedentes del ámbito industrial y empresarial para llevar a cabo excavaciones mejor estructuradas y optimizadas, apoyadas en los trabajos tridimensionales de precisión técnica (Luengo, 2017). Estos métodos, Just-In-Time (Ohno, 1988) y el Método Lean (Ries, 2011), buscan testar constantemente los procedimientos llevados a cabo y comprobar su eficacia con nuevas mejoras y actualizaciones, a la vez que se trata de evitar procesos intermedios que retrasen la productividad.

Baza-1 es un yacimiento paleontológico encuadrado en el Plioceno inferior (Rusciniense), con una cronología cercana a los 4-4,5 Ma (Piñero et al., 2017). Se localiza en el sur de la Península Ibérica, en la cuenca de Baza (Granada). Concretamente, en el borde suroeste de la ciudad de Baza, en el Barranco de las Seguidillas-Cuesta del Francés (Fig. 1).

En este yacimiento se han extraído más de 1000 restos fósiles, correspondientes en su mayor parte a grandes mamíferos, representados por dos especies de proboscídeos, *Anancus arvernensis* y *Mammut borsoni*, un rinoceronte, *Stephanorhinus* sp. cf. *S. jeanvireti*, un caballo de tres dedos, cf. *Hipparion* sp., dos bóvidos, el primero de ellos de gran talla, *Alephis* sp., y el segundo de talla media-pequeña, cf. *Antilope* sp.; por otro lado, se ha registrado un cérvido de talla media, aún por determinar, Cervinae indet, además de un diente de suido y dos restos pertenecientes al orden Carnivora, recuperados en la campaña de 2018 (Ros-Montoya, 2010; Ros-Montoya et al., 2017). Son muy abundantes también los micromamíferos, especialmente los roedores: *Ruscinomys* sp., *Apocricetus barrierei*, *Debruijnimys julii*, *Apodemus gorafensis*, *Castillomys gracilis*, *Occitanomys* cf. *brailloni*, *Paraethomys meini*, *Paraethomys* aff. *abaigari*, *Stephanomys cordii*, *Trilophomys* cf. *castroi* y *Eliomys* aff. *Intermedius* (Piñero et al., 2017). Además, hay un importante registro de quelonios, Testudinae indet. y, en las dos últimas campañas, se han hallado abundantes restos vegetales carbonizados.

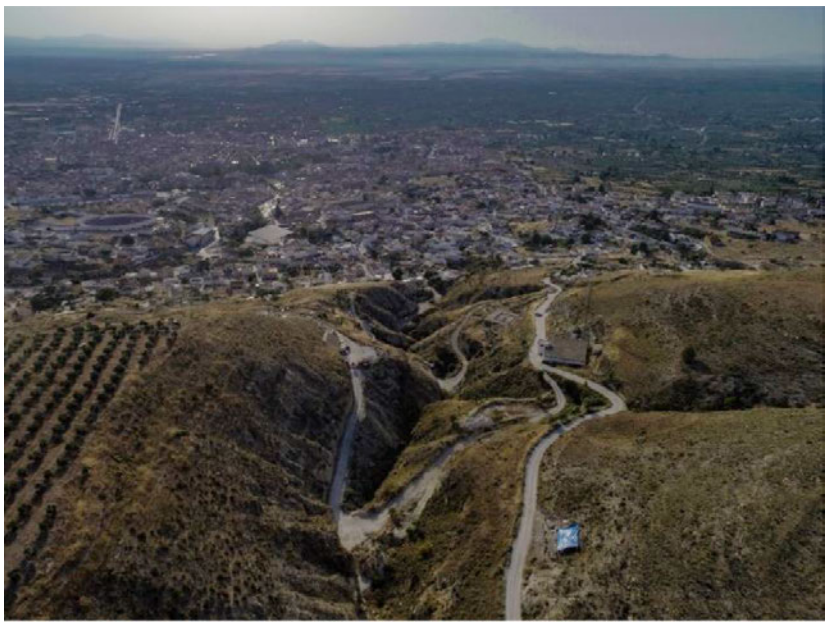

Figura 1. Imagen de la ciudad de Baza (parte superior) y el Barranco de las Seguidillas (parte inferior), donde se localiza el yacimiento de Baza-1 bajo el toldo azul. Tomada con un dron durante la campaña de 2018.

Desde su descubrimiento en la década de los noventa del siglo pasado, se han sucedido seis excavaciones sistemáticas: 2001, 2002, 2015, 2016, 2017 y 2018. El área de excavación ha ido creciendo, desde los 9 m^2 de la primera campaña hasta los actuales 36 m^2, y se espera aumentar la superficie de excavación a lo largo de las próximas campañas, lo que permitirá conocer mejor el yacimiento y el periodo en el que cronológicamente se ubica.

Cuando se habla de documentación tridimensional en yacimientos paleontológicos se hace referencia a dos posibles aspectos: (i) coordenar los elementos hallados a través de los ejes de ordenadas y abscisas; y (ii) documentar los registros a través de técnicas como la fotogrametría o el escáner láser. Aunque ambas aproximaciones buscan representar los elementos en un espacio tridimensional, la primera persigue documentar elementos aislados, mientras que la segunda se dirige a registrar el contexto en el que se hallan los primeros. Es la combinación de ambos datos lo que permite llegar a relaciones deposicionales más complejas y reveladoras.

Durante las campañas de excavación, el registro de la posición de los fósiles se documenta ubicándolos en un sistema de coordenadas. Este procedimiento difiere del utilizado actualmente en las excavaciones arqueológicas (a excepción de las excavaciones de cronología prehistórica), pero es el habitual en las excavaciones paleontológicas. Esto se debe a que, mientras que en las excavaciones arqueológicas se enfoca la atención en las Unidades Estratigráficas basadas en el Sistema de Matrices de Harris (Harris, 1989), en paleontología se usan los estratos geológicos en donde se encuentran los restos, sin tener en cuenta un contexto arqueológico o de otro tipo, pero sí el geológico. Aun así, aunque en Baza-1 se utiliza el método indicado por Laplace y Merloc (Laplace-Jauretche, 1971; Laplace-Jauretche y Méroc, 1954) para este tipo de yacimientos, se incorporan también métodos y técnicas propias de la arqueología, basadas en el sistema de Wheeler-Kenyon (Kenyon, 1939; Wheeler, 1954) que posteriormente actualizaría Leroi-Gourhan y Brézillon (1972).

Así pues, con este método se han podido sumar, hasta el momento, más de 1000 restos identificados y registrados tridimensionalmente. La superficie excavada, por su parte, se ha registrado fotogramétricamente desde 2017 (Fig. 2), tras una primera prueba realizada en 2016.

Como ya se ha mencionado, a lo largo del estudio se revisará la evolución de los métodos elegidos

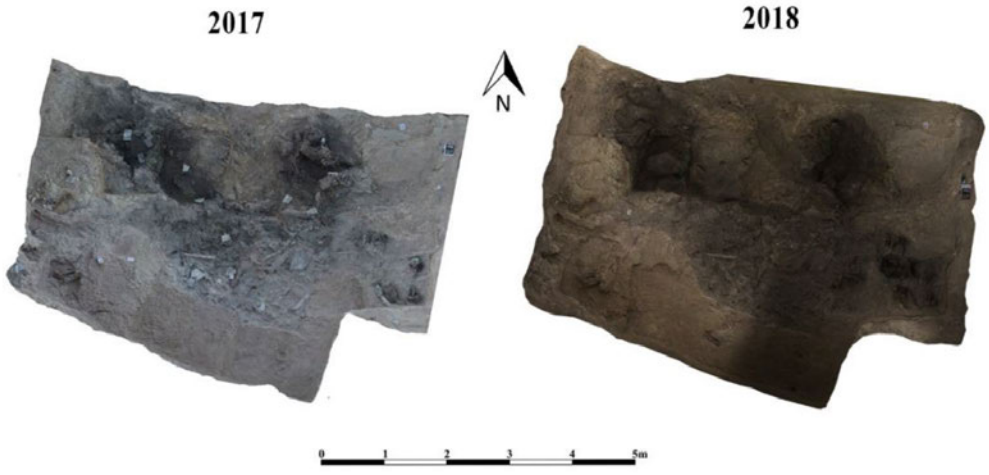

Figura 2. Ortomosaico cenital del área excavada del yacimiento de Baza-1 a finales de la campaña de 2017 y de 2018. Imagen: Francisco Javier Luengo Gutiérrez.

tanto para la documentación manual de los restos exhumados como del propio yacimiento, analizándose las mediciones realizadas durante las últimas campañas de excavación para conocer en detalle los tiempos destinados a cada actividad, intentando encontrar aquellos procedimientos que ocupen una mayor inversión temporal e intentar reducirlos, o si fuera posible, sustituirlos por otro método más rentable.

Se pretende con ello mostrar como los métodos pertenecientes al mundo empresarial e industrial, métodos Lean y método Just-In-Time (también conocido como método Toyota), se pueden aplicar también a la documentación de los yacimientos y cómo, tras ciertas adaptaciones, se han introducido en el yacimiento de Baza-1 durante los últimos dos años.

Agradecimientos

Las excavaciones en el yacimiento de Baza han sido autorizadas por la Junta de Andalucía, y financiadas desde 2015 por el Ayuntamiento de Baza. Esta investigación cuenta además con la ayuda de los proyectos MINECO CGL2016-80975-P y CGL2016-78577-P, así como por los grupos de investigación de la Generalitat de Catalunya 2017 SGR 859 y de la Junta de Andalucía RNM -146. Damos las gracias al Museo Arqueológico de Baza por el apoyo logístico al proyecto.

Bibliografía

Harris, E. C. (1989). *Principles of archaeological stratigraphy*. Retrieved from https://www.worldcat.org/title/principles-of-archaeological-stratigraphy/oclc/956707756&referer=brief_results

Kenyon, K. M. (1939). Excavation Methods in Palestine. *Palestine Exploration Quarterly*, *71*(1), 29–37. https://doi.org/10.1179/peq.1939.71.1.29

Laplace-Jauretche, G. (1971). *De l'application des coordonnées á la fouille stratigraphique*. Retrieved from http://www.aranzadi.eus/fileadmin/docs/Munibe/197122 3236.pdf

Laplace-Jauretche, G., & Méroc, L. (1954). Application des coordonnées cartésiennes à la fouille d'un gisement. *Bulletin de La Société Préhistorique de France*, *51*(1), 58–66. https://doi.org/10.3406/bspf.1954.12427

Leroi-Gourhan, A., & Brezillon, M. N. (1972). *Fouilles de Pincevent; essai d'analyse ethnographique d'un habitat magdalenien. (La section 36)*. Centre national de la recherche scientifique.

Luengo, J. (2016). Nuevos usos de la fotogrametría en arqueología. *Jornadas de Jóvenes Investigadores En Arqueología: Recientes Resultados Para Una Ciencia Interdisciplinar*.

Luengo, J. (2017). La profundidad de campo en la fotogrametría arqueológica. *Jornada Jóvenes Investigadores En Arqueología*. Burgos: Jornada Jóvenes Investigadores en Arqueología.

Luengo, J., Martínez-Navarro, B., & Lorenzo, C. (2016). La mayoría de edad de la fotogrametría y su uso en Venta Micena, Orce (Granada). *IX Jornadas Jóvenes Investigadores En Arqueología*.

Ohno, T. (1988). *Just-In-Time for Today and Tomorrow*. Cambridge: Productivity Press.

Piñero, P., Agustí, J., Oms, O., Blain, H.-A., Laplana, C., Ros-Montoya, S., & Martínez-Navarro, B. (2017). Rodents from Baza-1 (Guadix-Baza Basin, southeast Spain): filling the gap of the early Pliocene succession in the Betics. *Journal of Vertebrate Paleontology*, *37*(4), e1338294. https://doi.org/10.1080/02724634.2017.1338294

Ries, E. (2011). *The lean startup : how today's entrepreneurs use continuous innovation to create radically successful businesses*. London: Crown Publishing Group.

Ros-Montoya, S. (2010). *Los Proboscídeos del Plio-Pleistoceno de las Cuencas de Guadix-Baza y Granada*. Universidad de Granada.

Ros-Montoya, S., Martínez-Navarro, B., Espigares, M.-P., Guerra-Merchán, A., García-Aguilar, J. M., Piñero, P., … Palmqvist, P. (2017). A new Ruscinian site in Europe: Baza-1 (Baza basin, Andalusia, Spain). *Comptes Rendus Palevol*, *16*(7), 746–761. https://doi.org/10.1016/j.crpv.2017.05.005

Wheeler, M. (1954). *Archaeology from the earth*. Retrieved from https://www.worldcat.org/title/archaeology-from-the-earth/oclc/227755

THE IBERIAN LATEST EARLY PLEISTOCENE: GLACIAL PULSES, LARGE CARNIVORANS AND HOMININS

J. Madurell-Malapeira[1], L. Sorbelli[1], S. Bartolini Lucenti[2,3], I. Rufí[4], M. Prat-Vericat[1], S. Ros-Montoya[5], M.P. Espigares[5] & B. Martínez-Navarro[6,7,8]

1 Institut Català de Paleontologia Miquel Crusafont, Universitat Autònoma de Barcelona, Edifici ICTA-ICP, c/ de les columnes s/n Campus de la UAB, Cerdanyola del Vallès, 08193. Barcelona. Spain.

2 Regional PhD Programme in Earth Science, University of Pisa, via S. Maria 56, 56126, Pisa, Italy.

3 Earth Science Department, University of Florence, via La Pira 4, 50121, Firenze, Italy.

4Departament d'Història i Història de l'Art, Universitat de Girona, Pl. Ferrater Mora, 1. 17004 Girona, Spain.

5 Departamento de Ecología y Geología, Universidad de Málaga, 29071 Málaga.

6 IPHES, Institut Català de Paleecologia Humana i Evolució Social, Edifici W3, Campus de Sescelades, 43007 Tarragona, Spain.

7 Departament d'Història i Geografia, Campus Catalunya URV, Avda. Catalunya, 43002 Tarragona

8 ICREA, Pg. Lluís Companys 23, 08010 Barcelona

European Early Pleistocene paleoclimatic and faunal background

Since 2.6 Ma the Earth climate system enters for the first time a new dynamic of extensive glaciations modulated in 41-ka intervals of temperate and cold periods. These first glacial pulses, as expected, implied changes in the latitudinal distribution of plant species, the extinction of several large mammals adapted to humid or tropical environments, and the arrival of new mammal forms more adapted to open or savannah-like habitats. Later on, around 1.8 Ma, a new severe and long glacial pulse affected the Northern Hemisphere producing more changes in the European large mammal assemblages and enabling for the first time the dispersal of African hominins towards Mediterranean Europe. These scarcely recorded African newcomers, only helped with a primitive Oldowan lithic technology, needed to adapt to a seasonal changing environment, in which vegetal resources were very scarce, especially in winter times. As a consequence, hominins probably competed for animal food resources with the various large carnivorans.

This scenario changed radically at around 1.2-1.1 Ma. The Earth climate system enters in a new instable period with really short and dry temperate periods and strongly cold and long glacial pulses. This instability lasting around 0.5 Ma, is known in the literature as '*Early-Middle Pleistocene Transition*' (MPT). A great number of the key species characteristic of the Early Pleistocene, particularly several large carnivorans, disappeared from European taphocenosis dramatically. Indeed, during the MPT, the diversity of carnivorans families dwindled significantly and several species were replaced by African species. From their side, hominins probably benefited from this decrease in interspecific competition by the carnivoran guild. It is from the MPT that hominins become more abundantly recorded and also, technologically advanced (the first record of the Acheulian technology of

bifacial tools is from this time) (Madurell-Malapeira et al., 2010; 2017; Martínez-Navarro and Rabinovich, 2011; and references therein).

The Iberian Late Villafranchian (ca. 1.8-1.2 Ma)

The Iberian Late Villafranchian is excellently recorded mainly in the Guadix-Baza basin, specifically in the numerous sites of the Orce region e.g. Venta Micena (ca. 1.5 Ma), Barranco León (ca. 1.4 Ma) or Fuente Nueva 3 (ca. 1.2 Ma; Martínez-Navarro et al., 2018). As in other parts of the Mediterranean Europe, the Iberian Late Villafranchian is characterized by more or less stable climatic conditions, with alternations of wooded and open tundra-like environments and a numerous and diverse carnivore guild composed by *Homotherium latidens, Megantereon whitei, Panthera gombaszoegensis, Puma pardoides, Lynx pardinus, Pachycrocuta brevirostris, Ursus etruscus, Lycaon lycaonoides, Canis mosbachensis, Vulpes praeglacialis* and *Meles meles*. Noteworthy for their impact on the Late Villafranchian taphocenosis since their arrival is the short-faced giant hyaena *P. brevirostris* (Espigares et al., 2013; Madurell-Malapeira et al., 2017).

The most common medium to large herbivore species recorded at that time include: *Mammuthus meridionalis, Hippopotamus antiquus, Praemegaceros verticornis, Metacervocerus rhenanus, Equus altidens* and *Stephanorhinus hundsheimensis* (Madurell-Malapeira et al., 2014). Additionally, the oldest associations (e.g. Venta Micena) include medium-sized ungulates such as: *Sorgelia minor* or *Hemibos gracilis* and being the youngest commonly associated with *Ammotragus europaeus* and *Equus sussenbornensis* (Moullé et al., 2004; Martínez-Navarro et al., 2011).

Then, these associations are also characterized by the first records in Europe of the *Bison* genus with an undetermined moderately slender form and for the absence of suids (Martínez-Navarro et al., 2011; 2015).

Finally, the assemblages of Barranco León and Fuente Nueva 3 also record direct and indirect ev-

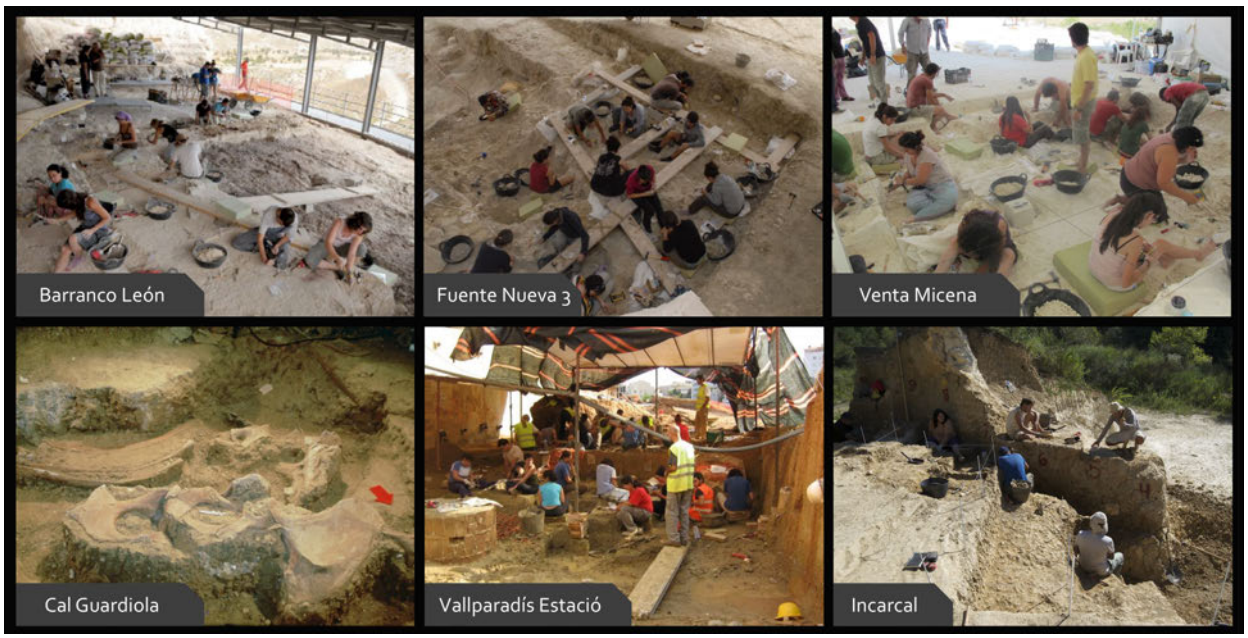

Figure 1. Systematic excavations performed in the Iberian late Early Pleistocene sites in the last 20 years. Design: L. Sorbelli.

idences of hominin presence (e.g., Oldowan tools), among the oldest records on Western Europe (Toro-Moyano et al., 2011; 2013).

The Iberian Epivillafranchian (ca. 1.1-0.8Ma)

The Iberian Epivillafranchian is represented by numerous sites around the peninsula including Cueva Victoria (Cartagena, 0.9 Ma), Barranc de la Boella (La Canonja, ca. 1.0-0.8 Ma), Trinchera Dolina (Atapuerca, TD4-6; ca. 0.9 Ma); Sima del Elefante (Atapuerca, TE9, ca. 1.1 Ma), Sierra del Chaparral (Cadiz, ca. 1.0 Ma), Húescar 1 (Baza Basin; ca. 0.9 Ma) and all the Early Pleistocene layers of the Vallparadís Section (Terrassa, ca. 1.1-0.8 Ma) (Madurell-Malapeira et al., 2014 and references therein).

The Epivillafranchian was characterized by a progressive increase in the amplitude of climate oscillations, the shift from 41 ka to quasi-100 ka orbital rhythm, the increasing of the long-term average global ice volume and the establishment of strong asymmetry in global ice volume cycles. It is also noteworthy that the long-term and extreme glaciation known as the '*0.9 Ma event*' occurred in correspondence to MIS24 and MIS22, with global ice volumes increasing substantially and surface sea temperatures reaching the lowest values in the North Atlantic (Maslin and Brieley, 2015; Head and Gibbard; 2015; Strani et al., 2019).

All these climatic shifts had important repercussions on the Mediterranean ecosystems, surprisingly most of the Villafranchian character species survived the '*0.9 Ma event*' being last recorded in the Vallparadís Estació Middle Unit and the Cal Guardiola Upper Unit (Madurell-Malapeira et al., 2010; 2014; 2017). These former layers correlated with MIS21 are probably synchronic to Cueva Victoria and Barranc de la Boella showing the last records of *M. whitei, P. pardoides, P. brevirostris, L. lycaonoides, H. antiquus, M. merdionalis* and *S. strozzi*. On the contrary, new African carnivores were first

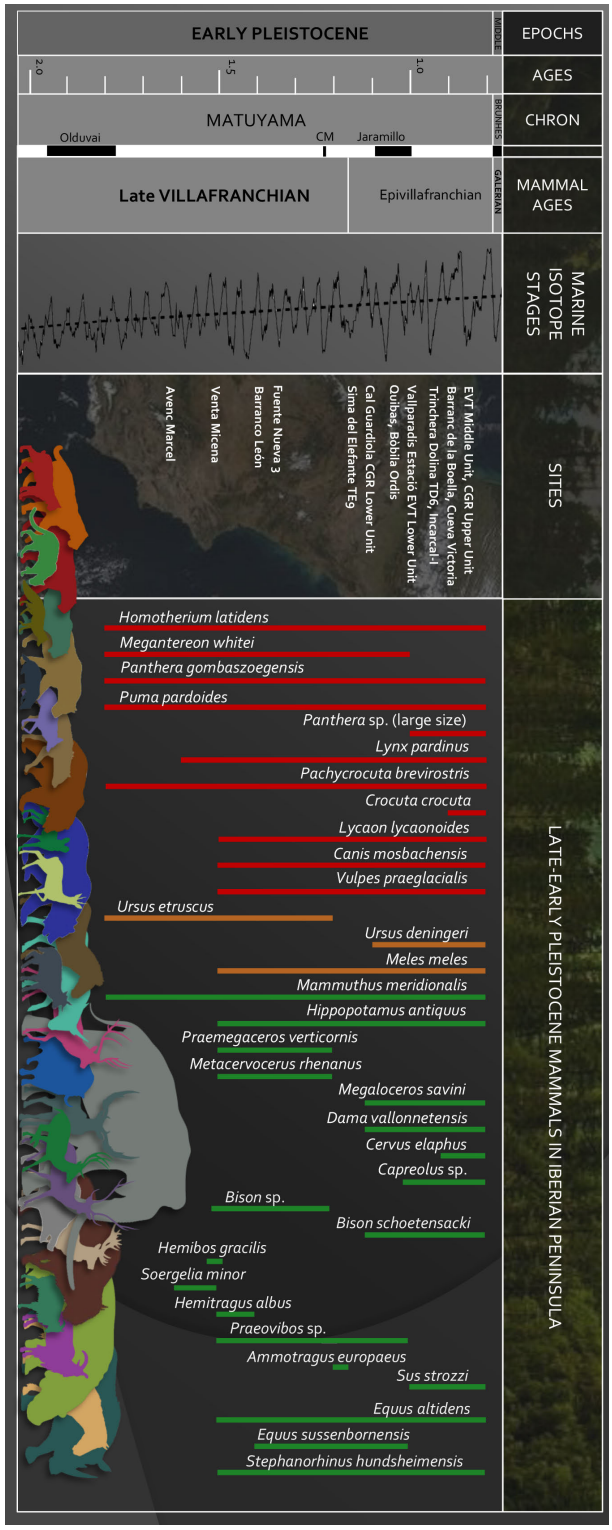

Figure 2. Chronological range of the Late Villafranchian and Epivillafranchian large mammals recorded in the Iberian Peninsula. Design: L. Sorbelli.

recorded in the mentioned sites, such as: *C. Crocuta* in TDW4 and *Panthera* sp. (large form) in EVT10 (Madurell-Malapeira et al., 2014 and references therein).

One of the principal differences between Late Villafranchian and Epivillafranchian Iberian assemblages is the composition of the cervid assemblage, composed by *P. verticornis* and *M. rhenanus* in the older and *M. savini*, *D. vallonnetensis*, *C. elaphus* and *Caproleus* sp. in the last. Also, the slender *Bison* recorded in Venta Micena were replaced by the stouter *B. schoetensacki* since CGRD2. It is also surprising the re-appearance of *S. strozzi* in Epivilafranchian associations being no recorded elsewhere in Late Villafranchian times (Martínez-Navarro et al., 2015).

Finally, the first European Acheulian tools were recorded in Barranc de la Boella associated with typically Villafranchian species (Vallverdú et al., 2014).

Conclusions

The systematic excavations performed the last 20 years in the late Early Pleistocene Iberian sites, as well as, the research done on it permitted clarify the hotly debated chronology on the former associations. Nowadays, the Iberian record for the Late Villafranchian and the Epivillafranchian are rather extensive and relevant, with a lot of sites and different paleontological levels that cover a long chronological span (from 1.6 to 0.8 Ma).

Acknowledgements

We acknowledge funding from Spanish Agencia Estatal de Investigación/European Regional Development Fund of the European Union (CGL2016-80975-P and CGL2017-82654-P, AEI/FEDER EU), and the Generalitat de Catalunya (CERCA Programme) and grant GENCAT 2017SGR 859.

ObcbnbjYbo

Espigares, M. P., Martínez-Navarro, B., Palmqvist, P., Ros-Montoya, S., Toro, I., Agustí, J., & Sala, R. (2013). *Homo* vs. *Pachycrocuta*: earliest evidence of competition for an elephant carcass between scavengers at Fuente Nueva-3 (Orce, Spain). *Quaternary International*, *295*, 113-125.

Head, M. J., & Gibbard, P. L. (2015). Early–Middle Pleistocene transitions: linking terrestrial and marine realms. *Quaternary International*, *389*, 7-46.

Madurell-Malapeira, J., Minwer-Barakat, R., Alba, D. M., Garcés, M., Gómez, M., Aurell-Garrido, J., ... & Berástegui, X. (2010). The Vallparadís section (Terrassa, Iberian Peninsula) and the latest Villafranchian faunas of Europe. *Quaternary Science Reviews*, *29*(27-28), 3972-3982.

Madurell-Malapeira, J., Ros-Montoya, S., Espigares, M. P., Alba, D. M., & Aurell-Garrido, J. (2014). Villafranchian large mammals from the Iberian Peninsula: paleobiogeography, paleoecology and dispersal events. *Journal of Iberian Geology*, *40*(1), 167-178.

Madurell-Malapeira, J., Alba, D. M., Espigares, M. P., Vinuesa, V., Palmqvist, P., Martínez-Navarro, B., & Moya-Sola, S. (2017). Were large carnivorans and great climatic shifts limiting factors for hominin dispersals? Evidence of the activity of *Pachycrocuta brevirostris* during the Mid-Pleistocene Revolution in the Vallparadís Section (Vallès-Penedès Basin, Iberian Peninsula). *Quaternary international*, *431*, 42-52.

Maslin, M. A., & Brierley, C. M. (2015). The role of orbital forcing in the Early Middle Pleistocene Transition. *Quaternary International*, *389*, 47-55.

Martínez-Navarro, B., Ros-Montoya, S., Espigares, M. P., & Palmqvist, P. (2011). Presence of the Asian origin Bovini, *Hemibos* sp. aff. *Hemibos gracilis* and *Bison* sp., at the early Pleistocene site of Venta Micena (Orce, Spain). *Quaternary International*, *243*(1), 54-60.

Martínez-Navarro, B., Madurell-Malapeira, J., Ros-Montoya, S., Espigares, M. P., Medin, T., Hortola, P., & Palmqvist, P. (2015). The Epivillafranchian and the arrival of pigs into Europe. *Quaternary International*, *389*, 131-138.

Martínez-Navarro, B. & Rabinovivh, R. (2011). The fossil Bovidae (Artiodactyla, Mammalia) from Gesher Benot Ya'aqov, Israel: Out of Africa during the EarlyeMiddle Pleistocene transition. Journal of Human Evolution, 60, 375-386.

Martínez-Navarro, B., Ros-Montoya, S., Espigares, M. P.,

Madurell-Malapeira, J., & Palmqvist Barrena, P. (2018). Los mamíferos del Plioceno y Pleistoceno de la Península Ibérica. *Revista PH: Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico*, *26*(94), 206-249.

Moullé, P. É., Echassoux, A., & Martinez-Navarro, B. (2004). *Ammotragus europaeus*: une nouvelle espèce de Caprini (Bovidae, Mammalia) du Pléistocène inférieur à la grotte du Vallonnet (France). *Comptes Rendus Palevol*, *3*(8), 663-673.

Strani, F., DeMiguel, D., Alba, D. M., Moyà-Solà, S., Bellucci, L., Sardella, R., & Madurell-Malapeira, J. (2019). The effects of the "0.9 Ma event" on the Mediterranean ecosystems during the Early-Middle Pleistocene transition as revealed by dental wear patterns of fossil ungulates. *Quaternary Science Reviews*, *210*, 80-89.

Toro-Moyano, I. T., Barsky, D., Cauche, D., Celiberti, V., Grégoire, S., Lebegue, F., ... & De Lumley, H. (2011). The archaic stone tool industry from Barranco León and Fuente Nueva 3, (Orce, Spain): evidence of the earliest hominin presence in southern Europe. *Quaternary International*, *243*(1), 80-91.

Toro-Moyano, I., Martínez-Navarro, B., Agustí, J., Souday, C., de Castro, J. M. B., Martinón-Torres, M., ... & Parés, J. M. (2013). The oldest human fossil in Europe, from Orce (Spain). *Journal of Human Evolution*, *65*(1), 1-9.

Vallverdú, J., Saladié, P., Rosas, A., Huguet, R., Cáceres, I., Mosquera, M., ... & Carrancho, Á. (2014). Age and date for early arrival of the Acheulian in Europe (Barranc de la Boella, la Canonja, Spain). *PLoS One*, *9*(7), e103634.

ACHEULIAN TOOLS AND VILLAFRANCHIAN TAXA: THE LATEST EARLY PLEISTOCENE LARGE MAMMAL ASSEMBLAGE FROM BARRANC DE LA BOELLA (NE IBERIAN PENINSULA)

J. Madurell Malapeira[1], L. Sorbelli[1], S. Ros-Montoya[2], B. Martínez-Navarro[3,4,5], J. Vallverdú[3,4,6] A. Pineda[3,4], A. Rosas[7], R. Huguet[3,4,6], I. Cáceres[4,3], A. García-Tabernero[7], L. López-Polín[3,4], A. Ollé[3,4] & P. Saladié[3,4,6]

1 Institut Català de Paleontologia Miquel Crusafont, Universitat Autònoma de Barcelona, Edifici ICTA-ICP, c/ de les columnes s/n Campus de la UAB, Cerdanyola del Vallès, 08193. Barcelona. Spain.

2 Departamento de Geología y Ecología, Universidad de Málaga, Campus de Teatinos, 29071 Málaga, Spain.

3 Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolucio Social-IPHES, Campus Sescelades URV, 43007, Tarragona, Spain
4 Departament dHistòria i Geografia, Campus Catalunya URV, Avda. Catalunya, 43002, Tarragona, Spain

5 ICREA, Pg. Lluís Companys 23, 08010, Barcelona, Spain

6 Unit associated to CSIC. Departamento de Paleobiologia. Museo Nacional de Ciencias Naturales, C/ José Gutierrez Abazcal, 2, 28006, Madrid, Spain

7 Paleoanthropology group, Department of Paleobiology, Museo Nacional de Ciencias Naturales (MNCN), Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Calle José Gutiérrez Abascal, 2, 28006 Madrid, Spain

Introduction

The late 80's and 90's of the past century, the research of a large group of paleoanthropologists, archaeologists and paleontologists was focused on finding the oldest hominin settlements of the Mediterranean Europe in late Early Pleistocene sediments (e.g. Bermúdez de Castro et al., 1997; Martínez-Navarro et al., 1997). This research was embedded in a hotly debate concerning the chronology of most of these sites (e.g. Roebroeks and Van Kolfschoten, 1994). During the last ten/fifteen years the efforts in this scenario were focused on refining the chronology of most of these sites (Duval et al., 2012), together with the discovery of new evidences in Central France and eastern Europe (Sirakov et a., 2010)

Nowadays, the current scenario shows that the earliest occurrences of direct and indirect hominin evidences date to ca. 1.5 Ma (Arzarello et al., 2007; Toro-Moyano et al., 2013) with well-defined assemblages of Oldowan tools and typical Late Villafranchian large mammal associations in where the main bone-modifying agent in the taphocenosis was the giant hyena *Pachycrocuta brevirostris* (Espigares et al., 2013). In the recent literature the Late Villafranchian times were usually associated with more or less stable climatic conditions, with alternations of wooded and open tundra-like environments and a well-diversified carnivore guild.

Noteworthy research was also performed during the last 20 years in slightly younger sites such as Le Vallonnet (ca. 1.1 Ma), Cueva Victoria (0.9 Ma), Huéscar 1 (0.8 Ma) and Vallparadís Section (ca. 1.1 to 0.6 Ma), redefining their chronology and formation patterns (e.g. Madurell-Malapeira et al., 2017; Ros-Montoya et al., 2018). From a more global paleoclimatic point of view, the latest Early Pleistocene (ca. 1.1-0.8 Ma) represents a radical change in Earth climate system known in the literature as the *'Early-Middle Pleistocene Transition'* characterized by the shift in the predominant or-

bital rhythm from 41 ka (i.e., inclination) to quasi-100 ka (i.e., eccentricity) and the establishment of strong asymmetry in global ice volume cycles. In this context, it is also noteworthy a long-term and extreme glaciation known as the '*0.9 Ma event*', which took place in correspondence to marine isotope stages MIS24 and MIS22 (Maslin and Brieley, 2015; Head and Gibbard; 2015; Strani et al., 2019).

Surprisingly, in this climatic context most of the Villafranchian species (and also the carnivore guild) persisted in the Mediterranean Europe, vanishing the taphocenoses close to the Early-Middle Pleistocene boundary that survived the '*0.9 Ma event'*.

Since 2007 several systematic field surveys were performed in the Barranc de la Boella sequence (La Canonja, Francolí Basin). Surprisingly, the reported evidence shows a typical Epivillafranchian assemblage with hippos, mammoths and deer associated with well-preserved Acheulian tools (Vallverdú et al., 2014).

Geological and geographical background

The Barranc de la Boella site is located in an active ravine close to the town of la Canonja (Tarragona) in the northeastern of the Iberian Peninsula, consisting of a 9 m thick sedimentary succession that contains 6 lithostratigraphic units, which have been described in detail by Vallverdú et al. (2014). To date, systematic excavations have been performed in three different locations along the ravine: Pit 1, el Forn and la Mina. Lithostratigraphic Unit II is the richest in terms of archaeo-palaeontological abundance among the three sites. Units II and III have recently been dated to slightly less than one million years old in the 3 pits, based on biostratigraphy, magnetostratigraphy and cosmogenic nuclides (0.96–0.781 Ma; Vallverdú et al., 2014).

Results, the large mammal assemblage

The large mammal assemblage from Barranc de la Boella was never described in detail. However, a preliminary faunal list was published by Vallverdú et al. (2014) including the following taxa*: Macaca sylvanus*, cf. *Panthera gombaszoengensis*, cf. *Pachycrocuta brevirostris*, *Ursus* sp., *Canis* sp., *Mammuthus meridionalis*, *Hippopotamus antiquus*, Bovini indet., *Megaloceros savini, Dama* cf. *vallonnetensis, Cervus* sp., *Sus strozzi, Stephanorhinus hundsheimensis* and *Equus* cf. *stenonis*.

First of all, the description of the primate remains from this site is out of the scope of this study. Concerning the carnivore guild, remains of a large pantherine with conical canines were recovered. As noted above, these remains were previously included in the species *Panthera gombaszoegensis;* however, remains of another coeval large pantherine cat were identified in other synchronous sites such as Cueva Victoria and Vallparadís Estació (Madurell-Malapeira et al., 2017; J.M.-M. unpublished data), putatively related with the steppe lion. For the aforementioned reason we prefer to include these remains in *Panthera* sp. (large size) awaiting for more taxonomically significant elements and taking into account the extreme sexual dimorphism in felids. An upper canine of a small feline was also identified in the sample; the morphology and biometrical measurements of it perfectly fit with previously described late Early Pleistocene remains of the Iberian Lynx, *Lynx pardinus* (Boscaini et al., 2016). Several coprolites were also unearthed in different layers of the sequence. To make taxonomical identifications of the basis of indirect evidence is also clearly out of the scope of this study, i.e. the former remains are ascribed to Hyaenidae indet. Different autopodial remains of a large ursine and several teeth of a senile individual were recovered. The former remains display the same morphology and stoutness than the previously identified elements from Cueva Victoria and Vallparadís Section included

in the hypodigm of *Ursus deningeri* (Madurell-Malapeira et al., 2009, 2010, 2015, 2017). Finally, a complete lower m3 of a medium-sized canid was identified in the sample and included in the taxon *Canis mosbachensis* (Bartolini-Lucenti et al., 2017).
One of the most abundant and highlighted specimens from La Boella are the proboscidean remains, including post-cranial remains, tusks and isolated teeth. Specifically, four M3 are studied displaying the typical occlusal figure, plate frequency, enamel thickness and crown high that corresponds to *Mammuthus meridionalis*. Given the number of plates and the enamel thickness, these remains would correspond to an advanced form of this species.

Dentognathic as well as post-cranial remains of a large and stout hippopotamid were unearthed. They fit perfectly with the latest Early Pleistocene forms traditionally included in *Hippopotamus antiquus* (Madurell-Malapeira, 2006). Concerning the cervids, post-cranial remains and isolated teeth of a Megacerine are under study. However, the absence of antlers prevents the genetic or specific attribution of these remains. Previous studies also cited the presence of *Cervus elaphus* in the sample. In fact, a lot of postcranial remains of a medium-sized cervid were unearthed from different layers, but these specimens (as well as several antlers or antler fragments) seem more similar and covers the known variability of the thousands of remains from the Vallparadís Section included in *Dama vallonnetensis* by the authors (Madurell-Malapeira et al., 2017; J.M.-M unpublished data). Finally, a shed antler of the genus *Capreolus* was studied without other axial or appendicular specimens associated. As we expected, few postcranial and isolated teeth of a short-legged and stouter bovid can be identified in the sample displaying the same characters observed recently in the elements included in *Bison schoetensacki* in the Vallparadís Section (Sorbelli et al., 2018). Another work in progress allowed us to justify the re-appearance of *Sus strozzi* in Epivillafranchian sites (e.g., Vallonnet and Vallparadís Section; Cherin et al, 2019), as a lower canine from La Boella displays the same characters.

Finally, and concerning the perissodactyls, several specimens including two partial hemimandibles testify the presence of the species *Equus altidens* and *Stephanorhinus hundsheimensis*. The afromentioned dentognathic remains were compared with the extensive collection from layer EVT7 of Vallparadís Section (Madurell-Malapeira et al., 2010, 2017).

Conclusions

The present study represents the first attempt to describe in detail the large mammal assemblage of Barranc de la Boella previously included in the late Early Pleistocene (ca. 1.0-0.8 Ma). The studied carnivorans, proboscideans, artiodactyls and perissodactyls are included in the following taxa: *Panthera* sp. (large size), *Lynx pardinus*, Hyaenidae indet., *Ursus deningeri, Canis mosbachensis, Mammuthus meridionalis, Hippopotamus antiquus*, Megacerini indet., *Dama vallonnetensis, Capreolus* sp., *Bison schoetensacki, Sus strozzi, Stephanorhinus hundsheimensis* and *Equus altidens*. The former species and the characteristics observed on the studied specimens display virtually the same morphology as the previously studied material from geographically close sites such as Vallparadís Section, Cueva Victoria or Incarcal complex.

In summary, the large mammal assemblage of Barranc de la Boella is a typically Epivillafranchian Jaramillo or post-Jaramillo assemblage assimilable to the layers EVT12, EVT7 or CGRD7 of the Vallparadís Section, which covers a chronological span from 1.0 (MIS31) to 0.86 Ma (MIS21).

Figure 1. A, Left hemi-hemimandible of *Stephanorhinus hundshemensis* in buccal and occlusal views; B, Right maxillar of *Hippopotamus antiquus* in buccal, occlusal and lingual views; C, Right hemi-mandible of Equus altidens in buccal and occlusal views; D, Right antler of *Dama vallonnetensis* in lateral view; E, right hemi-manfibular fragment of *Bison schoetensacki* in occlusal and lingual views; F, right maxillar fragment of *Dama vallonnetensis* in occlusal and buccal views; G, first phalanx of *Panthera* sp. (large size) in dorsal and palmar views; H, shed antler of *Capreolus* sp. in lateral view; I, left and right upper third molars of *Mammuthus meridionalis* in occlusal and buccal views; L, left upper canine of *Lynx pardinus* in lingual and buccal views ; M, left lower canine of *Sus strozzi* in buccal view.

Acknowledgements

The work at the Barranc de la Boella was performed with the financial support of the Spanish Ministerio de Economía, Innovación y Universidades projects CGL2016-80000-P, CGL2016-80975-P and CGL2017-82654-P (MINECO) and the Generalitat de Catalunya, AGAUR agency, funded projects 2017 SGR-1040 and 2017 SGR-859, and supported within the framework of CERCA Programme/Generalitat de Catalunya. Financial support for the Barranc de la Boella fieldwork and archaeological excavation was provided by the Ajuntament de la Canonja, the Diputació de Tarragona and the Departament de Cultura (Servei d'Arqueologia i Paleontologia) (CLT009/18/00053) of the Generalitat de Catalunya.

References

Arzarello, M., Marcolini, F., Pavia, G., Pavia, M., Petronio, C., Petrucci, M., ... & Sardella, R. 2007. Evidence of earliest human occurrence in Europe: the site of Pirro Nord (Southern Italy). Naturwissenschaften, 94(2), 107-112.

Bartolini-Lucenti, S., Alba, D. M., Rook, L., Moyà-Solà, S., & Madurell-Malapeira, J. 2017. Latest Early Pleistocene wolf-like canids from the Iberian Peninsula. Quaternary Science Reviews, 162, 12-25.

Boscaini, A., Alba, D. M., Beltrán, J. F., Moya-Sola, S., & Madurell-Malapeira, J. 2016. Latest Early Pleistocene remains of Lynx pardinus (Carnivora, Felidae) from the Iberian Peninsula: taxonomy and evolutionary implications. Quaternary Science Reviews, 143, 96-106.

Bermúdez de Castro, J., Arsuaga, J. L., Carbonell, E., Rosas, A., Martınez, I., & Mosquera, M. 1997. A hominid from the Lower Pleistocene of Atapuerca, Spain: possible ancestor to Neandertals and modern humans. Science, 276(5317), 1392-1395.

Cherin, M., Alba, D.M., Crotti, M., Meconero, S., Moullé, P.E., Sorbelli, L., Utschig, G., Madurell-Malapeira, J. 2019. The Suid record from Vallparadís Section (NE Iberian Peninsula) and post-Jaramillo persistence of Sus strozzi in Europe. Paleodays 2019, XIX Riunione annual della Società Paleontologica Italiana, Benevento/Pietraroja, Maggio 2019.

Duval, M., Falguères, C., Bahain, J. J., Grün, R., Shao, Q., Aubert, M., ... & Toro-Moyano, I. 2012. On the limits of using combined U-series/ESR method to date fossil teeth from two Early Pleistocene archaeological sites of the Orce area (Guadix-Baza basin, Spain). Quaternary Research, 77(3), 482-491.

Espigares, M. P., Martínez-Navarro, B., Palmqvist, P., Ros-Montoya, S., Toro, I., Agustí, J., & Sala, R. 2013. Homo vs. Pachycrocuta: earliest evidence of competition for an elephant carcass between scavengers at Fuente Nueva-3 (Orce, Spain). Quaternary International, 295, 113-125.

Head, M. J., & Gibbard, P. L. 2015. Early–Middle Pleistocene transitions: linking terrestrial and marine realms. Quaternary International, 389, 7-46.

Madurell-Malapeira, J. 2006. Estudi de les restes d'Hippopotamus antiquus (Hippopotamidae, Mammalia) del jaciment del Pleistocè inferior de Cal Guardiola (Terrassa). Unpublished master thesis, Universitat Autònoma de Barcelona.

Madurell-Malapeira, J., Alba, D. M., & Moyà-Solà, S. 2009. Carnivora from the late Early Pleistocene of Cal Guardiola (Terrassa, Vallès-Penedès Basin, Catalonia, Spain). Journal of Paleontology, 83(6), 969-974.

Madurell-Malapeira, J., Minwer-Barakat, R., Alba, D. M., Garcés, M., Gómez, M., Aurell-Garrido, J., ... & Berástegui, X. 2010. The Vallparadís section (Terrassa, Iberian Peninsula) and the latest Villafranchian faunas of Europe. Quaternary Science Reviews, 29(27-28), 3972-3982.

Madurell-Malapeira, J., Morales, J., Vinuesa, V., & Boscaini, A. 2015. Úrsidos, hiénidos y fèlidos del Pleistoceno inferior de Cueva Victoria (Cartagena, Murcia). Mastia, 11, e13.

Madurell-Malapeira, J., Alba, D. M., Espigares, M. P., Vinuesa, V., Palmqvist, P., Martínez-Navarro, B., & Moya-Sola, S. 2017. Were large carnivorans and great climatic shifts limiting factors for hominin dispersals? Evidence of the activity of Pachycrocuta brevirostris during the Mid-Pleistocene Revolution in the Vallparadís Section (Vallès-Penedès Basin, Iberian Peninsula). Quaternary international, 431, 42-52.

Maslin, M. A., & Brierley, C. M. 2015. The role of orbital forcing in the Early Middle Pleistocene Transition. Quaternary International, 389, 47-55.

Martínez-Navarro, B., Turq, A., Ballester, J. A., & Oms, O. 1997. Fuente Nueva-3 (Orce, Granada, Spain) and the first

human occupation of Europe. Journal of Human Evolution, 33(5), 611-620.

Roebroeks, W., & Van Kolfschoten, T. 1994. The earliest occupation of Europe: a short chronology. Antiquity, 68(260), 489-503.

Ros-Montoya, S., Palombo, M.R., Espigares, M.P., Palmqvist, P., Martínez-Navarro, B. 2018. The mammoth from the archaeo-paleontological site of Huéscar-1: A tile in the puzzling question of the replacement of Mammuthus meridionalis by Mammuthus trogontherii in the late Early Pleistocene of Europe. Quaternary Science Reviews, Volume 197, 1, 336-351.

Sirakov, N., Guadelli, J. L., Ivanova, S., Sirakova, S., Boudadi-Maligne, M., Dimitrova, I., ... & Iordanova, N. 2010. An ancient continuous human presence in the Balkans and the beginnings of human settlement in western Eurasia: A Lower Pleistocene example of the Lower Palaeolithic levels in Kozarnika cave (North-western Bulgaria). Quaternary International, 223, 94-106.

Strani, F., DeMiguel, D., Alba, D. M., Moyà-Solà, S., Bellucci, L., Sardella, R., & Madurell-Malapeira, J. 2019. The effects of the "0.9 Ma event" on the Mediterranean ecosystems during the Early-Middle Pleistocene transition as revealed by dental wear patterns of fossil ungulates. Quaternary Science Reviews, 210, 80-89.

Sorbelli, L., Cherin, M., Alba, D.M., Madurell-Malapeira, J. 2018. Bison remains from the latest Early Pleistocene of Vallparadís Section (Vallès-Penedès Basin, Iberian Peninsula) and comparison with the bovid sample from Ellera di Corciano (Italy). XVI Annual Meeting of the European Association of Vertebrate Palaeontologists, Caparica, Portugal, June 2018.

Toro-Moyano, I., Martínez-Navarro, B., Agustí, J., Souday, C., de Castro, J. M. B., Martinón-Torres, M., ... & Parés, J. M. 2013. The oldest human fossil in Europe, from Orce (Spain). Journal of Human Evolution, 65(1), 1-9.

Vallverdú, J., Saladié, P., Rosas, A., Huguet, R., Cáceres, I., Mosquera, M., ... & Carrancho, Á. 2014. Age and date for early arrival of the Acheulian in Europe (Barranc de la Boella, la Canonja, Spain). PLoS One, 9(7), e103634.
lonnetensis in occlusal and buccal views.

REPRESENTACIÓN DE HIPÓTESIS EN PALEOARTE. EL CASO DINOSAURIOS DEL CRETÁCICO DE CASTILLA-LA MANCHA

E. Manzanero Criado

Grupo de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Educación a Distancia, Paseo de la Senda del Rey 9, 28040, Madrid, España.
eloy5323@gmail.com

Introducción

Recientemente, ha crecido el interés por la información comunicada a través de la imagen de la vida prehistórica (Witton et al., 2014), probablemente ligado al incremento de la presencia del estudio del paleoarte en la literatura científica, y a las implicaciones que puede tener sobre la investigación (Manzanero, 2018b) y la divulgación científica (Simonet Roda & Manzanero, 2019).

Es destacable el caso del análisis de los factores que influyen en la imagen de determinados taxones de un grupo y sus consecuencias para el conocimiento de estos, como en el caso de Cariamiformes (Manzanero, 2019b) e incluso desde la perspectiva de diversas etapas descritas para la evolución del paleoarte en un marco social-cultural (Lescaze, 2017). Asimismo, se han obtenido conclusiones sobre un material más concreto, comparadas en un marco temporal más limitado en el caso de las representaciones de Troodontidae en una circunstancia tan particular en este clado, como es la descripción de 7 especies en 2017 (Manzanero, 2018a). Se tratan en este trabajo representaciones de dinosaurios procedentes de yacimientos de Castilla-La Mancha, España, con la finalidad de establecer comparaciones dentro de un conjunto de taxones que son difundidos por los mismos medios, comparando las hipótesis presentes en la literatura científica del momento y la posible influencia de reconstrucciones previas.

Metodología

Material

Se comparan representaciones de los primeros resultados con más visionados del buscador de imágenes de google y en galerías del sitio web DeviantArt, espacio utilizado por numerosos paleoartistas de relevancia internacional.

Holotipo de *Iberomesornis romerali* LH-22 (Sanz &

Bonaparte, 1992), holotipo de *Concornis lacustris* LH-2814 (Sanz & Buscalioni, 1992), holotipo de *Pelecanimimus polyodon* LH-7777 (Pérez-Moreno et al., 1994), holotipo de *Eoalulavis hoyasi* LH-13500 (Sanz et al., 1996), holotipo de *Concavenator corcovatus* LH-6666 (Ortega et al., 2010), holotipo de *Lohuecotitan pandafilandi* HUE-EC-01 (Díez-Díaz et al., 2016).

Métodos

Para valorar la representación de las estructuras, se utilizan los métodos de reconstrucción secuencial y horquillado filogenético de Ansón & Hernández-Fernández (2013).

El material visual comparado, se observa para lapsos de tiempo similares y se da relevancia a los resultados con más visionados para cada caso, siguiendo la homogeneización de circunstancias propuesta en Manzanero (2018a).

Resultados y Discusión

Concavenator corcovatus, I. romerali, L. pandafilandi y P. polyodon, cuentan con esculturas realizadas para las instituciones, cuyos caracteres podrían tener un variable grado de influencia sobre las representaciones en medios externos. Esta influencia, es relativamente pequeña en comparación con la estudiada en taxones más amplios y conocidos desde hace más tiempo, sea el caso de Cariamiformes (Manzanero, 2019b); y en determinados caracteres podría responder a una convergencia en el método de reconstrucción, siendo especialmente factible para los tonos llamativos en las ornamentaciones de *Concvenator corcovatus* y *P. polyodon*.

Dentro de las enantiornitas de Las Hoyas, *Concornis lacustris* y *E. hoyasi* presentan una gran disparidad en sus patrones de color, algo razonable, dada la inmensa limitación que supondría predecir la coloración de un ave actual de talla pequeña y de nicho ecológico relativamente desconocido. No es el caso de *I. romerali*, donde predomina una elección de patrones pardos y/o azulados probablemente influidos por las esculturas presentadas inicialmente por las instituciones. Se observa puntualmente, la asignación de la misma reconstrucción a varios de estos tres géneros; quizá debido a la dificultad para identificar sus caracteres descriptivos en las representaciones.

Fuera de las instituciones hay mayor diversidad en las representaciones de *P. polyodon* y *Concavenator corcovatus*, probablemente como consecuencia de poseer restos craneales y la difusión de información sobre sus caracteres, particulares dentro de sus linajes; sin embargo, estos están representados de forma más incongruente con la información disponible, que en el caso de *L. pandafilandi*.

Aun presentando más diversidad en la representación de sus estructuras, son relativamente frecuentes los casos de *P. polyodon* y *Concavenator corcovatus* con tegumentos (y más particularmente, patrones de color) similares a los representados en paleorreconstrucciones del paleoartista Raúl Martín. En cambio, los *P. polyodon* representados por el paleoartista Mauricio Antón, con una representación del tegumento craneal detallando las hipótesis de Pérez-Moreno et al., (1994), han trascendido relativamente poco en imágenes posteriores. Este resultado es previsible de acuerdo a dos posibles factores limitantes para la representación en detalle del tegumento en dinosaurios: por un lado, la limitada información del registro, como en el caso de terópodos (Manzanero, 2018a & 2019a); y por otro la falta de difusión de esta información en taxones con más evidencias fósiles directas, como en el caso de Hadrosauridae (Manzanero, 2018b).

Existe una gran disparidad en la representación de filamentos tegumentarios en el paleoarte de terópodos no Maniraptoriformes (Chávez et al., 2017). Esta situación ocurre en el caso de *Concavenator corcovatus*, en cuyas representaciones se reconocen ha-

bitualmente animales con monofilamentos alineados en el antebrazo, conforme a las hipótesis provenientes de la investigación directa de sus restos (Ortega et al., 2010; Cuesta et al., 2015). Aun así, también son frecuentes tanto las representaciones carentes de estos monofilamentos, como las que los presentan más extendidos, e incluso presentando plumas complejas (no encontradas fuera de Maniraptoriformes). En el caso de las estructuras tegumentarias más extensas, podría haber una influencia de los fósiles contemporáneos de tiranosauroides con extensas cubiertas de filamentos, siendo de particular interés el caso de *Yutyrannus wahli*. En las reconstrucciones tradicionales, los terópodos de gran tamaño presentan una cubierta de filamentos poco extensa o nula, pero *Y. huali* abre la posibilidad a la presencia de una cubierta con función de aislamiento térmico en paleoclimas relativamente fríos (Xu et al., 2012). Este y otros factores funcionales son tomados en cuenta entre las hipótesis representadas en el paleoarte de terópodos de tamaño relativamente grande, pudiendo explicar esta variabilidad en representaciones de *Concavenator corcovatus*.

Conclusiones

Las reconstrucciones de terópodos no avianos de Castilla-La Mancha, presentan mayor diversidad que el resto de taxones de dinosaurios cretácicos allí descritos.

La presencia de tegumentos parcialmente conservados, genera más disparidad que homogeneidad en las reconstrucciones.

Dado el variable conocimiento de los caracteres para cada taxón, se necesita incluir comparaciones relativas a la información disponible, incluyendo otras variables fuera del lugar estudiado. Futuros trabajos afrontarán el estudio de la representación del tegumento en torno a los linajes de dinosaurios donde es conocido.

Incluso en las representaciones vinculadas con las instituciones responsables del estudio de los taxones aquí tratados, existen numerosas limitaciones para la representación paleoartística de los dinosaurios castellano-manchegos. La mejora de la eficacia de las reconstrucciones es uno de los factores que puede reducir estas limitaciones.

Aparentemente, la falta de caracteres descriptivos en las representaciones conlleva a confusiones en la asignación de las obras con el taxón correspondiente.

Bibliografía

Ansón, M. & Hernández-Fernández, M. 2013. Artistic reconstruction of the appearance of Prosantorhinus Heissig, 1974, the teleoceratine rhinoceros from the Middle Miocene of Somosaguas, Spanish journal of palaeontology, 28 (1). pp 43-54.

Chávez, C. L., Ocampo-Cornejo, P. G., Manzanero, E. 2017. Depicting Chilesaurus diegosuarezi (Dinosaria: Theropoda). Barrios de Pedro, S. et al. (ed.) A Glimpse of the Past. Abstract Book de XV Encuentro de Jóvenes Investigadores en Paleontología/XV Encontro de Jovens Investigadores em Palentologia, Lisboa. 101-105.

Cuesta, E., Ortega, F., Sanz, J. 2015. Ulnar bumps of Concavenator. Quill Knobs or Muscular scar? Myological Reconstruction of the forelimb of Concavenator corcovatus (Lower Cretaceous, Las Hoyas, Spain). Abstracts of papers of the 75th Annual Meeting of the Society of Vertebrate Paleontology: 111-112.

Díez Díaz, V., Mocho, P., Páramo, A., Escaso, F., Márcos-Fernández, F., Sanz, J. L., Ortega, F. 2016. A new titanosaur (Dinosauria, Sauropoda) from the Upper Cretaceous of Lo Hueco (Cuenca, Spain). Cretaceous Research. 68: 49-60

Lescaze, Z. 2017. Paleoart: Visions of the prehistoric past. Taschen.

Manzanero, E. 2018a. Representaciones recientes de Troodontidae, Gilmore, 1924 (Dinosauria, Theropoda). En: Amayuelas, E., et al. (ed.) Life finds a way, Gasteiz. 75-78.

Manzanero, E. 2018b. Paleoartistic views on the reconstruction of Pararhabdodon isonensis. En Crespo, V. D. et al. (ed.) Palaeontology in the virtual era. Universität de Valencia. 145.

Manzanero, E. 2019a. Perspectivas Paleoartísticas en la reconsturcción de elementos de la apariencia externa de Latenivenatrix mcmasterae (Dinosauria, Troodontidae). Plumaje, tejidos orales y pedales. Zubia. En prensa.

Manzanero, E. 2019b. The "culture of copying" in paleoart. The case of Cariamiformes, Fürbirnger, 1888 (Aves, Dinosauria). Blanco, F. et al. (ed.) Book of Abstracts of 4th International Meeting of Early-Stage Researchers in Palaeontology. 40.

Ortega, F., Escaso, F., Sanz, J.L, 2010. A bizarre, humped Carcharodontosauria (Theropoda) from the Lower Cretaceous of Spain. Nature 467 (7312): 203-206.

Pérez-Moreno, B. P., Sanz, J. L., Buscalioni, A. D., Mortalla, J. J., Ortega, F., Rnaskin-Gutman, D., 1994. A unique multitoothed ornithomimosaur dinosaur from the Lower Cretaceous of Spain., Nature, 370: 363-367.

Sanz., J. L., Bonaparte, J. F. 1992. A new Order of Birds (Class Aves) from the Lower Cretaceous of Spain. Jonathan J. Becker (ed.): Papers in avian paleontology honoring Pierce Brodkorb, Natural History Museum of Los Angeles County Contributions in Science, 36: 38-49.

Sanz., J. L., Buscalioni, A. D. 1992. A new bird form the Early Cretaceous of Las Hoyas, Spain, and the early radiation of birds. Paleontology 35 (4): 829-845.

Sanz., J. L., Chiappe, L. M., Pérez-Moreno, B. P., Buscalioni, A. D., Mortalla, J. J., Ortega, F., Poyato-Ariza, F. J. 1996. An Early Cretaceous bird from Spain and its implications for the evolution of avian flight. Nature 382(6590): 442-445.

Simonet Roda, M., Manzanero, E., 2019) Making science accessible to everyone – when scientists and artists work together: the case of brachiopods. Blanco, F. et al. (ed.) Book of Abstracts of 4th International Meeting of Early-Stage Researchers in Palaeontology. 64.

Witton, M. P., Naish, D., Conway, J. 2014. State of the palaeoart. Palaeontologia Electroncia 17 (3): 5E.

Xu, X., Wang, K., Zhang, K., Ma, Q., Xing, L., Sullivan, C., Hu, D., Cheng, S., Wang, S. 2012. A gigantic feathered dinosaur from the Lower Cretaceous of China. Nature. 484 (7392): 92-95.

DINÁMICA DEL PALEOECOSISTEMA DE LAS HOYAS: UN ANÁLISIS A TRES NIVELES

H. Martín-Abad[1], C. Blanco-Moreno[1], S. Barrios de Pedro[1], J. Marugán-Lobón[1,2] & Á.D. Buscalioni[1]

1 Unidad de Paleontología, Departamento de Biología, Universidad Autónoma de Madrid, Calle Darwin 2, 28049 Madrid, España.

2 Dinosaur Institute, Natural History Museum of Los Angeles County, Los Ángeles, CA, EEUU.

El yacimiento cretácico de Las Hoyas (Barremiense superior, Formación La Huérguina, Cuenca) es interpretado como parte de un sistema de humedal subtropical a escala regional sometido a un régimen climático fuertemente estacional, con alternancia de épocas húmedas y secas (Fregenal-Martínez & Meléndez, 2016). Las Hoyas es fundamentalmente conocido por la enorme diversidad y la excepcional preservación de sus restos fósiles (e.g., Martin et al., 2015; Navalón et al., 2015; Kaye et al., 2019). Sin embargo, desde el punto de vista científico una de las características más importantes del yacimiento es la metodología de excavación que se ha venido empleando desde el principio de los años noventa (Buscalioni & Fregenal-Martínez, 2010). El yacimiento se divide en tres áreas (Oeste, Norte y Sur), cuya correlación estratigráfica se conoce parcialmente. En cada una de estas tres áreas se han excavado cuadrículas de en torno a 20-30 metros cuadrados, cada una recibiendo el nombre de un color. Estas cuadrículas se excavan de manera sistemática capa a capa, algunas de las cuales tienen un espesor de menos de un milímetro. Para cada una de las capas se registran todos los fósiles encontrados, así como la información tafonómica asociada (e.g., tamaño, preservación, orientación).

La información acumulada durante casi 30 años de excavación utilizando esta metodología permite desarrollar una aproximación a la dinámica de este paleohumedal a tres niveles diferentes: a nivel de las asociaciones de microfacies estacionales (húmedas vs. secas); a nivel de la sección estratigráfica de un área concreta del yacimiento; y a nivel del yacimiento completo (comparándolas tres áreas en que se divide).

El análisis detallado de las microfacies de las catas Negra y Rosa correspondientes al área Sur del yacimiento han demostrado que existe una alternancia donde se intercalan litologías propias de estaciones húmedas y secas, cuyo registro fósil es notablemente diferente (Buscalioni & Fregenal-

Martínez, 2010). Las facies húmedas registran una mayor diversidad, pero una abundancia mucho menor. En cambio, el registro de las facies secas es menos diverso pero mucho más abundante, y se caracteriza por una mejor preservación de los restos, apuntando a un sesgo tafonómico. Sin embargo, la proporción de los grupos de animales registrados es claramente diferente entre ambos ambientes deposicionales (Barrios-de Pedro et al., 2018), lo cual sugiere que el sesgo no es exclusivamente tafonómico, y existirían diferencias en las comunidades que habitarían en los distintos momentos.

Por otra parte, el estudio del registro de las distintas capas fosilíferas a lo largo de la columna estratigráfica de la zona Sur del yacimiento demuestra un claro cambio en las asociaciones a lo largo del tiempo (Fig. 1). Por ejemplo, el número de huellas de tetrápodos registradas aumenta considerablemente hacia las capas superiores, y sus productores son diferentes (Moratalla et al., 2017). Las asociaciones de helechos también varían, y parecen sugerir una alternancia entre comunidades dominadas por distintos géneros (Blanco-Moreno et al., 2018). *Weichselia* dominaría en periodos de mayor columna de agua, que además registran peces de mayor tamaño en el sistema. *Onychiopsis* y *Ruffordia* dominarían periodos con columnas de agua más someras, coincidiendo con el registro de peces de menor tamaño. Esta alternancia parece tender hacia ambientes más secos con una columna de agua menos profunda hacia las capas superiores.

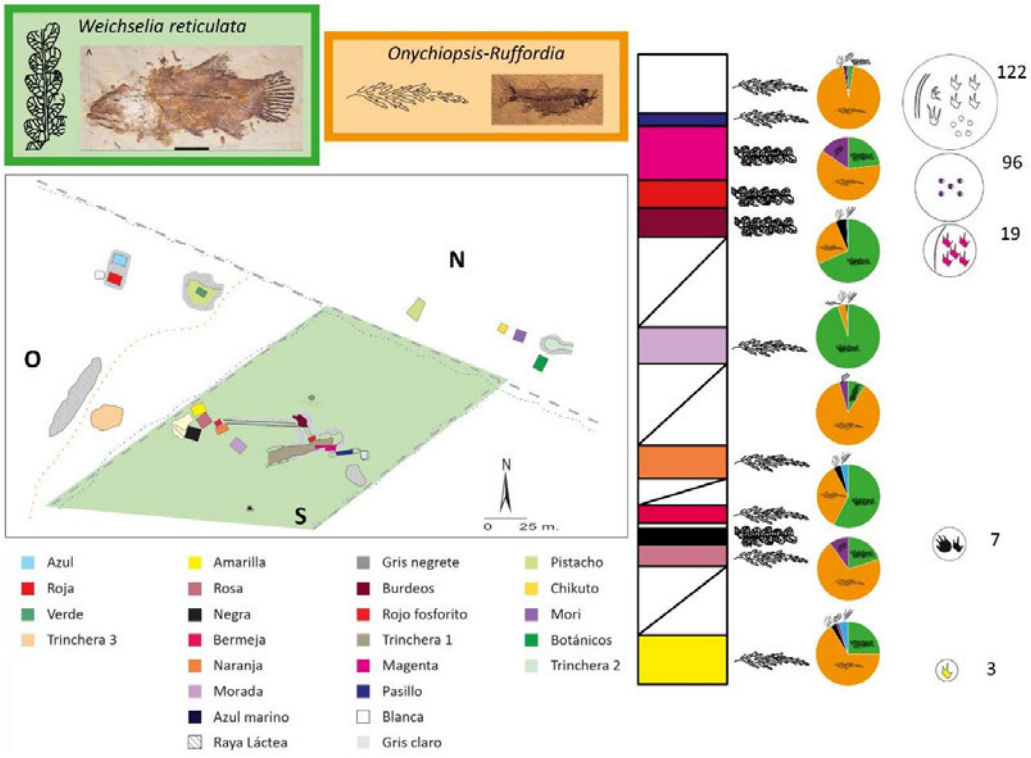

Figura 1. Mapa del yacimiento de Las Hoyas (a la izquierda), dividido en tres áreas: Oeste, Norte y Sur (sombreada en verde). En medio se muestra la columna estratigráfica del área Sur, junto con la alternancia de asociaciones de helechos dominados por *Weichselia* (en verde, correspondiente a épocas de mayor columna de agua y asociada a la presencia de peces de mayor tamaño) o por *Onychiopsis* y *Ruffordia* (en naranja, correspondientes a épocas de menor columna de agua y asociados a la presencia de peces de menor tamaño). A la derecha se observa también cómo la abundancia y diversidad de las huellas de tetrápodos registrados en el área Sur aumenta a lo largo de la columna estratigráfica.

Por último, los registros de las tres áreas del yacimiento presentan también claras diferencias entre ellas. El área Oeste es la única en la que se han encontrado frondes prácticamente enteros de *Weichselia*, que en el resto del yacimiento aparece como pequeños fragmentos en su mayoría carbonizados. Además en esta área la proporción de bivalvos en la asociación de fósiles es también excepcional. El cocodrilo gobiosúquido *Cassissuchus* también aparece únicamente en esta área. El área Norte por su parte se caracteriza por la ausencia de restos de pterosaurios y de escamosos, mientras que el área Sur es la única en la que se han encontrado restos del albanerpetóntido *Celtedens*. En cambio, el registro de otros anfibios (ranas y salamandras) en esta área es escaso, mientras que éstos son los tetrápodos más abundantes en las otras dos áreas del yacimiento.

Si bien algunas de estas discrepancias podrían deberse a diferencias en los tamaños muestrales (i.e., el área Norte ha sido menos muestreada que la Sur y la Oeste), el conjunto de los datos arrojados por el análisis a los tres niveles denota claramente que las condiciones que definían esta área del humedal y los organismos que lo habitaban cambiaron a lo largo del tiempo. El estudio de las asociaciones de peces e insectos, que son los taxones clave o *hubs* de la red trófica del humedal (Buscalioni et al., 2016), podría resultar clave para comprender esta dinámica, así como el papel de Las Hoyas dentro del sistema de humedales a escala regional. En este sentido, datos preliminares (Martín-Abad et al., 2017) sugieren que algunas de las especies de peces podrían mostrar partición de hábitats, con las formas juveniles y adultas habitando distintas partes del sistema. En otras palabras, comprender la dinámica registrada en Las Hoyas permitiría comprender la dinámica del más antiguo humedal moderno del registro fósil.

Bibliografía

Barrios-de Pedro, S., Poyato-Ariza, F.J., Moratalla, J.J. & Buscalioni, A.D. (2018). Exceptional coprolite association from the Early Cretaceous continental Lagerstätte of Las Hoyas, Cuenca, Spain. PLoS ONE, 13(5): e0196982.

Blanco-Moreno, C., Gomez, B., Buscalioni, A.D. (2018). Análisis de las asociaciones de helechos de Las Hoyas (Cretácico Inferior, Cuenca, España). En: Vaz, N. & Sá, A.A. (eds.). Yacimientos excepcionales de la Península Ibérica. Cuadernos del Museo Geominero, 27: 331.

Buscalioni, A.D. & Fregenal-Martínez, M.A. (2010). A holistic approach to the palaeoecology of Las Hoyas Konservat-Lagerstätte (La Huérguina Formation, Lower Cretaceous, Iberian Ranges, Spain). Journal of Iberian Geology, 36(2): 297-326.

Buscalioni, A.D., Poyato-Ariza, F.J., Marugán-Lobón, J., Fregenal-Martínez, M.A., Sanisidro, Ó., Navalón, G. & de Miguel, C. (2016). The wetland of Las Hoyas. En: Poyato-Ariza, F.J. & Buscalioni, A.D. (eds.). Las Hoyas, a Cretaceous wetland. A multidisciplinary synthesis after 25 years of research on an exceptional fossil Lagerstätte from Spain, 238-253. Verlag Dr. Freidrich Pfeil: Munich.

Fregenal-Martínez, M.A. & Meléndez, N. (2016). Environmental reconstruction: a historical review. En: Poyato-Ariza, F.J. & Buscalioni, A.D. (eds.). Las Hoyas, a Cretaceous wetland. A multidisciplinary synthesis after 25 years of research on an exceptional fossil Lagerstätte from Spain, 14-28. Verlag Dr. Freidrich Pfeil: Munich.

Kaye, T.G., Pittman, M., Marugán-Lobón, J., Martín-Abad, H., Sanz, J.L., & Buscalioni, A.D. (2019). Fully fledged enantiornithine hatchling revealed by Laser-Stimulated Fluorescence supports precocial nesting behavior. Scientific reports, 9(1): 5006.

Martin, T., Marugán-Lobón, J., Vullo, R., Martín-Abad, H., Luo, Z.X. & Buscalioni, A.D. (2015). A Cretaceous eutriconodont and integument evolution in early mammals. Nature, 526(7573): 380-384.

Martín-Abad, H., Newbrey, M.G., Woolfolk, F. & Blanco-Moreno, C. (2017). Characterization of coelacanth scales from the Early Cretaceous freshwater locality of Las Hoyas, upper Barremian (Cuenca, Spain). Spanish Journal of Palaeontology, 32(2): 331-342.

Moratalla, J.J., Marugán-Lobón, J., Martín-Abad, H., Cuesta,

E. & Buscalioni, A.D. (2017). A new trackway possibly made by a trotting theropod at the Las Hoyas fossil site (Early Cretaceous, Cuenca Province, Spain): Identification, bio-dynamics and palaeoenvironmental implications. Palaeontologia Electronica, 20(3): 1-14.

Navalón, G., Marugán-Lobón, J., Chiappe, L.M., Sanz, J L. & Buscalioni, A.D. (2015). Soft-tissue and dermal arrangement in the wing of an Early Cretaceous bird: implications for the evolution of avian flight. Scientific reports, 5: 14864.

Martín-Closas et al_Maquetación 1 19/09/2019 16:34 Página 175

EFECTOS DE LA INSULARIDAD EN LAS FLORAS DE CAROFITAS DEL CRETÁCICO DE IBERIA

C. Martín-Closas[1], J. Pérez-Cano[1], J. Sanjuan[2] & A. Vicente[3]

1 Departament de Dinàmica de la Terra i de l'Oceà, Facultat de Ciències de la Terra, Institut de Recerca de la Biodiversitat (IRBio), Universitat de Barcelona. Martí i i Franqués s/n. 08028 Barcelona.

2 Department of Geology. American University of Beirut-AUB, 11-0236, Beirut, Líbano.

3 Estación Regional del Noroeste-ERNO, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México-UNAM, Hermosillo, Sonora, México.

Durante gran parte del Cretácico el territorio de la actual Península Ibérica correspondió a una isla de grandes dimensiones situada en la zona central del Mar Tetis. Durante el Berriasiense–Santoniense, esta isla estaba completamente aislada y se fusionó a partir del Campaniense con el Macizo Armoricano. Esto, resultó en la formación de una paleoisla de dimensiones todavía mayores denominada isla Ibero-Armoricana. En estas paleoislas y en las otras islas del Archipiélago del Tetis central al que pertenecía, se desarrolló una rica flora de carofitas cuyo interés bioestratigráfico ha llevado a acumular una gran cantidad de datos sobre presencias y ausencias de especies. Estos datos permiten analizar el rol que la insularidad pudo haber jugado sobre este grupo de plantas de aguas continentales. Concretamente cabe destacar cuatro aspectos en los que se manifiesta el carácter insular de Iberia:

Punto caliente de especiación. Durante todo el Cretácico Inferior, Iberia presenta un gran número de primeras presencias de carofitas, sobre todo clavatoráceas, que en algunos casos se expandieron posteriormente a otras regiones y acabaron presentando una distribución cosmopolita, como *Atopochara trivolvis, Clavator calcitrapus* o *Hemiclavator neimongolensis* (Martín-Closas y Wang, 2008; Martín-Closas, 2015), mientras que en otros casos derivarían a endemismos del Archipiélago central del Tetis (por ejemplo *Ascidiella stellata*, la especie más plesiomórfica del género *Ascidiella*). Se ha propuesto la hipótesis que los repetidos procesos de separación y re-unión entre islas tetianas, probablemente determinados por cambios glacioeustáticos, favorecerían la especiación alopátrica y la diversificación de las carofitas, especialmente las clavatoráceas, en estas islas (Martín-Closas y Wang, 2008). De entre todas estas paleoislas, Iberia tendría unas dimensiones mayores y dispondría de un gran número de biotopos acuáticos en humedales y lagos (p.ej. Buscalioni y Poyato-Ariza, 2016), siendo capaz de albergar un mayor número de especies.

Martín-Closas et al_Maquetación 1 19/09/2019 16:34 Página 176

Endemismos. El número de endemismos ibéricos de carofitas parece seguir con bastante fidelidad el modelo de la biogeografía insular de McArthur y Wilson (1963), aunque debe reconocerse la dificultad para documentar correctamente los endemismos en el registro fósil, ya que se basan en evidencias negativas (ausencia de especies alrededor de la zona de endemismo). Durante el Cretácico Inferior el número de endemismos ibéricos en carofitas parece ser limitado, probablemente no superior a una o dos especies de clavatoráceas, como por ejemplo *Pseudoglobator fourcadei*, característica del Barremiense del margen prebético (Martín-Closas, 2000). Sin embargo, el número de endemismos del conjunto del Archipiélago fue elevado, de unas 15 especies. Esta situación cambió radicalmente en el Cretácico Superior en el contexto de la isla de Ibero-Armoricana, cuyo tamaño era mayor, y su distancia al continente eurasiático más corta. Aunque los datos son limitados (únicamente se dispone de datos comparativos preliminares de la isla de Haţeg en Rumania, islas del norte de África, actualmente Marruecos y Algeria, islas de la región balcánica, en Eslovenia, y zonas continentales como Rusia y China), las listas de distribución actual indicarían una cierta riqueza de especies endémicas en Ibero-Armórica, especialmente del género *Peckichara*, como *P. pectinata, P. cancellata, P. serrata* y *P. radians* del linaje evolutivo de *P. pectinata*, o *P. llobregatensis* del linaje *P. varians* (Vicente et al., 2015, 2018 y en prensa).

Refugio de especies relictas. Ibero-Armorica actuó según los datos actuales como una isla refugio de especies relictas durante la crisis biótica del límite Cretácico–Paleoceno. Concretamente en el Daniense de los Pirineos se ha señalado la última presencia de clavatoráceas, aunque únicamente a partir de sus restos vegetativos (parataxón *Munieria grambastii*), y una de las últimas presencias cronoestratigráficamente bien documentadas de la porocarácea *Feistiella malladae* (Massieux et al., 1985; Vicente et al. en prensa). Este carácter de isla-refugio también se ha señalado en otras plantas, como las últimas coníferas queirolepidiáceas del género *Frenelopsis*, cuyos restos únicamente vegetativos son tan abundantes en el Maastrichtiense del Pirineo que constituyen la totalidad de la materia orgánica precursora de las capas de lignito de las cuencas de Tremp, Coll de Nargó y Vallcebre en facies Garumniense (Villalba-Breva et al., 2012; Marmi et al., 2017).

Intercambio con otras islas del Archipiélago del Tetis Central. El flujo entre poblaciones de carofitas de la misma especie entre las islas del Archipiélago central del Tetis durante el Cretácico Inferior fue intenso. La mayoría de especies de clavatoráceas son comunes, por ejemplo, durante la máxima diversificación de las clavatoráceas en el Barremiense, entre las islas de Iberia (España y Portugal), las paleoislas británicas (sur de Inglaterra), las islas de la zona alpina (Suiza y este de Francia), las islas centroeuropeas (Hungría) y las del norte de África (Marruecos y Túnez). Por el contrario, estas especies no estuvieron representadas en latitudes altas (Alemania), en las regiones del paleocontinente euroasiático situado más al este (cuencas del sur de Rusia y Ucrania, Kazakhstán, China y Corea) o en las cuencas del noreste del continente africano, como Líbano, Israel y Somalia (Schudack, 1993; Martín-Closas, 2000; Grambast y Lorch, 1968; Luger y Schudack, 2001). Incluso algunos géneros como *Globator*, *Ascidiella* y *Pseudoglobator* serían exclusivos del Archipiélago Central Tetiano de acuerdo con los registros actuales. Este patrón parece repetirse en otros taxones de plantas, como la angiosperma acuática primitiva *Montsechia vidalii* que se ha documentado y fue muy abundante en Iberia y en una de las islas alpinas (norte de Italia) en el Barremiense (Gomez et al., 2015). Durante el Cretácico Superior (Maastrichtiense) el patrón biogeográfico parece ser el opuesto, aunque los datos todavía son muy preliminares. Las similitudes de floras de carofitas entre islas del Archipélago Central como Ibero-Armorica y Haţeg serían

Martín-Closas et al_Maquetación 1 19/09/2019 16:34 Página 177

mínimas y corresponderían por lo general a especies de rango cosmopolita o sub-cosmopolita, como *Microchara cristata*, aunque también compartirían algún endemismo tetiano como la clavatorácea *Munieria grambastii* (Vicente et. al., en prensa).

El efecto de la insularidad cretácica en Iberia es pues bien manifiesto. En el futuro se pretende ahondar en esta línea investigadora y extenderla mediante la comparación de los patrones observados en carofitas con los de otros fósiles continentales como vertebrados, especialmente dinosaurios y plantas vasculares (macrorestos y polen), tanto de la paleoisla de Iberia como en otras islas del Archipiélago Tetiano y de zonas limítrofes.

Agradecimientos

Esta comunicación es una contribución al proyecto CGL2015-69805-P del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades.

Bibliografía

Gomez, B., Daviero-Gomez, V., Coiffard, C., Martín-Closas, C., y Dilcher, D.L., 2015. Montsechia, an ancient aquatic angiosperm. Proceedings of the National Academy of Sciences 112 (35), 10985–10988.

Grambast, L., y Lorch, J., 1965. Une Flore de Charophytes du Crétacé Inférieur du proche-orient. Extrait de Naturalia Monspeliensia, serie Botanique 19, 47–56.

Luger, P., y Schudack, M., 2001. On Early Cretaceous (earliest Aptian) freshwater Charophyta and Ostracoda from Northern Somalia. Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie-Abhandlungen 220 (2), 245–266.

Marmi, J., Martín-Closas, C., Fernández-Marrón, M.T., Vicente, A., Gomez, B., 2016. Latest Cretaceous Plant Landscapes from Northeastern Iberia. En: Khosla, A., y Lucas, S.G., (Eds). New Mexico Museum of Natural History and Science, Bulletin 71, 215-229.

Martín-Closas, C., 2000. Els caròfits del Juràssic superior i Cretaci inferior de la Península Ibèrica. Arxiu de les Seccions de Ciències i Tecnologia, Institut Estudis Catalans 125, 1–304.

Martín-Closas, C., 2015. Cosmopolitanism in Northern Hemisphere Cretaceous Charophyta (Clavatoroidae). Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 438, 9–23.

Martín-Closas, C., y Wang, Q.F., 2008. Historical biogeography of the lineage Atopochara trivolvis Peck 1941 (Cretaceous Charophyta). Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 260, 435–451.

Massieux, M., Bilotte, M., Tambereau, Y., y Villatte, J., 1985. Données préliminaires sur les charophytes du Campanien et du Maastrichtien du vessant Nord-Pyrénéen. Actes du 110e Congrès National des Sociétés Savantes. Montpellier, section des sciences, fascicule 5, pp. 79–86.

MacArthur, R.H., y Wilson, E.O., 1963. An equilibrium theory of insular zoogeography. Evolution 17 (4), 373–387.

Buscalioni, A.D., y Poyato-Ariza, F.J., 2016. Las Hoyas: a unique Cretaceous ecosystem. Cretaceous Period: Biotic Diversity and Biogeography. New Mexico Museum of Natural History and Science, Bulletin 71, 51–63.

Schudack, M., 1993. Die Charophyten im Oberjura und Unterkreide Westeruropas: Mit einer phylogenetischer Analyse der Gesamtgruppe. Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen, Reihe A, Band 8. Berlin, 209 pp.

Vicente, A., Martín-Closas, C., Arz, J.A., y Oms, O., 2015. Maastrichtian–basal Paleocene charophyte biozonation and its calibration to the Global Polarity Time Scale in the Southern Pyrenees (Catalonia, Spain). Cretaceous Research 52, 268–285.

Vicente, A., y Martín-Closas, C., 2018. Gradualistic characean lineages in the Upper Cretaceous–Palaeocene of southern Europe. Historical Biology 30 (5), 593–607.

Vicente, A., Csiki-Sava, Z., y Martín-Closas, C., en prensa. European charophyte evolution across the Cretaceous–Paleogene boundary. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology.

Villalba-Breva, Martín-Closas, Marmi, J., Gomez, B., y Fernández-Marrón, M.T., 2012. Peat-forming plants in the Maastrichtian coals of the Eastern Pyrenees. Geologica Acta 10 (2), 189–207.

Martín-Closas et al_Maquetación 1 19/09/2019 16:34 Página 178

EL MODO DE LOCOMOCIÓN A BAJA VELOCIDAD EN CANGUROS GIGANTES EXTINTOS: ¿QUÉ INFORMACIÓN PROPORCIONA LA EPÍFISIS PROXIMAL DEL HÚMERO?

A. Martín-Serra[1*], C.M. Janis[2], J. Napoli[3] & C. Billingham[2]

1 Dpto. de Ecología y Geología. Facultad de Ciencias. Universidad de Málaga. Campus de Teatinos s/n. 29071 Málaga, *almarse@uma.es

2 Department of Earth Sciences, University of Bristol, Bristol BS8 1RJ, UK.

3 Richard Gilder Graduate School, American Museum of Natural History, New York, NY 10024, USA

El modo de locomoción más conocido de los canguros actuales es saltatorio; es decir, una locomoción bípeda usando las extremidades traseras en tándem, sin la ayuda de las extremidades anteriores. Sin embargo, a velocidades más lentas, el salto es biomecánicamente ineficiente (Baudinette 1989). Por lo tanto, los canguros requieren un modo de locomoción alternativo, que supone la mayor parte de la locomoción diaria, consistente en un paso pentápedo, con la cola actuando como una "quinta extremidad" para ayudar en la propulsión (O'Connor y col. 2014; Dawson y col. 2015).

Durante el Pleistoceno había una diversidad de especies de canguros mucho mayor a la actual, los llamados "canguros gigantes". Estos incluyen los canguros gigantes de cara corta (subfamilia Sthenurinae; familia Macropodidae), y los llamados "ualabíes gigantes" *Protemnodon* (subfamilia Macropodinae; familia Macropodidae). Se ha propuesto que algunos de estos canguros gigantes extintos, principalmente los stenurinos, eran bípedos, basándose en la morfología de sus miembros posteriores (Janis y col. 2014). Sin embargo, la morfología de la extremidad anterior no se ha considerado en este contexto. Varios músculos importantes implicados en la estabilización de la articulación escapulo-humeral se insertan en la epífisis proximal del húmero (tuberosidades mayor y menor). Por lo tanto, el grado de desarrollo de estas estructuras puede indicar si la extremidad anterior es capaz de soportar parte del peso corporal o no.

El objetivo de este trabajo es explorar el modo de locomoción lenta en estos canguros extintos mediante el estudio morfométrico de la morfología de la epífisis proximal del húmero en comparación con sus parientes actuales.

Para ello se han recopilado una serie de fotografías en vista proximal de la epífisis proximal del húmero, donde puede verse la superficie articular de la cabeza del húmero y las tuberosidades mayor y

menor. La base de datos cuenta con 115 especies de mamíferos, entre los que se incluyen placentados y marsupiales actuales, así como cinco especies de canguros gigantes extintos.

A partir de estas fotografías se han tomado dos tipos de datos: (i) puntos homólogos (o *landmarks*) en dos dimensiones para estudiar la forma de la epífisis mediante métodos de morfometría geométrica y (ii) las áreas de cada una de las tres estructuras para estudiar sus proporciones relativas.

(i) Morfometría geométrica: se seleccionaron diez *landmarks* (puntos homólogos) para capturar las características principales de la forma de la epífisis proximal del húmero (Fig. 1a), incluyendo a la cabeza, las tuberosidades mayores y menores y el surco bicipital. Las coordenadas de estos landmarks se importaron al programa MorphoJ (Klingenberg 2011), donde se realizó una alineación de Procrusto para eliminar las diferencias en tamaño, traslación y rotación (Dryden y Mardia 1998). Las coordenadas de forma resultantes se utilizaron para llevar a cabo un análisis de componentes principales (ACP).

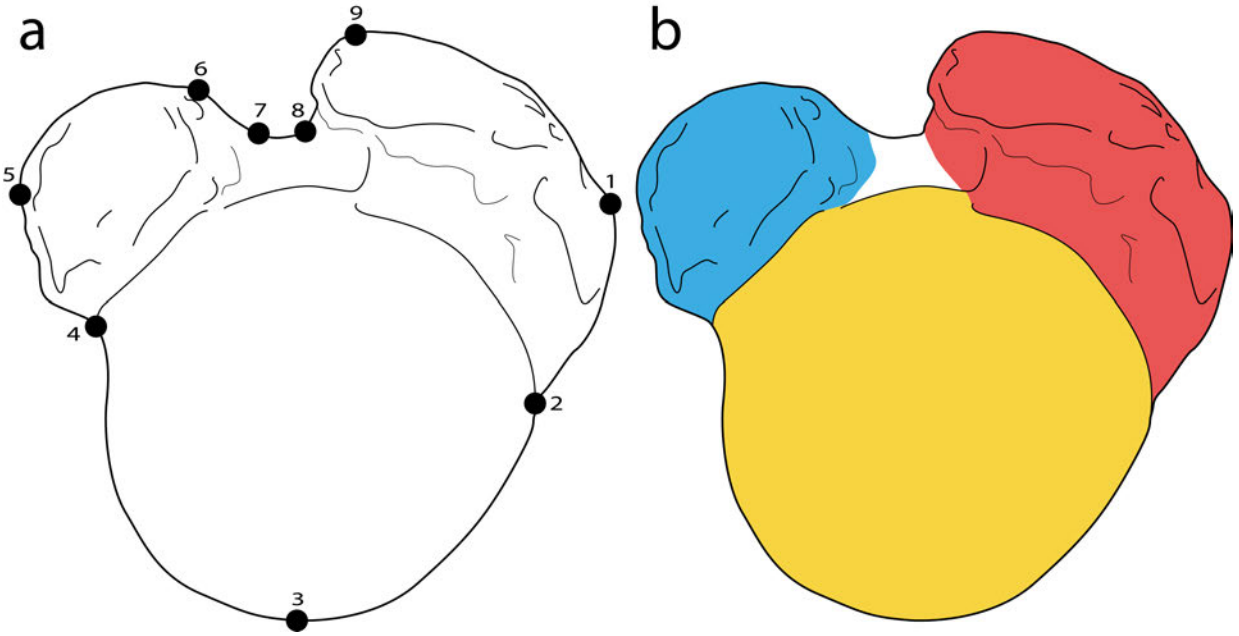

Fig.1. Representación de los *landmarks* localizados en la epífisis proximal del húmero (a) y de las áreas medidas de las diferentes estructuras presentes en la epífisis proximal del húmero (b): cabeza del húmero (amarillo), tuberosidad mayor (rojo) y tuberosidad menor (azul).

(ii) Mediciones de área bidimensional: se definieron los perímetros de la tuberosidad mayor, la tuberosidad menor y la cabeza del húmero y se midió el área incluida dentro de estos (Fig. 1b). Estos valores se transformaron en áreas relativas dividiéndolos por el área total medida para cada espécimen.

Las distintas especies actuales incluidas en los análisis se clasificaron en función de su modo de locomoción: arborícolas, que pasan la mayor parte del tiempo en los árboles; terrestres, raramente escalan a los árboles; escaladores, pasan parte del tiempo en el suelo pero escalan a los árboles con frecuencia; saltadores, canguros actuales más el roedor *Pedetes capensis*; suspensores, son arborícolas que se mueven principalmente suspendidas de las ramas (algunos primates y perezosos).

Los resultados obtenidos en el ACP (Fig. 2) indican que, aunque hay un alto solapamiento de los distintos grupos ecológicos, los mamíferos suspensores se sitúan en su mayoría en la porción negativa del primer componente principal, con una tuberosidad mayor del húmero relativamente pequeña y poco proyectada. Los canguros extintos pertenecientes a la subfamilia Sthenurinae se sitúan junto a ellos, a diferencia de sus parientes más próximos que solapan con el resto de categorías. Con respecto a las áreas de las diferentes estructuras del húmero proximal, los stenurinos se agrupan con taxa arbóreos y especialmente con los suspensores en su morfología humeral proximal en el gráfico ternario de áreas (Fig. 3).

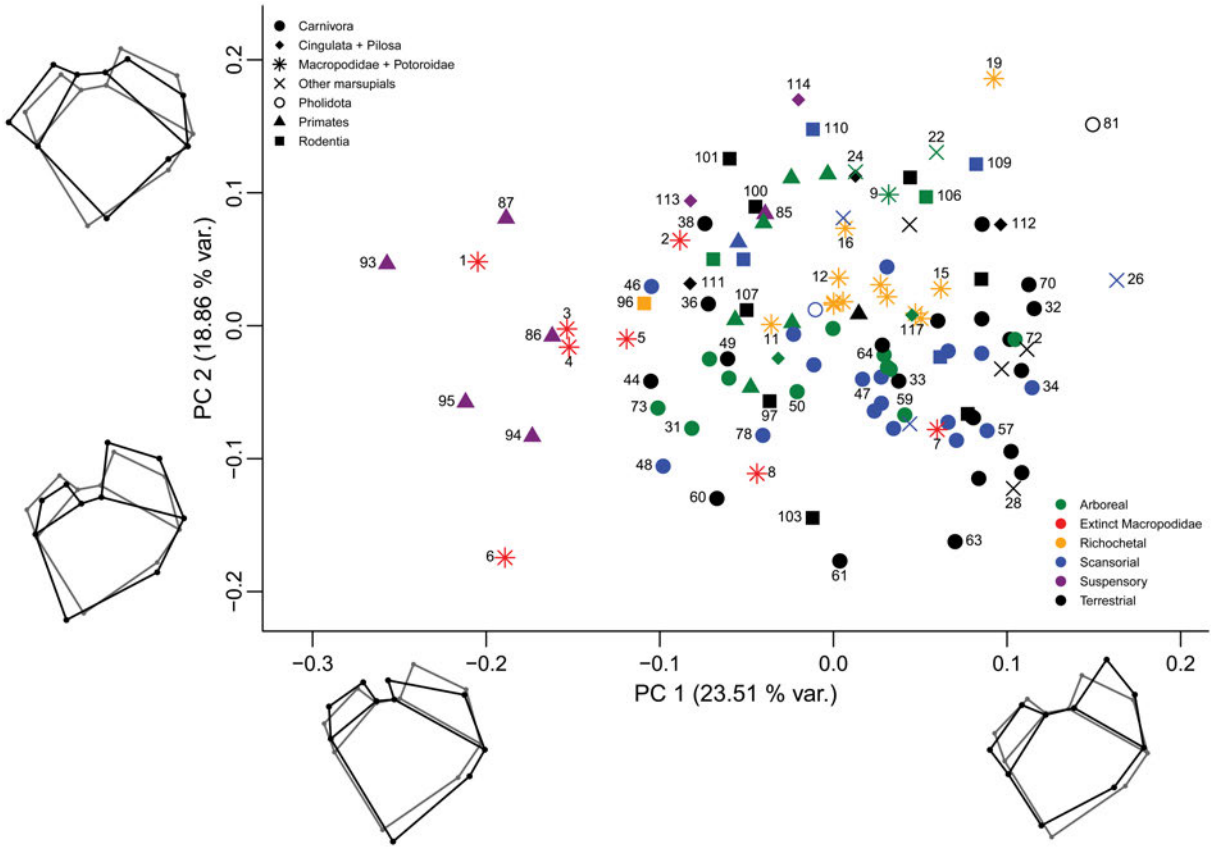

Fig.2. Representación del morfoespacio formado por los dos primeros componentes del ACP. Los cambios morfológicos asociados se indican para cada eje.

Los canguros actuales utilizan la locomoción cuadrúpeda o pentápeda a velocidades lentas, durante las cuales las extremidades anteriores soportan el peso corporal, pero a velocidades más rápidas, cambian a salto bípedo. Su morfología humeral se asemeja a la de las especies escaladoras o terrestres. Por el contrario, los canguros extintos estudiados tienen una morfología del húmero proximal que difiere de la de los actuales. Los stenurinos tienen una morfología que se asemeja a la de las especies arborícolas suspensoras, lo cual apoya la hipótesis de que las extremidades anteriores no soportaban peso durante la locomoción lenta (Janis y col. 2014).

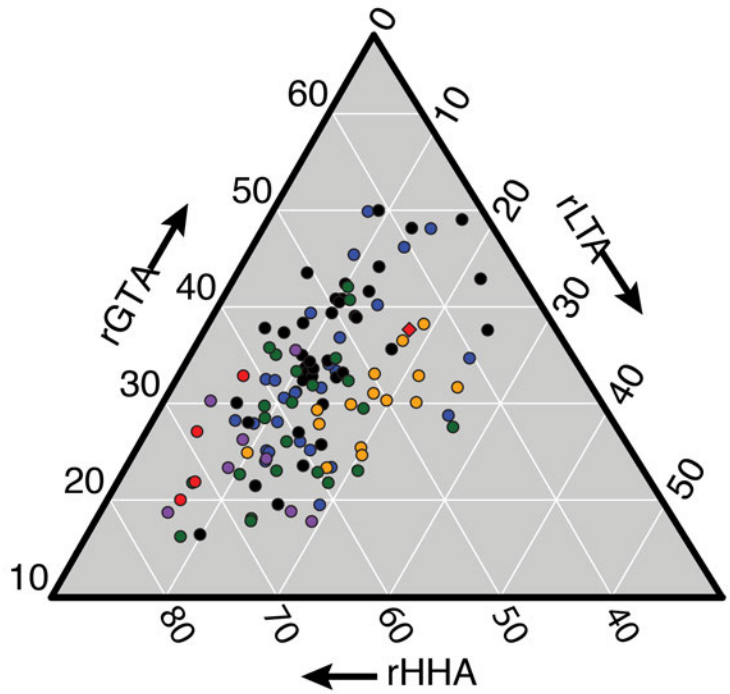

Fig.3. Representación del diagrama ternario formado por las áreas relativas de las tres estructuras medidas: rHHA, área relativa de la cabeza del húmero; rGTA, área relativa de la tuberosidad mayor; rLTA, área relativa de la tuberosidad menor. Ver Fig. 2 para el código de colores.

Bibliografía

Baudinette, R.V. 1989. The biomechanics and energetics of locomotion in Macropodoidea. In: Grigg G, Jarman P, Hume I (eds) Kangaroos, Wallabies, and Rat-Kangaroos. Surrey Beatty & Sons Pty Limited, New South Wales, Australia, pp 245-253.

Dawson, R.S., Warburton, N.M., Richards, H.L., Milne, N. 2015. Walking on five legs: investigating tail use during low gait in kangaroos and wallabies. Aust J Zool 63:192-200.

Dryden, I.L., Mardia, K. 1998. Statistical Analysis of Shape. Wiley, Chichester, UK.

Janis, C.M., Buttrill, K., Figueirido, B. 2014. Locomotion in extinct giant kangaroos: were sthenurines hop-less monsters? PLoS ONE 9(10): e109888.

Klingenberg, C.P. 2011. MorphoJ. Faculty of Life Sciences, University of Manchester, Manchester. Disponible en: www.flywings.org.uk/MorphoJ_page.htm.

O'Connor, S., Dawson, T., Kram, R., Donelan, J. 2014. The kangaroo's tail propels and powers pentapedal locomotion. Biol Lett 10: 20140381.

CONTENIDO ICNOLÓGICO DEL MIEMBRO MEDIO DE LA FORMACIÓN DETRÍTICA LAS PALMAS (MIO-PLIOCENO) EN EL YACIMIENTO DE CUEVAS DEL GUINCHO, GRAN CANARIA

E. Mayoral[1,2]; A. Santos[2]; I. Galindo[3], E. Martín-González[4] & J. Mangas[5]

1 Departamento de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias Experimentales, Campus de el Carmen, Universidad de Huelva, Avda. 3 de Marzo, s/n, 21071 Huelva. mayoral@uhu.es

2 CCTH - Centro de Investigación Científico Tecnológico, Universidad de Huelva, Avda. 3 de Marzo, s/n, 21071 Huelva

3 Oficina de Proyectos de Las Palmas de Gran Canaria, Instituto Geológico y Minero de España (IGME). i.galindo@igme.es,

4 Museo de Ciencias Naturales de Tenerife, C/ Fuente Morales, s/n, 38003, Santa Cruz de Tenerife, España. mmartin@museosdetenerife.org

5 IOCAG. Instituto de Oceanografía y Cambio Global. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria jose.mangas@ulpgc.es

Introducción

Los depósitos sedimentarios de origen marino que aparecen en el sector nororiental de la isla de Gran Canaria han sido estudiados intensivamente desde el punto de vista sedimentológico y estratigráfico, pero no se ha hecho una revisión detallada de las estructuras de bioturbación que contienen, las cuales son objeto del presente estudio.

Situación Geográfico-Geológica

El punto de estudio se localiza en el borde de un acantilado conocido como Las Cuevas de Guincho, situado en la costa nororiental de la isla a unos 15 km al oeste de la capital, las Palmas de Gran Canaria (Fig. 1.1). Desde el punto de vista geológico, los materiales estudiados se encuadran dentro del Miembro medio de la Formación Detrítica de Las Palmas, de edad Mio-Plioceno, que en este lugar está compuesto por seis unidades litológicas (Schneider et al., 2004).

Estratigrafía

La serie estratigráfica detallada se resume en el gráfico de la figura 1.2, donde se ha representado la totalidad de los materiales sedimentarios marinos (unidades 1 y 3- 4), si bien los icnofósiles están mayoritariamente presentes en la unidad 3 (Fig. 1.2).

Contenido Paleoicnológico

La Unidad 1 se observa mal al estar casi cubierta en su totalidad por derrubios, pero a techo del paquete se encuentra una concentración de *pellets* fecales conservados como hiporrelieves convexos. En la base de la Unidad 3 se encuentra *Rosselia socialis* , un nivel de 10-15 cm con *Macaronichnus segregatis* y secciones transversales de *Bichordites monasteriensis* en el techo. El índice de bioturbación (I.B) es bajo (2), conservándose en su mayoría como relieves completos. Por encima de este

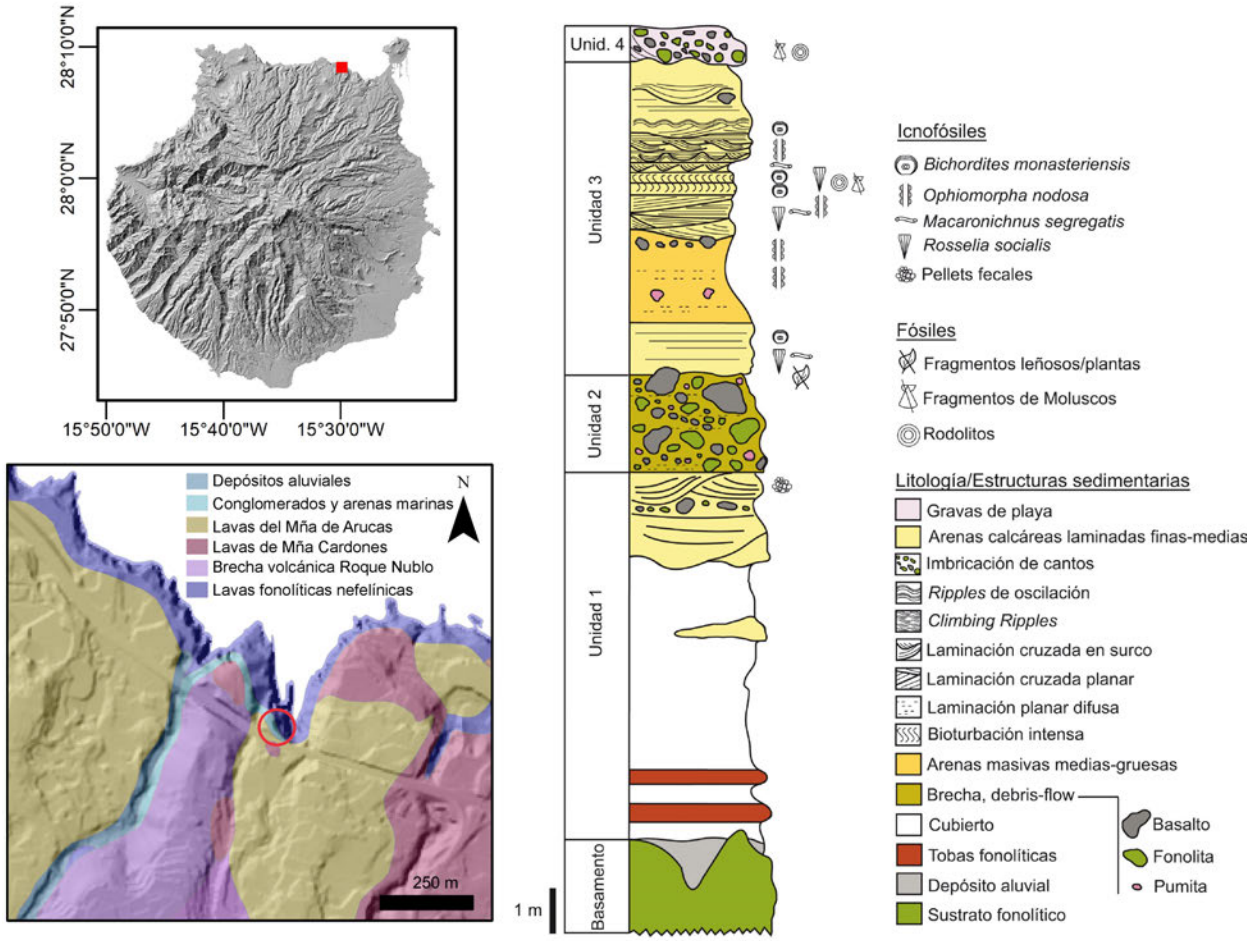

Figura 1. Situación geográfico-geológica de la sección estudiada. 1.1. Mapa geológico del área. 1.2. Columna estratigráfica con situación de los niveles con icnofósiles.

tramo se aprecian numerosas secciones de *Ophiomorpha nodosa* con un I.B medio (3). Suprayacente, caracterizando la mitad superior de esta Unidad se encuentran *R. socialis* y *M. segregatis* hacia la base, conservados en relieve completo, aunque son raros y aislados, sobre unos niveles que presentan laminación cruzada planar. Inmediatamente por encima se sitúan dos bancos intensamente bioturbados, de 0,20-0,25 m, constituidos casi exclusivamente por *B. monasteriensis* y esporádicas estructuras de *O. nodosa*. El I.B es muy alto (5), llegando a borrar cualquier tipo de estructura sedimentaria. Hacia techo se suceden niveles de 0,15 m de arenas con laminación oblicua con *M. segregatis,* laminación cruzada en surco de pequeña escala con *B. monasteriensis* y raras *R. socialis* y *O. nodosa*. El I.B de estos niveles es bajo (2) y su conservación también es en relieve completo. Este tramo, en el que aparecen también fragmentos de moluscos y rodolitos, presenta algunas secciones esporádicas de *B. monasteriensis*. En resumen, se puede diferenciar el contenido icnológico de *Ophiomorpha*, monoicnoespecífico, asociado a las facies de arenas masivas, y el contenido de *Bichordites*, con *Macaronichnus* y *Rosselia* subordinados (y esporádicamente *Ophiomorpha*), asociados a las facies de arenas laminadas. Desde el punto de vista icnofacial, el primer contenido se englobaría en la icnofacies de *Skolithos*, mientras que el segundo tendría un carácter mixto entre la icnofacies de *Skolithos* y la de *Cruziana* proximal, definida por la presencia de *Bichordites*.

Interpretación y Evolución Paleoambiental

La Unidad 1 correspondería, al menos en la parte más alta visible, a un depósito de condiciones hidrodinámicas de alta energía donde se ha registrado la concentración de *pellets* fecales. La Unidad 2 corresponde a depósitos de flujo por gravedad. Seguidamente, un nuevo pulso transgresivo en un contexto de *shoreface* medio-superior se caracterizó por la presencia de anélidos de hábito suspensívoro, como los terebélidos sedentarios, productores de *Rosselia socialis* o detritívoros, como los poliquetos ofélidos responsables de *Macaronichnus segregatis*. Inmediatamente por encima aparece el primer nivel con *Bichordites monasteriensis*, relacionado con la actividad excavadora de erizos espatangoídeos o maretiídos, que podría indicar el inicio de una mayor profundidad en un medio de energía algo menor. Por encima se sitúan las facies de arenas masivas con *Ophiomorpha nodosa*, que corresponden a estructuras de habitación y/o búsqueda de alimento y que se asocian en su mayoría a la acción excavadora de crustáceos decápodos callianásidos. Esto supuso un proceso de somerización, volviendo a condiciones de alta energía donde se producirían procesos de fuerte retrabajamiento. Hacia techo se vuelven a recuperar las condiciones de menor energía, pasando de zonas de *shoreface* superior-medio representadas por *Macaronichnus* y *Rosselia* a zonas de *shoreface* inferior, donde *Bichordites* es el icnogénero más abundante. A continuación, vuelve otro pulso regresivo con *Ophiomorpha* que indicaría de nuevo una alta energía probablemente relacionada con la acción de olas y tormentas. Por encima se encuentran algunos *Bichordites* aislados que podrían indicar momentos de mayor tranquilidad para posteriormente evolucionar a un medio caracterizado por facies conglomeráticas de alta energía por batida del oleaje, interpretado como una playa de cantos (Pérez Torrado y Cabrera Santana, 2005), que constituye la Unidad 4 (Schneider et al., 2004).

Conclusiones

Se han reconocido dos contenidos icnológicos bien diferenciados. El primero, asociado a facies de arenas masivas caracterizado por la presencia monoicnoespecífica de *Ophiomorpha nodosa*. El segundo, asociado a facies de arenas laminadas, compuesto por *Bichordites monasteriensis*, estando subordinados *Macaronichnus segregatis, Rosselia socialis* y *Ophiomorpha nodosa*.

Agradecimientos

Este trabajo se ha llevado a cabo dentro del Proyecto del Ministerio de Ciencia e Innovación CGL2015-66835-P y con las ayudas de la Junta de Andalucía al Grupo de Investigación RNM 276 y del Centro Científico-Tecnológico de Huelva al Departamento de Geociencias Aplicadas. Esta investigación ha sido financiada por el proyecto ECLIPSA (Evidencias del cambio climático a partir de los yacimientos paleontológicos y los depósitos volcánicos y sedimentarios abióticos de Canarias) subvencionado por el Cabildo de Tenerife y la Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información (ACIISI) del Gobierno de Canarias, a través del proyecto ProID2017010159, cofinanciado por los Programas Operativos FEDER y FSE de Canarias 2014-2020.

Bibliografía

Pérez Torrado, F. J. & Cabrera Santana, M. C. 2005. Costa Norte: Cuevas del Guiniguada y Valle de Agaete. In: Hernández Calvento, L., Alonso Bilbao, I., Mangas Viñuela, J y Yanes Luque, A, (eds). Tendencias actuales en Geomorfologia Litoral, 239-251.

Schneider, J-L., Pérez Torrado, F. J., Gimeno Torrente, D., Wassmer, P., Cabrera Santana, M. C. & Carracedo, J. C. 2004. Sedimentary signatures of the entrance of coarse-grained volcaniclastic flows into the sea: the example of the breccia units of the Las Palmas Detritic Formation (Mio–Pliocene, Gran Canaria, Eastern Atlantic, Spain). Journal of Volcanology and Geothermal Research, 138, 295– 323.

FÓSILES HISTÓRICOS DE LA PROVINCIA DE GRANADA EN LAS COLECCIONES PALEONTOLÓGICAS DEL MUSEO GEOMINERO (IGME, MADRID, ESPAÑA)

S. Menéndez[1] & M.V. Quiralte[1]

1 Museo Geominero (IGME) c/ Ríos Rosas, 23, 2803 Madrid. s.menendez@igme.es; mv.quiralte@igme.es

Introducción. La colección paleontológica de Granada en el Museo Geominero

La importancia de las colecciones geológicas depositadas en el Mueso Geominero viene dada por su notable valor histórico. Una buena parte de ellas fueron incorporadas durante la segunda mitad del siglo XIX y la primera mitad del XX, mientras se llevaban a cabo los trabajos para la realización de la cartografía geológica nacional acometidos por la *Comisión del Mapa Geológico de España*, germen del actual Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Actualmente las colecciones y fondos paleontológicos del Museo Geominero superan los 59.000 ejemplares, entre los que 199 proceden de la provincia de Granada (un 0,35% del total). Aunque el número de fósiles provenientes de esta provincia no es elevado, su relevancia es manifiesta. Todos ellos pertenecen a la colección más numerosa del museo, la de "Fósiles Invertebrados y Flora Españoles", que cuenta con algo más de 42.000 especímenes (0,47% del total de esta colección corresponden a Granada).

El conjunto de fósiles granadinos contenidos en las colecciones paleontológicas del Museo Geominero está constituido por 69 ejemplares de edad Jurásico; 1 de Cretácico; 8 de Paleógeno-Eoceno; 87 de Neógeno-Mioceno; 8 de Neógeno-Plioceno y 26 son cuaternarios. Muchos de ellos tienen su origen en la realización de la primera cartografía geológica publicada de la provincia de Granada (Gonzalo y Tarín, 1881). Este trabajo detalló, entre otras cosas, la presencia de determinadas especies fósiles en muchas de las zonas caracterizadas. Además, se recolectó y se incorporó en las colecciones del Museo Geominero una variada muestra de ejemplares fósiles que fueron determinados por Lucas Mallada (Profesor de Paleontología de la Escuela de Ingenieros de Minas en ese momento).

Material y métodos

El objeto de estudio de esta revisión es la totalidad de los ejemplares fósiles procedentes de Granada depositados en el Museo Geominero (199 registros). La metodología seguida ha sido la misma descrita en las revisiones realizadas en los últimos años sobre otras colecciones históricas de rocas y fósiles del Museo Geominero (ver González Laguna *et al.,* 2007; Lozano y Rábano, 2001; Lozano *et al*., 2005; Menéndez y Rábano, 2010; Menéndez *et al*., 2016).

Desgraciadamente, la mayor parte de la documentación original asociada a los trabajos de la *Comisión del Mapa Geológico de España* y la información sobre los ejemplares ingresados en el Museo Geominero como consecuencia de dichos trabajos, se ha perdido con el paso de los años. Por esta razón, se han examinado todos los ejemplares fósiles procedentes de Granada con el fin de localizar aquellos con etiquetas adheridas y/o anexas que pudieran corresponderse con los de la *Comisión*. Entre el etiquetado anexo se han considerado las etiquetas originales de la *Comisión* y los borradores en papel previos a la realización de dichas etiquetas (Lozano y Rábano, 2001). Igualmente se ha cotejado la información contenida en los registros de la base de datos del Museo Geominero con los listados de fósiles que aparecen en la publicación sobre la provincia de Granada de Gonzalo y Tarín (1881). El objetivo es identificar los ejemplares fósiles que podrían corresponder con los que originalmente se recolectaron durante aquellos trabajos de la *Comisión*, comparando las coincidencias entre las edades y localidades/parajes en ambas fuentes (base de datos y bibliografía).

Para la elaboración de este catálogo de fósiles históricos se han excluido aquellos en los que, aun siendo material antiguo, no ha podido establecerse una equivalencia entre sus localidades de origen y/o carecían de etiquetado (bien etiquetas anexas, borradores o etiquetas adheridas).

Discusión y Conclusiones

En el caso de la provincia de Granada se reconoce la presencia de 84 fósiles que han sido catalogados como históricos y que fueron recogidos durante los trabajos de elaboración de la cartografía geológica provincial de Granada llevados a cabo en el siglo XIX. La distribución por edades es la siguiente: 34 registros del Jurásico, 3 del Eoceno, 44 del Mioceno y 3 del Plioceno (ver Tabla 1). En algunos casos (señalados con un asterisco en la Tabla 1) las localidades de procedencia de los ejemplares citados en la memoria de la cartografía y los depositados en el museo no coinciden, pero se especifica para esas localidades en el texto de la memoria, la presencia de caliza fosilífera con numerosas especies fósiles sin determinar. El material en estas localidades fue objeto de recolección ya que todos ellos están acompañados de etiquetas adherida y/o anexa, signo inequívoco de su origen (Gonzalo y Tarín, 1881). En el caso de 1603M (doble asterisco en la Tabla1) puede verse que en la etiqueta anexa (borrador) no aparece una identificación taxonómica antigua, sino moderna, escrita en rojo, y que pone Cardium sp. Con posterioridad, esta asignación taxonómica sufrió una revisión a su vez, con lo que actualmente se clasifica como Aequipecten scrabella. En la Memoria de 1881 (pag.91) aparece una referencia a la aparición de restos variados de moluscos en Alhama de Granada, algunos sin identificar. Pensamos que este ejemplar se encontraba entre ellos.

Con respecto al etiquetado que presentaban estos fósiles (ver Figuras 1a-b y 1e), hemos podido constatar la presencia de tres tipos distintos de etiquetas adheridas directamente a los ejemplares. Una de las tipologías (Figura 1g), coincide con la caracterizada como "tipo 2" en los trabajos realizados sobre la colección histórica de rocas y fósiles de Barcelona del Museo Geominero (Lozano y Rábano, 2001). Los otros dos tipos de etiquetas adheridas que hemos encontrado no habían sido descritos con anterioridad (Figuras 1d y 1h), una de ellas es la más numerosa y la otra está repre-

Tabla 1. Listado de ejemplares fósiles recolectados por Gonzalo y Tarín (1881) con las determinaciones taxonómicas tal y como aparecen en la memoria, así como las asignaciones taxonómicas actuales tras su revisión. Las localidades y parajes de procedencia se corresponden con los siguientes: (1) Manantial El Manzanil, Cerro de las Monjas (3 km SE de Loja); (2) Sierra de las Cabras y Gorda de Santa Lucía (S de Loja); (3) Cortijo del Azafranero, Sierra de Marchamonas (Zafarraya); (4) Campofique, Sierra del Muerto (Huéscar); (5) Cerro de Santa Merced y Pico de la Solana del Reloj (Montillana); (6) Loma del Juncal (Campotéjar); (7) Sierra de la Dobla (Dehesas Viejas); (8) Cortijo del barranco de las Tinajas (Algarinejo); (9) La Torrecica (Castril); (10) Cortijo de la Puerca, Puerto del Hornillo (N de Puebla de Don Fadrique); (11) Cortijo Fuente Caldera (Alicún de Ortega); (12) Rambla de los Caballeros, Almaciles (Puebla de Don Fadrique); (13) Confluencia rambla Seca con el río Menor (*Grande*), Poblado del Negratín (Freila); (14) Arroyo de la Rambla (Domingo Pérez); (15) Torrente de las Vacarizas, Almaciles (Puebla de Don Fadrique); (16) Cerro del Castillo (Montefrío); (17) Manantial del Cofín y Llanos de las Rozas y del Palmar (Loja-Alhama de Granada); (18) Alhama de Granada; (19) Fornes; (20) Cantera de los Villares, La Venta del Fraile (Padul); (21) La Venta del Fraile (Padul); (22) Montejicar; (23) Entre Dílar y Monachil; (24) Béznar (Lecrín); (25) Güéjar Sierra; (26) Caniles; (27) Benamaurel; (28) Pinar Verde (NE Gorafe); (29) El Caracolar (Víznar); (30) Quéntar.

Género	especie	Gonzalo y Tarín, 1881	Museo Geominero				
		Procedencia	Procedencia	Ejemplar MGM	Etiqueta adherida	Etiqueta anexa	Revisado taxonomía
JURÁSICO							
Ammonites	*variabilis?*	5, 8	5	1676J	X	X	*Bredyia uretae*
	mediterraneum	1	1	664J, 929J, 1041J	-	-	*Holcophylloceras mediterraneum*
				1039J	X	-	
	transitorius	1, 3	22	1654J*	-	X	*Perisphinctes transitorius*
			1	927J	-	-	
				1761J	X	X	
				2106J	-	X	*Paraulacosphinctes sp.*
	*ptychoicus**	2	1	669J, 748J, 980J	-	-	*Ptychophylloceras ptychoicum*
	silesiacus	1, 2	2	2102J	-	X	*Phylloceras* sp.
	municipale	1	1	675J, 1053J, 1055J	-	-	*Pterolytoceras municipale*
	*arduennensis**	2	1	1222J	-	-	*Parawedekindia arduennensis*
			2	2114J	-	X	*Protacanthodiscus sp.*
	*liebigi?**	4	1	672J, 902J, 905J, 1050J	-	-	*Lytoceras liebigi*
	*bakeriae**	9	5	10J	X	-	*Decipia? bakeriae*
	arolicus	2	2	982J	X	X	*Trimarginites arolicus*
	sin determinar	1	1	1035J, 1154J, 661J, 911J, 921J, 925J,	-	-	*Calliphylloceras calypso*
	elimatus	1	1	682J	-	-	*Haploceras elimatum*
Apthycus	*latus*	9	9	1100J	-	-	*Laevaptychus latus*
	punctatus	3, 7	7	58J	-	-	*Punctaptychus punctatus*
	sparila	6	6	61J	-	-	*Lamellaptychus sparsilamellosus*
EOCENO							
Astrea	*crenulata*	11	11	1774N	X	X	-
Heliastrea	*defrancei*	-	10	1763N	-	X	-
Meandrina		10	10	1760N	X	X	Rugosa gen. indet.
MIOCENO							
*Cardium***		18	18	1603M	-	X	*Aequipecten scabrella*
Terebratula	*grandis*	13	13	1410M, 5053M, 5054M	-	X	-
Pecten	*opercularis*	12, 13, 15, 16, 20 23, 24	20	1631M,	X	X	*Aequipecten scabrella*
				1990M, 5101M, 5102M	-	-	
				1688M, 5035M, 5036M	-	X	*Aequipecten* sp.
			13	1924M, 5000M, 5001M	-	X	*Aequipecten scabrella*
			23	1927M	X	X	*Aequipecten* sp.
		15, 18, 23, 24, 25, 28, 29, 30	24	1672M, 4974M	X	X	*Aequipecten* sp.
*Prionastrea**	*diversiformis*	21	18	1388M	X	X	-
*Solenastrea**	*turonensis*	21	14	1384M	X	X	*Heliastrea* sp.-
Hydrobia	*etrusca*	-	19	1203M	X	-	-
Helix	*arbustorum*	14, 17	17	114M	X	-	-
				1297M, 5126M-5145M	-	X	-
Melanopsis	*costata*	18	18	99M, 3895M	-	-	*Melanopsis dufouri*
		18					
PLIOCENO							
Cardium	*edule*	26, 27	26, 27	4611M, 672M, 676M	-	-	*Cerastoderma edule*

sentada sólo en un caso (MGM 1672M; Figura 1h).

En nuestra revisión no hemos encontrado ninguna etiqueta anexa original que se correspondiera directamente con las de la *Comisión del Mapa Geológico de España*, sino que todo el etiquetado se relaciona con borradores previos a la redacción de dichas etiquetas (Figuras 1c y 1f).

Sólo en diez casos los ejemplares presentaban doble etiquetado; es decir, la etiqueta adherida sobre el fósil directamente, y la etiqueta anexa que, como ya hemos comentado, se trata de borradores. En 14 ejemplares, sin embargo, sólo encontramos un tipo de etiquetado, siendo más numerosas las etiquetas anexas que las adheridas (Tabla 1). Por último, hay que comentar el resto de los casos, que carecen de etiquetado, y que son los más numerosos. La asignación de este material

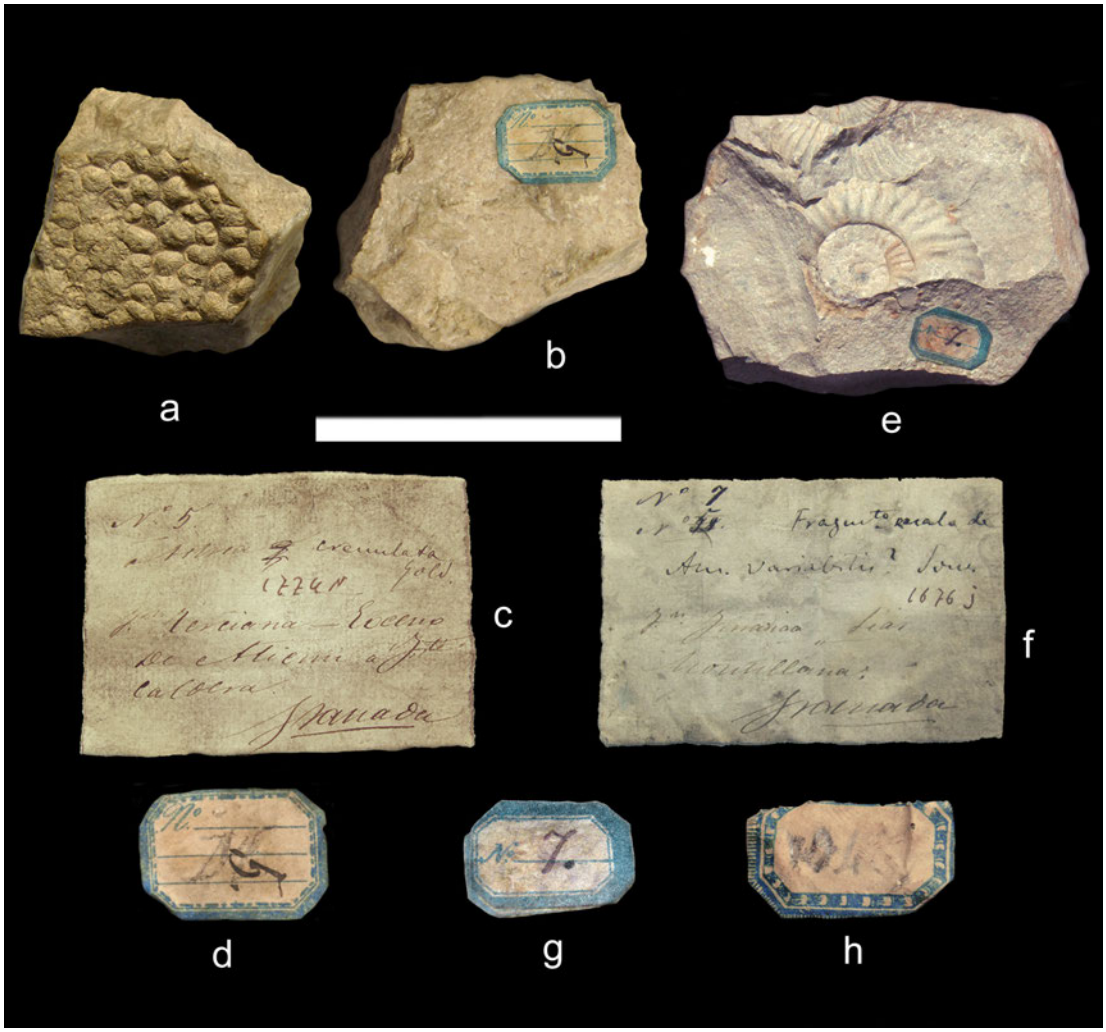

Figura 1. a) y b) MGM-1774N Astrea crenulata, anverso (a) y reverso (b) del ejemplar; c) borrador de la etiqueta de la Comisión del Mapa Geológico de España del ejemplar MGM-1774N; d) detalle de la etiqueta adherida de MGM-1774N (nueva tipología); e) MGM-1676J, Bredya uretae (antiguo "Ammonites" variabilis); f) borrador de la etiqueta de la Comisión del Mapa Geológico de España del ejemplar MGM-1676J; g) detalle de la etiqueta adherida de MGM-1676J (tipología 2 según Lozano & Rábano, 2001); h) detalle de la etiqueta adherida de MGM-1672M (nueva tipología). NOTA: la barra de escala corresponde a 5 cm para las imágenes de los ejemplares fósiles; el resto de imágenes se muestran agrandadas para su mejor visualización, pero sin ajustarse a ninguna escala.

a la categoría de "fósiles históricos" ha sido posible después de la detallada revisión de sus localidades de procedencia en la base de datos del Museo Geominero y su comparación con la información recogida en la bibliografía consultada.

Bibliografía

González Laguna, R., Lozano, R. P., Menéndez, S. y Abad, S. 2007. La colección histórica de rocas de la provincia de Huesca conservada en el Museo Geominero (IGME, Madrid): catalogación e interpretación histórica. Boletín Geológico y Minero, 118 (1): 127-140.

Gonzalo y Tarín, J. 1881. Reseña física y geológica de la Provincia de Granada. Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España, 8: 1-130.

Menéndez, S. y Rábano, I. 2010. Fósiles de Extremadura en la colección paleontológica histórica del Museo Geominero (Instituto Geológico y Minero de España, Madrid): catálogo y puesta en valor. Boletín Geológico y Minero, 121 (2): 169-178.

Menéndez, S., Rábano, I. y Corrales, B. 2016. Colecciones paleontológicas históricas de la provincia de Huelva conservadas en el Museo Geominero (Instituto Geológico y Minero de España, Madrid). Geo-Temas, 16 (2): 239-241.

Lozano, R.P. y Rábano, I. 2001. Las colecciones históricas de rocas de Barcelona del Museo Geominero (IGME, Madrid): catalogación e interpretación histórica. Boletín Geológico y Minero, 112(2): 133-146.

Lozano, R.P., Rodrigo, A., Menéndez, S. & De la Fuente, M. 2005. Catálogo de la colección histórica de fósiles de la provincia de Barcelona conservada en el Museo Geominero (Instituto Geológico y Minero de España). Boletín Geológico y Minero, 116(3): 257-272.

EARLY VILLAFRANCHIAN TAPIRS FROM THE CAMP DELS NINOTS MAAR (LA SELVA BASIN, NE IBERIAN PENINSULA)

E. Meseguer-Despons[1], B. Gómez de Soler[2,3], G. Campeny Vall-Llosera[2,3], J. Agustí[2,3,4] & J. Madurell-Malapeira[1]

1 Institut Català de Paleontologia Miquel Crusafont, Universitat Autònoma de Barcelona, Edifici ICTA-ICP, c/ de les columnes s/n Campus de la UAB, Cerdanyola del Vallès, 08193. Barcelona. Spain.

2 IPHES, Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social (IPHES), Zona Educacional 4, Campus Sescelades URV (Edifici W3), 43007 Tarragona, Spain.

3 Àrea de Prehistòria, Universitat Rovira i Virgili (URV), Avinguda de Catalunya 35, 43002 Tarragona, Spain.

4 ICREA, Research Professor Barcelona, Spain

Introduction: Extant tapirs and their fossil record

The family Tapiridae is one of the most peculiar families not only of ungulates, but of all the class Mammalia. Nowadays there are five species of living tapirs, four American: *Tapirus bairdii*, *Tapirus terrestris*, *Tapirus pinchaque* and *Tapirus kabomani*; and one from Asia: *Tapirus indicus*. All of them present a relatively small proboscis, an almost complete dental formula (3/3, 1/1, 4/3, 3/3), four digits in their manus and three in their pes, with a barrel-like body. The former extant forms putatively evolved from small Eocene perissodactyl mammals acquiring after the Grande Coupure the modern and conservative body pattern. In Europe, tapirs earliest recorded in early Miocene (MN 1-2) with genera such as *Paratapirus*, *Protapirus* and *Eotapirus*. In MN 3-5 there's a "tapir vacuum", a period without tapir record. After this, in the Middle Miocene, from MN 5 on, the genus *Tapirus* dispersed from Asia, with species like: *Tapirus telleri*, *Tapirus antiquus* and *Tapirus priscus*. In the Late Miocene more advanced species, such as *Tapirus balkanicus* or *Tapirus pannonicus* appeared. Finally, in the European Pliocene, only one form, *Tapirus arvernensis* is recorded, it becoming extinct in the Plio-Pleistocene boundary (see Made & Stefanovic, 2006).

Geological background

La Selva Basin (300 km^2 and 150 m above the sea level) is located in the septentrional edge of the Catalan Coastal Ranges. Volcanic activity in this area took place during the Neogene as part of the Catalan Volcanic Complex and was active from 14 Ma to 10 ka in the NE of the Iberian Peninsula (see Gómez de Soler and references therein).

Specifically, the Camp dels Ninots site is a Late Pliocene (3,1 Ma) maar-diatreme, low-relief broad crater formed after a phreatomagmatic explosive eruption that filled up with ground water and

formed a lake being. It is located at Caldes de Malavella town (Girona, NE Iberian Peninsula) (Oms et al., 2015). Systematic excavations were performed in the site since 2003 unearthing in different layers several complete skeletons of large mammals in anatomic connection from different species: the rhino *Stephanorhinus jeanvireti*, the bovid *Alephis tigneresi,* and *Tapirus arvernensis*. Concerning the fossil tapir sample, up to know, four complete adult and sub-adult skeletons, one complete skeleton of a baby and isolated remains of a minimum of two more individuals have been found.

Materials and methods

The studied skull of *Tapirus arvernensis* corresponds to a sub-adult individual, and it is housed at the Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social, IPHES (Tarragona, Spain). For anatomical comparisons, we used the original description of the type of *T. arvernensis* provided by Croizet & Jobert (1828), besides published descriptions and measurements of the species *T. arvernensis*, *T. priscus* and *T. pannonicus* (Del Campana, 1910; Rustioni, 1992; Guerin & Eisenmann, 1994; Made & Stefanovic, 2006; Franzen, 2013). Also, we counted with a cranium of the living species *T. terrestris,* housed at Museu de Zoologia de Barcelona, and a photography of a cranium of *T. indicus* from http://www.digimorph.org/. The tapir skull from Camp dels Ninots was restored and prepared at the laboratory of Preparation of the IPHES. Measurements were taken with a digital caliper to the nearest 0.1 mm. Abbreviations: CN, Camp dels Ninots.

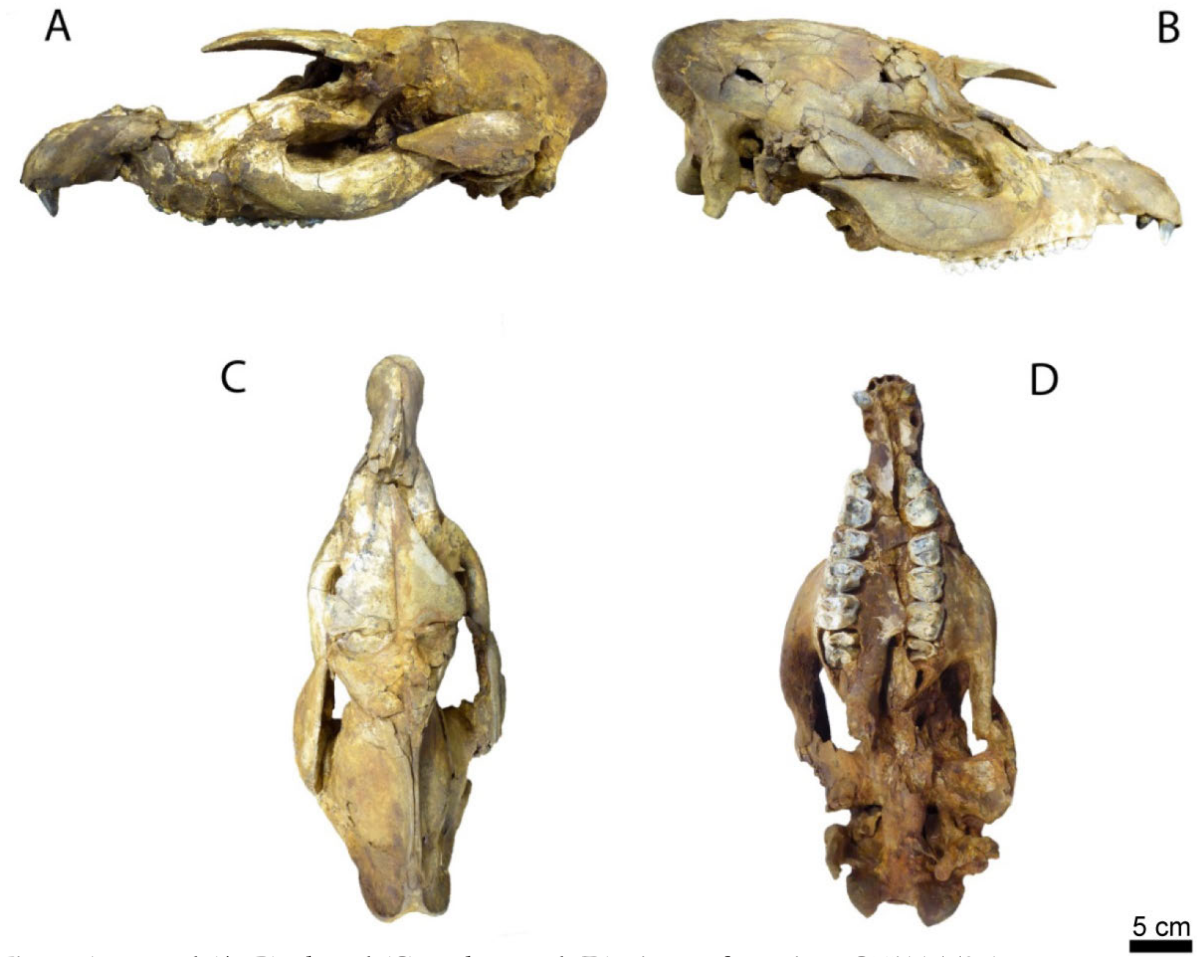

Figure 1: Lateral (A, B), dorsal (C) and ventral (D) views of cranium CN'11-T2-1.

Results

Description

The referred material is CN'11-T2-1 (cranium) + CN'11-T2-2 (mandible), a sub-adult tapir skull found in 2011, with its corresponding complete skeleton. It is slightly laterally compressed, but it still presents some 3D morphology. It is a flattened and long skull with the basicranium slightly projected caudally and with a long rostrum relative to the basilocondilar length of the cranium. It has robust zygomatic arches which base is placed in a low position. The sagittal crest is not fused, probably to the sub-adult condition of the specimen. It has a small tubera frontalis and huge lambdoid crests, which makes the sagittal crest to be slightly inclined, probably related with the dimension of the m. masseter. The mandible displays a ramus which is slowly sloping in relation to the long corpus. The ramus presents a strong and wide depression for the insertion of the m. masseter, together with prominent angular and coronoid processes, the former being wide and curved, with stable outline, starting just below the articular condyle. The coronoid process is slender and highly curved caudally. The articular condyle is wide and is situated beyond the cheek teeth row. The upper dentition is composed by an I3 (I1, I2 and the canine are out of the cranium, but the alveolus are visible), deciduous premolars dP1, dP2, dP3, dP4 and only M1, are emerged (M2 formed but not emerged, M3 not formed). The lower dentition is composed by the canines, only one incisor but with all the crushed alveolus visible (the rest are out of the cranium), deciduous premolars dp2, dp3, dp4 and only m1 (m2 is formed but not emerged, m3 is not formed).

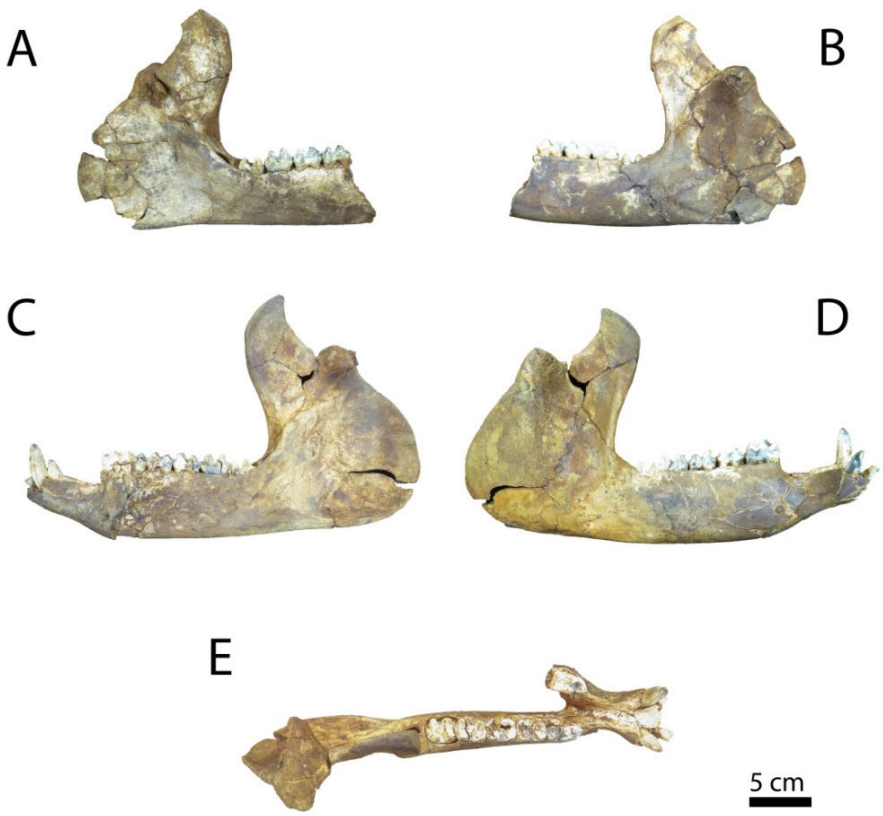

Figure 2: Lateral views of one piece of left hemimandible (A, B), lateral views of right hemimandible and the other joined piece of left hemimandible (C, D) and occlusal view of the mandible (E) of CN'11-T2-2.

Comparisons

The studied specimen has been compared morphologically and metrically with extant and extinct species of the genus *Tapirus*. The modern sample is represented by *T. terrestris* and *T. indicus*. The studied specimen differs from *T. terrestris* mostly in the relative height of the skull, due to the large and developed sagittal crests, going far above the position of nasals. In addition, the zygomatic arches of *T. terrestris* are weaker and placed more dorsally than those of the studied specimen. However, *T. indicus* shows more similarities with the studied specimen, but differs from it in the morphology of the sagittal crest, which is horizontal, due to a huge tubera frontalis and not so developed lambdoid crests. The fossil sample is represented by *T. priscus* and *T. arvernensis*. The measurements taken from the studied specimen are closer to those of *T. arvernensis*. *Tapirus priscus* is larger than *T. arvernensis* and both are separated in time (MN 9-10 for *T. priscus* and MN 13-17 for *T. arvernensis*).

Taxonomic attribution

The species is attributed to *Tapirus arvernensis* for a sample of cranial features identified by Rustioni (1992) also observed in the studied specimen: inclined sagittal crest (due to a slightly developed tubera frontalis), narrower zygomatic fossae, zygomatic arches stronger with their base located in a lower position, P1 more molarized, ramus sloping rostrally, and coronoid process pointing caudally. A new feature discovered in the studied specimen and in other crania found in the same sector and stratigraphic level could be attributed to this species: a small and thin bone crest in the maxilla, dorsal to the diastema.

Conclusions

The exceptional preservation of the specimens found in Camp dels Ninots provides with very useful information on the fauna and flora and therefore of the paleoecology of the site at 3 Ma. The fossil tapir specimens are the best preserved and complete of all the fossil tapir record of Europe. However, in future studies, a 3D model reconstruction is needed for all the skulls in order to have a better idea of their morphology and then better measures could be taken. Moreover, the study of the postcranial skeleton will give more information to make a more accurate taxonomic attribution and also to determine the age of the specimen.

References

Campana, D. del, 1910: I Tapiri del Terziario Italiano. Palaeontographia Italica, 16: 147-204.

Franzen, J.L., 2013: The Tapirs (Mammalia, Perissodactyla, Tapiridae) from the late Miocene (Early Turolian) of Dorn-Dürkheim 1, Germany, Rheinhessen. In: Franzen J.L. & Pickford M. (Eds.) Dorn-Dürkheim 1, Germany: A highly diverse Turolian fauna from mid-latitude Europe. Palaeobiology and Palaeoenvironments, 93: 171-189.

Gómez de Soler, B., Campeny, G., Made, J. van der, Oms, O., Agustí, J., Sala, R., Blain, H.A., Burjachs, F., Claude, S., García Catalán, S., Riba, D. & Rosillo, R., 2012. A New Key Locality for the Pliocene Vertebrate Record of Europe: the Camp dels Ninots Maar, NE Spain. Geologica Acta, 10: 1-17.

Guérin, C. & Eisenmann, V., 1994. Les Tapirs (Mammalia, Perissodactyla) du Miocene Supérieur d'Europe Occidentale. Geobios, 27: 113-127.

Oms, O., Bolós, X., Barde-Cabusson, S., Martí, J., Casas, A., Lovera, R., Himi, M., Gómez de soler, B., Campeny Vall-Llosera, G., Pedrazzi, d. & Agustí, J. 2015. Structure of the Pliocene Camp dels Ninots maar-diatreme (Catalan Volcanic Zone, NE Spain). Bulletin of Volcanology, 77(11), 1-13.

Made, J. van der & Stefanovic, I., 2006. A Small Tapir from the Turolian of Kreka, Bosnia, and a Discussion on the Biogeography and Stratigraphy of the Neogene Tapirs. Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen, 240: 207-240.

Rustioni, M., 1992. On Pliocene Tapirs from France and Italy. Bolletino della Società Paleontologica Italiana, 31: 269-294.

AN EXAMPLE OF LAZARUS BURROWING BEHAVIOUR THROUGH A NEW TEICHICHNOID TRACE FOSSIL *SYRINGOMORPHA CIPROSENSIS* FROM THE MIOCENE OF CYPRUS

O. Miguez-Salas[1*], F.J. Rodríguez-Tovar[1] & A. Uchman[2]

1 Dept. Estratigrafía y Paleontología, Universidad de Granada, 18002 Granada, Spain. *olmoms@ugr.es

2 Faculty of Geography and Geology, Institute of Geological Sciences, Jagiellonian University, Gronostajowa 3a, PL 30-387 Kraków, Poland.

Trace fossils can be view as the fossilized reflection of different behaviours (Seilacher 2007), and once developed, such behaviours tend to continue through the Earth history. Accordingly, trace fossils generally have long stratigraphic ranges expressing the main sorts of behaviours.

In the present study, a new teichichnoid trace fossil, *Syringomorpha ciprosensis*, is proposed from the Miocene Pakhna Formation of Cyprus (Petra Tou Romiou and Agios Konstantinos outcrops; Fig. 1). These sediments are composed of mixed deep-water deposits with turbidite, contourite and pelagite-hemipelagite facies deposited in a palaeoslope system (Kähler 1994; Kähler and Stow 1998).

Syringomorpha ciprosensis is a vertical burrow composed of a bow-like tube, whose course runs from a distal, subhorizontal/horizontal part to proximal subvertical/vertical part, and triangular spreiten in the corner of the tube. Lamellae of the spreiten are oblique, inclined mostly less than 45°. Width of both parts of the tube are centimetric (Fig. 2). Triangular spreiten is about 4 cm width (Fig. 2).

The ichnogenus *Syringomorpha* Nathorst, 1886 was represented exclusively during the Lower Palaeozoic and dissipated after Silurian times. The only ichnospecies *Syringomorpha nilssoni* (Torell 1868) is found essentially in shallow marine clastic deposits of the lower Cambrian (Richter 1927; Jensen 1997; Mángano and Buatois 2004; Engelhardt and Hoffmann 2012), and reappears through a single occurrence in the Silurian of Algeria (Djouder et al. 2018). So, did the burrowing behaviour represented by *Syringomorpha* (strip mining in a vertical plane from a bow-like tube) dissolve forever from the geological record after the Silurian?

Surprisingly, *Syringomorpha ciprosensis* manifests the reappearance of the same behaviour after a long gap, in a deep-sea environment with mixed pelagic/contouritic/turbiditic sedimentation. There-

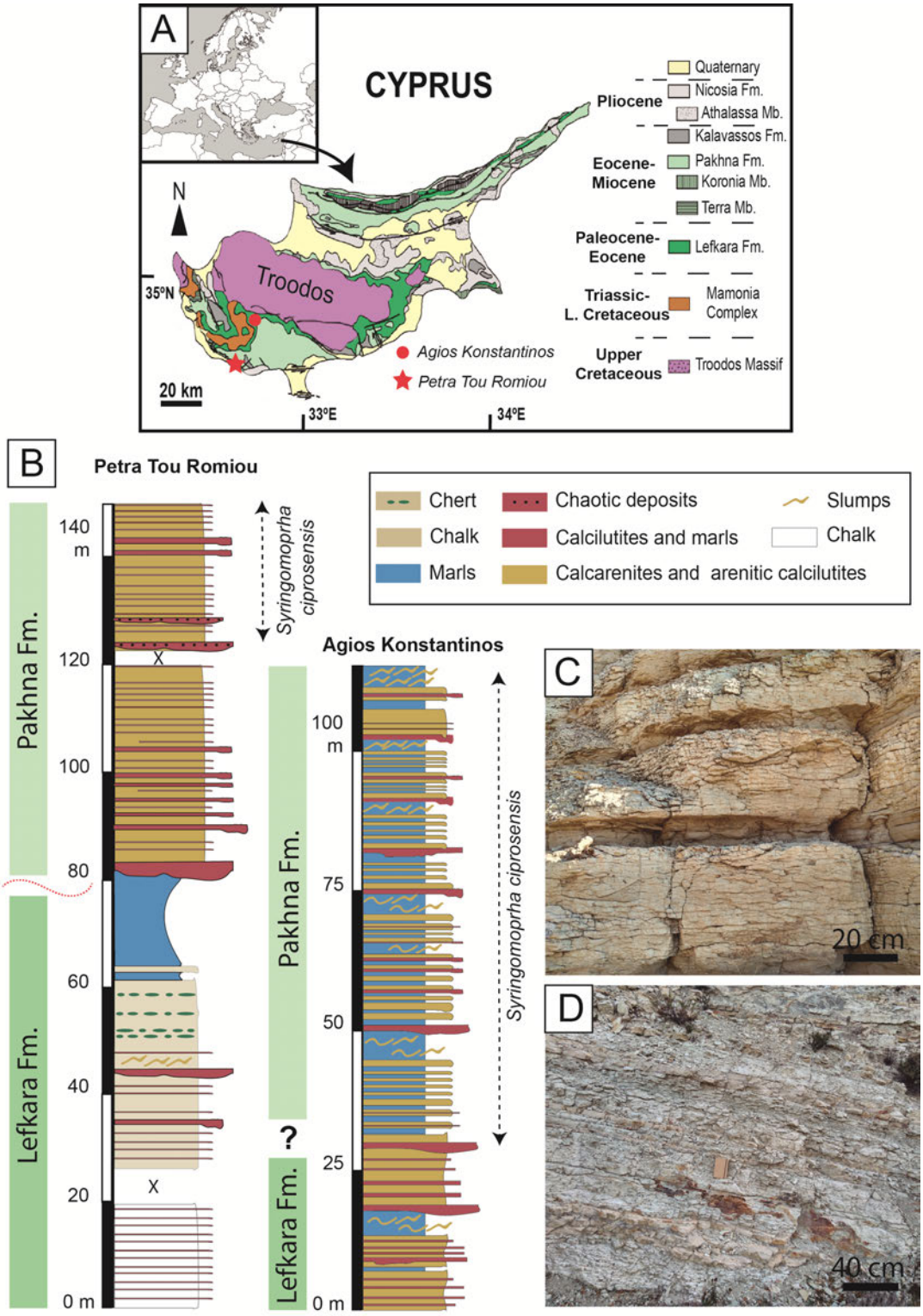

Figure. 1. Studied outcrops at Cyprus. A) Location and geological map of Cyprus (based on Kinnaird, 2008). B) Stratigraphic scheme with the main lithologies of each formation (in grey the distribution of *Syringomorpha ciprosensis* isp. nov.). C) Simplified logs of the Petra Tou Romiou outcrop and the Agios Konstantinos section. D) Petra Tou Romiou outcrop. E) Agios Konstantinos section.

fore, energy conditions reveal a higher influence on *S. ciprosensis* tracemaker rather than water depth. This stands as an example of the Lazarus effect, which is barely applied to trace fossils (see Gibert 2003), understood as an evidence of burrowing behaviour. Both ichnospecies of *Syringomorpha* could be generated by the same taxonomic group of plausible worm-like organisms (?polychaetes), or else the burrows resulted from convergent behaviour of distinct taxonomic groups.

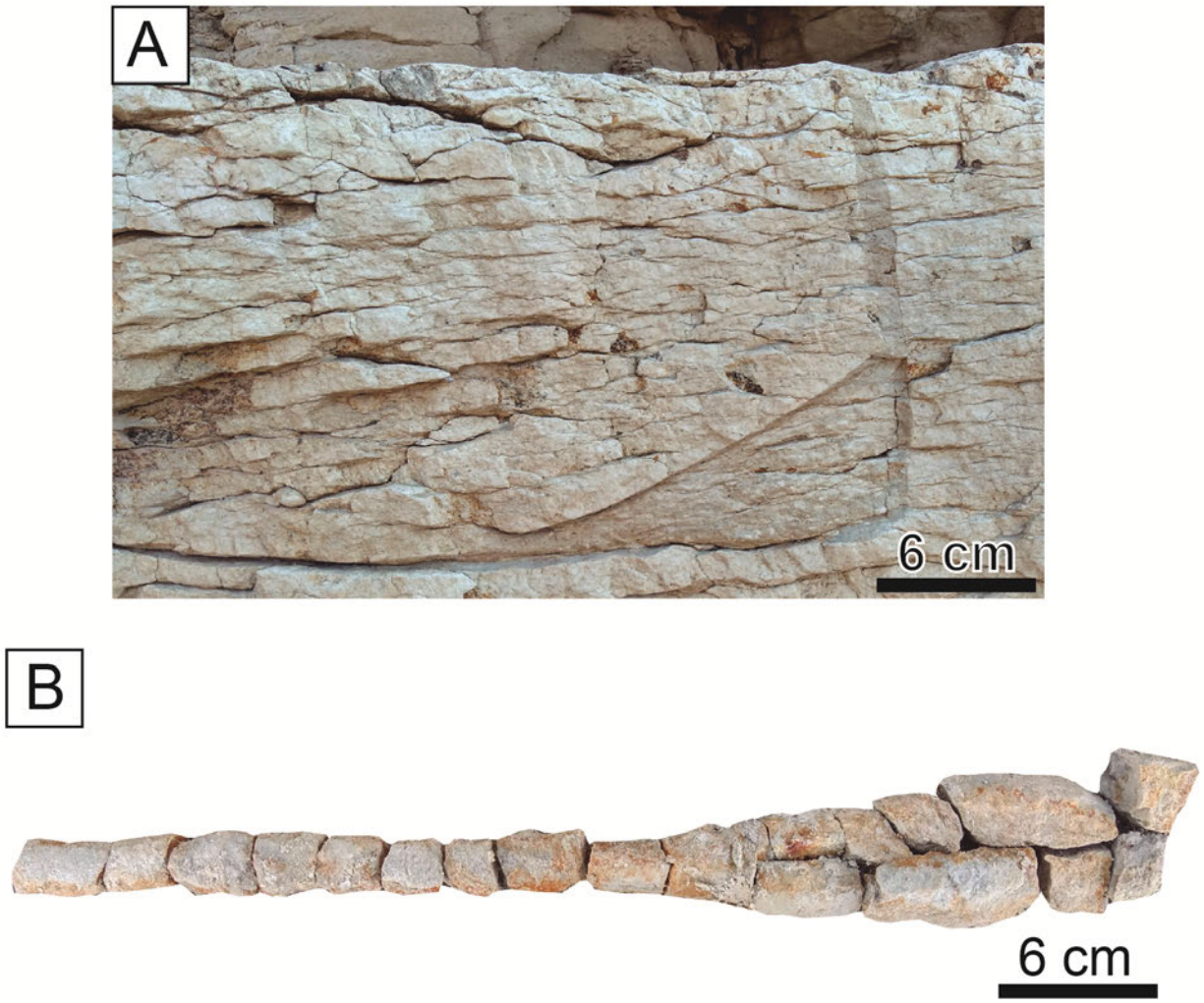

Figure 2. A) Specimen cast with nearly rectangular curvature of the tube and slightly back curved shaft. B) Holotype, side view (Agios Konstantinos section).

References

Djouder, H., Lüning, S., Da Silva, A.-C., Abdallah, H. & Boulvain, F. 2018. Silurian deltaic progradation, Tassili n'Ajjer plateau, south-eastern Algeria: Sedimentology, ichnology and sequence stratigraphy. Journal of African Earth Sciences, 142, 170–192.

Engelhardt, G. & Hoffmann, R. 2012. Zur unterkambrischen Ichnogattung Syringomorpha an-hand norddeutscher Geschiebefunde I (The early Cambrian ichnogenus Syringomorpha from Geschiebes of northern Germany I). Archiv für Geschiebekunde, 6 (5), 281–324.

Gibert, J. M. de 2003. Criterios icnológicos para reconocer comportamientos homólogos y homoplásticos en el registro fósil. Pp. 9–15 in L. A. Buatois & M. G. Mángano (eds) Icnología: hacia una convergencia entre geología y biolo-

gía. Argentinian Association of Paleontology, Special Publication 9.

Jensen, S. 1997. Trace fossils from the Lower Cambrian Mickwitzia sandstone, south-central Sweden. Fossils and Strata, 42, 1–110.

Kähler, G. 1994. Stratigraphy and sedimentology of the Paleogene Lefkara Formation, Cyprus. Unpublished PhD thesis, University of Southampton, Southampton, 319 pp.

Kähler, G. & Stow, D. A. V. 1998. Turbidites and contourites of the Palaeogene Lefkara Formation, southern Cyprus. Sedimentary Geology, 115, 215–231.

Kinnaird, T. 2008. Tectonic and sedimentology response to diachronous continental collision in the easternmost Mediterranean, Cyprus. PhD Thesis, University of Edinburgh, Edinburgh, 384 pp.

Mángano, M. G. & Buatois, L. A. 2004. Reconstructing Early Phanerozoic intertidal ecosystems: ichnology of the Cambrian Campanario Formation in northwest Argentina. Fossils and Strata, 51, 17–38.

Nathorst, A. G. 1886. Nouvelles observations sur des traces d´Animaux et autres phenomenes d´origine purement mecanique decrits comes “Algues Fossiles". Kongliga Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar, 21 (14), 1–58.

Richter, R. 1927. Syringomorpha nilssoni (Torell) in norddeutschen Geschieben des schwedischen Cambriums. Senckenbergiana, 9, 260–268.

Seilacher, A. 2007. Trace Fossil Analysis. Springer, Berlin, pp. 226.

Torell, O. 1868. Bidrag till Sparagmitens geognosi och paleontologi. Lunds Universitets Årsskrift 4, Afd 2:3, 1–40.

PALEOECOLOGICAL AND PALAEOENVIRONMENTAL CONDITIONS OF THE EARLY MIDDLE PLEISTOCENE SITE OF WADI SARRAT (EL KEF, TUNISIA) INFERRED FROM HERPETOFAUNAL ASSEMBLAGE

M.-S. Mtimet[1,2,3], S. Bailón[4], H.-A. Blain[1], J.M. López-García[1], L. Amri[3], N. Karoui-Yaakoub[3] & B. Martínez-Navarro[1,2,5]

1 IPHES, Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social, Edifici W3, Campus de Sescelades, 43007 Tarragona, Spain.

2 Departament d'Història i Geografia, Campus Catalunya URV, Avda. Catalunya, 43002 Tarragona

3 Faculté des Sciences de Bizerte, Département de Géologie, Université de Carthage, 7021 Bizerte, Tunisia

4 Histoire Naturelle de l'Homme Préhistorique-Archéozoologie, Archéobotanique. Sociétés, pratiques et environnements, Muséum national d'Histoire naturelle, Sorbonne Université, CNRS; CP55, 55 rue Buffon, 75005, Paris, France. salvador.bailon@mnhn.fr

5 ICREA, Pg. Lluís Companys 23, 08010 Barcelona

Paleoecological and Palaeoenvironmental conditions had a main role in the early hominins evolution and dispersal. Herpetofauna is considered a key for the palaeoenvironmental reconstruction due to their sensibility to climatic changes. Here we report an updated results about herpetofaunal remains coming from the archeopaleontological open-air site of Wadi Sarrat (El Kef, Northwestern Tunisia) during 2011, 2013, 2014 and 2018 dig seasons.

This locality has yielded a very rich and diversified fossil remains belonging to large and small vertebrate species together with lithic tools and diversified malacofauna.

Up to the date, 29 vertebrate taxa, have been identified, 7 large mammals [1 carnivore (*Canis othmanii*), 2 perissodactyls (*Ceratotherium simum* and *Equus* sp. small-middle size), and 4 artiodactyls (Suidae indet., *Hippopotamus* sp., *Bos primigenius*, and *Gazella* sp.)] and 22 small-vertebrate taxa, including 1 insectivore (*Crocidura* sp.), 7 rodents [*Mus* aff. *spretus*, *Mus* cf. *hamidae*, *Paraethomys rbiae*, *Praomys* sp., *Meriones* sp., *Dipodillus* (*Gerbillus*) *campestris*, *Eliomys* sp.], 3 anurans [*Discoglossus pictus*, *Bufo mauritanicus* (previously cited as *B. bufo* in (Martínez-Navarro et al. 2014), *Pelophylax saharicus*)], one chelonian (*Emys* sp./*Mauremys* sp.), 8 squamates: two lezards [*Eumeces* sp. (Scincidae) and an indeterminate Lacertidae (small size)], at least two morphotypes of colubrids snakes (*Macroprotodon* sp. and *Hemorrhois* sp.), Natricidae (probably the two species *Natrix natrix* and *N. maura*), one Viperidae (*Macrovipera* sp./*Daboia* sp.), there are two small vertebra morphologically closer to *Erycine* (Boidae), another vertebra has a morphology of *Coronella* sp./ *Telescopus* sp., one freshwater fish (*Cyprinidae* indet.), and one small-sized bird (Passeriformes indet.).

According to the herpetofaunal assemblage and the rest of vertebrate association, the region of Wadi Sarrat would have been represented by a

mosaic of open dry meadows and open woodlands with the presence of swamp area such as a paleolake and evolved under warmer and more humid climatic conditions than today.

Acknowledgements

This project is supported by grant CGL2016-80975-P of the Spanish Ministry of Science, and grant GENCAT 2017SGR 859 of the Generalitat de Catalunya, and by the Faculty of Sciences of Bizerte. M.-S. Mtimet is supported by an Erasmus Mundus PhD grant program on Quaternary and Human Evolution.

References

Martínez-Navarro, B., Karoui-Yaakoub, N., Oms, O., Amri, L., López-García,J.-M., Zerai, K., Blain, H.A., Mtimet, M.S., Espigares, P., Ben Haj Ali, N. ,Ros-Montoya, S., Boughdiri, M., Agustí, J., Ammar, H., Maalaoui, K., Om El Khir, O., Sala, R., Othmani, A., Hawas, R., Gómez-Merino, G., Solè, A., Carbonell, E., Palmqvist, P., 2014. The early Middle Pleistocene archeopaleontological site of Wadi Sarrat (Tunisia) and the earliest record of Bos primigenius. Quat. Sci. Rev. 90, 37–46.

VARIABILIDAD INTRAESPECÍFICA CRANEAL EN *LOHUECOSUCHUS MEGADONTOS* (CROCODILIFORMES, ALLODAPOSUCHIDAE) DEL CRETÁCICO SUPERIOR DE LO HUECO (CUENCA)

I. Narváez[1], A. de Celis[1], A. Serrano-Martínez[1] & F. Ortega[1]

1 Grupo Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, UNED, Madrid (España)

Introducción

El yacimiento de Lo Hueco (Campaniense superior-Maastrichtiense inferior, Cretácico Superior) ha proporcionado una rica asociación fosilífera, consistente en restos de plantas, de invertebrados y especialmente de vertebrados (Ortega et al., 2015). Entre estos últimos destacan los restos de crocodiliformes, que son relativamente abundantes en el yacimiento, y de los que se han identificado elementos craneales, mandibulares y postcraneales, así como numerosos dientes aislados. Este conjunto de material ha permitido la identificación de al menos dos taxones diferentes de eusuquios no Crocodylia. Por un lado, un crocodiliforme de tamaño medio con un rostro relativamente ancho y redondeado, con dientes de gran tamaño, separados por pequeños espacios interalveolares, descrito como *Lohuecosuchus megadontos* (Narváez et al., 2015), y un segundo taxón, también de tamaño medio, con un rostro más alargado y delgado, y con dientes de menor tamaño y más separados entre sí, denominado *Agaresuchus fontisensis* (Narváez et al., 2016).

El estudio de ambos taxones ha facilitado el análisis y la revisión de material fósil de eusuquios basales cercanamente emparentados, y ha permitido la definición del nuevo clado Allodaposuchidae (Narváez et al., 2015). Este grupo incluye a un conjunto de taxones de eusuquios del Cretácico Superior de Europa, descritos en su mayoría durante los últimos veinte años. Se trata de ejemplares de edad Campaniense-Maastrichtiense procedentes de diferentes localidades de Rumanía, Francia y España, entre los que se incluyen *Lohuecosuchus megadontos* y *Agaresuchus fontisensis*, y que se han relacionado, atendiendo a sus características craneales, con la especie *Allodaposuchus precedens*.

En este trabajo se describen nuevos restos craneales asignados preliminarmente a la especie *Lohuecosuchus megadontos* procedentes de Lo Hueco, que permiten profundizar en el análisis de la morfolo-

gía craneal de la especie y el estudio de la variabilidad intraespecífica en alodaposúquidos, utilizando para ello la identificación de caracteres y técnicas morfométricas y paleoneuroanatómicas.

Discusión y Conclusiones

El material craneal de alodaposúquidos de Lo Hueco incluye algunos ejemplares que cuya morfología no se ajusta a ninguna de las especies descritas en el yacimiento. Un estudio detallado de estos ejemplares ha permitido identificar algunos de los caracteres diagnósticos de *Lohuecosuchus megadontos*, como la presencia de una narina más ancha que larga, depresiones poco profundas en la superficie maxilar dorsal, una fórmula dental con un número reducido de alveolos premaxilares y maxilares muy próximos entre sí, dientes robustos e hipertrofiados y una coana secundaria en forma de gota. Sin embargo, estos ejemplares presentan algunas diferencias con respecto a la serie tipo de la especie, tanto en tamaño como en la morfología de algunas estructuras craneales, que podrían estar relacionadas con su estadio de desarrollo ontogenético (Martin et al., 2015; Blanco y Brochu, 2017).

El resultado preliminar del análisis comparativo, morfométrico y paleoneuroanatómico de estos nuevos ejemplares permite caracterizar parte de una serie ontogenética de *Lohuecosuchus megadontos* que permitiría la evaluación de la variabilidad morfológica dentro de la especie y probablemente en el grupo de los Allodaposuchidae.

Bibliografía

Blanco, A.; Brochu C.A. 2017. Intra- and interspecific variability in allodaposuchid crocodylomorphs and the status of western European taxa. Historical Biology 29: 495-508.

Martin, J.E.; Delfino, M.; Garcia, G.; Godefroit, P.; Berton, S.; Valentin, X. 2016. New specimens of Allodaposuchus precedens from France: intraspecific variability and the diversity of European Late Cretaceous eusuchians. Zoological Journal of the Linnean Society 176: 607-631.

Narváez, I.; Brochu; C.A.; Escaso, F.; Pérez-García, A.; Ortega, F. 2015. New Crocodyliforms from Southwestern Europe and Definition of a Diverse Clade of European Late Cretaceous Basal Eusuchians. PLoS ONE 10(11): e0140679.

Narváez, I.; Brochu, C.A.; Escaso, F.; Pérez-García, A.; Ortega, F. 2016. New Spanish Late Cretaceous Eusuchian Reveals the Synchronic and Sympatric Presence of Two Allodaposuchids. Cretaceous Research 65: 112-125.

Ortega, F.; Bardet, N.; Barroso-Barcenilla, F.; Callapez, P.M.; Cambra-Moo, O.; Daviero-Gómez, V.; Díez Díaz, V.; Domingo, L.; Elvira, A.; Escaso, F.; García-Oliva, M.; Gómez, B.; Houssaye, A.; Knoll, F.; Marcos-Fernández, F.; Martín, M.; Mocho, P.; Narváez, I.; Pérez-García, A.; Peyrot, D.; Segura, M.; Serrano, H.; Torices, A.; Vidal, D.; Sanz, J.L. 2015. The biota of the Upper Cretaceous site of Lo Hueco (Cuenca, Spain). Journal of Iberian Geology 41 (1): 83-99.

INFERENCIAS SOBRE LA POBLACIÓN DE HOMININOS QUE HABITÓ EN LA DEPRESIÓN DE GUADIX-BAZA DURANTE EL PLEISTOCENO INFERIOR

P. Palmqvist[1*], G. Rodríguez-Gómez[1], J.M. Bermúdez de Castro[2,3], J.M. García-Aguilar[1], M.P. Espigares[1], S. Ros-Montoya[1], A. Granados[1], F.J. Serrano[1,4], B. Martínez-Navarro[5,6,7] & A. Guerra-Merchán[1]

1 Departamento de Ecología y Geología, Universidad de Málaga, Campus de Teatinos, 29071 Malaga, Spain ppb@uma.es

2 Centro Nacional de Investigación sobre la Evolución Humana (CENIEH), Paseo de la Sierra de Atapuerca 3, 09002, Burgos, Spain

3 Anthropology Department, University College London, 14 Taviton Street,London WC1H 0BW, UK

4 Spanish Royal Academy of Sciences, C Valverde 22, 28004 Madrid, Spain

5 IPHES, Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social, C/ Marcel.lí

Domingo s/n, Campus Sescelades, Edifici W3, 43007 Tarragona, Spain

6 Area de Prehistoria, Universitat Rovira i Virgili (URV), Avda. Catalunya 35,43002 Tarragona, Spain

7 ICREA, Pg. Lluís Companys 23, 08010 Barcelona, Spain

Introducción: los yacimientos de Barranco León y Fuente Nueva-3

Barranco León (BL) y Fuente Nueva-3 (FN-3) son dos yacimientos paleontológicos de la región de Orce (depresión de Guadix-Baza, provincia de Granada). Datados en ~1,4 Ma (Palmqvist et al., 2016), proporcionan las evidencias más antiguas conocidas hasta ahora sobre presencia humana en el margen occidental de Europa. Entre ellas se incluyen ingentes acumulaciones de restos fósiles de vertebrados, muchos con marcas de corte y fracturados en estado fresco, que aparecen asociados a numerosos útiles de tecnología olduvayense (~3,500 objetos líticos) y, en el caso de BL, a un diente deciduo de *Homo* sp. (Espigares et al., 2013; Toro-Moyano et al., 2013). En esta comunicación estimamos el tamaño de la población humana en la depresión durante el Villafranquiense superior, lo que permite efectuar inferencias sobre su viabilidad temporal.

La cronología del primer poblamiento humano de Europa se ha debatido intensamente en las últimas décadas. Hasta mediados los noventa se pensaba que las primeras ocupaciones permanentes habían tenido lugar en el Pleistoceno medio, pero este paradigma cambió tras el descubrimiento de Atapuerca Gran Dolina (~0,8 Ma) y FN-3 en España, o Dmanisi (~1,8 Ma) en Georgia, que indicaban una dispersión más temprana desde el continente africano, durante el Pleistoceno inferior (Arribas y Palmqvist, 1999). Desde entonces, este marco temporal se ha confirmado, poniendo de manifiesto que el primer poblamiento europeo, documentado en los dos yacimientos orcenses y en Atapuerca Sima del Elefante (~1,2 Ma), tuvo lugar con posterioridad al del Cáucaso, posiblemente debido a barreras geográficas a la dispersión y no a motivos climáticos o ecológicos (Rodríguez-Gómez et al. 2017). Por ello, el estudio de los yacimientos de Guadix-Baza reviste gran interés, al tratarse de una amplia depresión sedimentaria, cuyas surgencias de aguas termales (García-Agui-

lar et al., 2014) configuraban un *hot spot* de diversidad faunística, representando un entorno idóneo para estos asentamientos tempranos.

El registro sedimentario de la depresión durante el Plio-Pleistoceno comprende depósitos de carácter aluvial y lacustre. Aunque toda la región es muy rica en yacimientos, como el de Baza-1, de edad Rusciniense, la densidad del registro fósil de grandes mamíferos alcanza cotas de excepcionalidad en el área de Orce, una cuenca satélite en el NE de la depresión. La estratigrafía de BL comprende calizas, areniscas, limos carbonatados y niveles negros de arcillas, que evidencian un sistema lacustre con fluctuaciones de salinidad importantes (Anadón y Gabàs, 2009). En el caso de FN-3, su estratigrafía semihorizontal muestra tres ciclos de depósitos lutíticos y carbonatados depositados en un ambiente lacustre-palustre, cada uno con calizas a techo separadas por arcillas, arenas finas y lutitas margosas (Turq et al., 1996). La abundancia de bivalvos, gasterópodos y ostrácodos eurihalinos en los sedimentos de BL y FN-3 confirma la presencia de un ambiente lacustre de salinidad variable (Anadón et al., 1994).

Estrategias de subsistencia de los homininos en Guadix-Baza

La presencia de abundantes restos óseos con marcas de actividad antrópica, junto al pequeño tamaño de las lascas de sílex exhumadas en BL y FN-3 (<2 cm en su mayoría), permiten encuadrar la discusión sobre las estrategias de obtención de cadáveres de grandes mamíferos por estos homininos en el seno del debate clásico sobre la caza y el carroñeo en los representantes tempranos de *Homo* (ver revisión y referencias en Arribas y Palmqvist, 1999; Domínguez-Rodrigo, 1999). Además de estos recursos, la estrategia de subsistencia de los homininos en Guadix-Baza probablemente incluía el consumo de pequeños mamíferos, aves (y sus huevos), herpetofauna, invertebrados, miel y un amplio espectro de vegetación comestible (por ejemplo, los restos de caparazones de tortuga son muy abundantes en FN-3 y, en menor medida, también en BL).

Tamaño de la población humana de Guadix-Baza en el Villafranquiense superior

El análisis cartográfico de los sedimentos continentales de la depresión durante el Villafranquiense superior (ver información al respecto en la guía de la excursión al Plio-Pleistoceno de la cuenca de Baza, publicada en este mismo volumen), cuando se depositaron los niveles arqueopaleontológicos de BL y FN-3, permite reconstruir el contexto paleogeográfico de sus ambientes sedimentarios. Así, la depresión se caracterizaría por la existencia de amplias llanuras de inundación entrecruzadas por canales en la cuenca de Guadix (sector occidental) y, en la parte más occidental y al sur de la cuenca de Baza (sector oriental), con un amplio lago que se extendía en esta última por el sector comprendido entre Cortes de Baza, Huéscar y Orce (Fig. 1). Los depósitos lacustres representan una unidad estratigráfica de 35 m de espesor, en la que se ubican los dos yacimientos estudiados y también Venta Micena (VM), de cronología más antigua (~1,6 Ma) y sin evidencias de presencia humana. Litológicamente, los depósitos lacustres muestran niveles margosos y de calcilutitas alternantes con calizas, de en torno a un metro de espesor, con intercalaciones de lutitas oscuras (niveles negros, indicativos de actividad hidrotermal) y facies detríticas (arenas y conglomerados) hacia los bordes del lago (García-Aguilar et al., 2014).

La reconstrucción cartográfica de la Figura 1 incluye la superficie cubierta por el sistema lacustre, que se encontraría inundada de manera permanente, la correspondiente a las llanuras de inundación, zonas proximales de los sistemas aluviales y abanicos aluviales, que estaría cubierta por las aguas únicamente en la época de lluvias, y la superficie de colmatación, en la que aparecen las

zonas de ladera con pendiente suave al pie de las estribaciones montañosas hasta una cota de 20 m sobre el nivel del glacis. Una vez digitalizados estos contornos, se aprecia que la depresión tendría una extensión de 4,050 km^2, de los que la superficie habitable por los homininos y la fauna ocuparía 2,925 km^2 (un 72%), mientras que los 1,125 km^2 restantes corresponderían a las zonas inundadas. La extensión del lago fluctuaría entre las etapas de *low-stand,* marcadas por los depósitos de calizas y margocalizas en los momentos de nivel bajo de las aguas (esto es, cada año en la estación estival y durante las fases frías y secas de los ciclos climáticos), cuando la superficie habitable por los homininos sería mayor, y las etapas de *high-stand,* caracterizadas por los depósitos de margas y calcilutitas, en las que la superficie cubierta por las aguas sería más extensa (estación invernal cada año y durante las fases climáticas cálidas y húmedas), disminuyendo el área habitable por la fauna terrestre. Tales ciclos se traducirían en oscilaciones de un 10% de la superficie del lago, por lo que apenas afectan a las estimaciones que siguen.

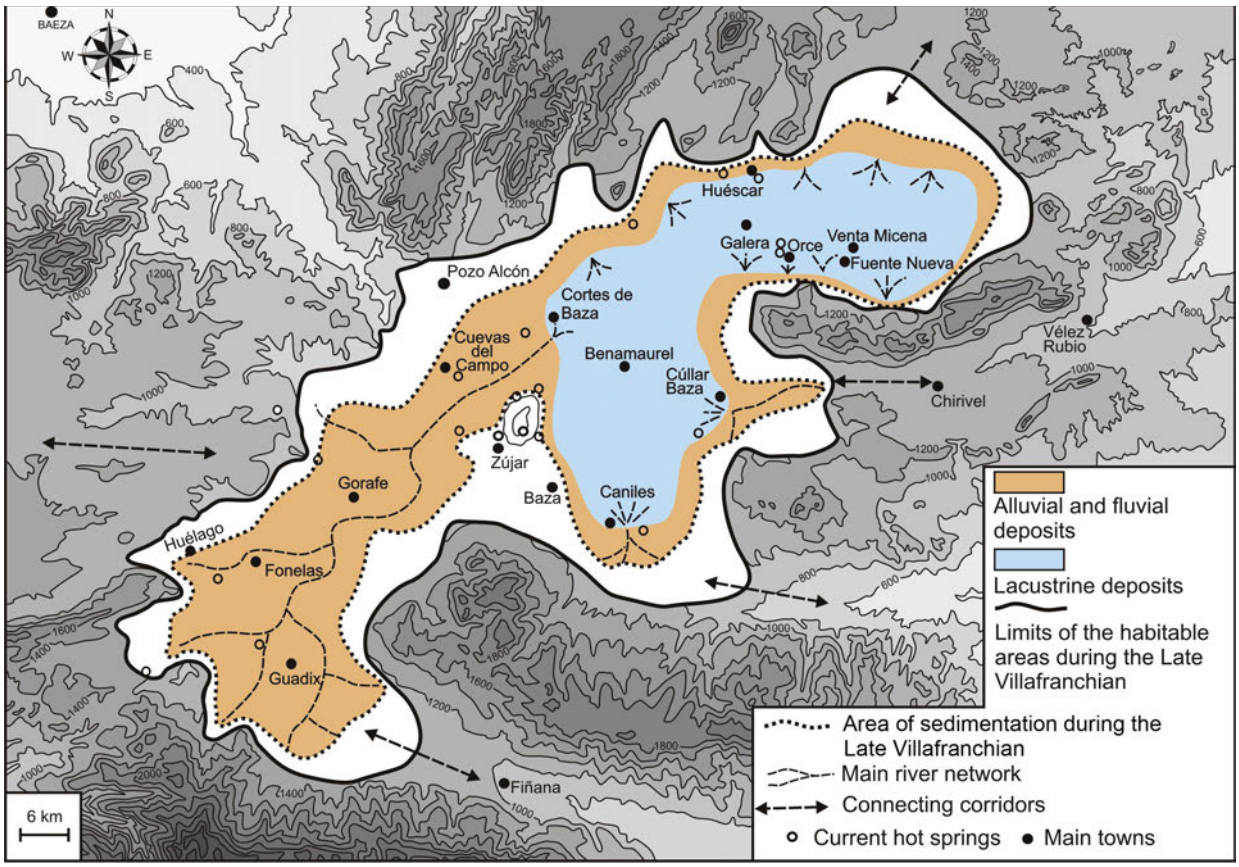

Figura 1 Reconstrucción de los paleoambientes de la depresión de Guadix-Baza, basada en la extensión cartográfica de los sedimentos del Villafranquiense superior. Los corredores terrestres para la fauna, indicados por flechas, son los que estaban practicables en el Pleistoceno inferior, cuando la depresión era endorreica, antes de la captura de su red hidrográfica por el Guadiana menor, tributario de la cuenca del Guadalquivir. Por ello, la topografía actual muestra un corredor al oeste de Pozo Alcón, aunque esta conexión no existía entonces.

Para efectuar un cálculo aproximado del tamaño de la población de homininos que habitaba en la depresión, debemos partir de la estimación de su densidad poblacional. Rodríguez-Gómez et al. (2016) usaron un modelo matemático para evaluar el grado de sostenibilidad de la asociación de con-

sumidores secundarios identificada en los yacimientos, incluyendo en la misma a los homininos. El modelo se basa en estimaciones sobre la biomasa disponible de consumidores primarios (ungulados básicamente) y en él se consideró que la carne de ungulados podría representar un 30% de la dieta de estos homininos, por analogía con los cazadores-recolectores actuales, modelando diferentes escenarios para el acceso a tales recursos, desde el carroñeo a la caza. Los resultados obtenidos fluctuaron entre 0,12 y 0,095 individuos/km^2. Tomando de manera conservadora la primera estimación, basada en el carroñeo exclusivo de los recursos cárnicos de los ungulados, la cual resulta similar al promedio de las densidades de población en los grupos modernos de cazadores-recolectores, el área emergida de la depresión se traduce en una población de ~350 homininos (la estimación a partir de la densidad menor, correspondiente al comportamiento cazador, baja a solo ~280 individuos). En función de los datos disponibles sobre el tamaño medio de los clanes en los grupos de cazadores-recolectores, de 30 a 50 individuos, la depresión podría albergar entonces a entre siete y once de tales grupos.

Las estimaciones obtenidas se encuentran claramente por debajo del tamaño mínimo de población viable para los mamíferos (3.876 individuos; intervalo de confianza al 95%: 2.261-5.095 individuos; Traill et al., 2007), lo que sugiere que la viabilidad de la población de Guadix-Baza se pudo ver comprometida por las oscilaciones en tamaño resultantes de fenómenos aleatorios (variaciones en la disponibilidad de los recursos, epidemias, etc.), trayendo como consecuencia cuellos de botella y deriva génica, depresión endogámica y, en definitiva, la extinción local de dicha población, que se encontraba relativamente aislada de otras similares por las estribaciones montañosas que rodean la depresión (Fig. 1). Esta situación se ha constatado en la población de licaones (*Lycaon lycaonoides*) de VM, pues un cráneo bastante completo de esta especie muestra un marcado nivel de asimetría bilateral, asociado a fenómenos de agenesia dental, que presumiblemente evidencian niveles elevados de homocigosis génica como resultado de la endogamia (Palmqvist et al., 1999), tal y como ocurre hoy día con la población de lobos de Białowieża en Polonia (Buchalczyk et al., 1981). Para esta especie, la densidad de población calculada con el modelo es 0.13 individuos/km^2 (Rodríguez-Gómez et al., 2017), pero hay que tener en cuenta que en la especie africana actual (*L. pictus*) el tamaño efectivo de población se reduce a un 20-35% del total por la supresión reproductiva de los ejemplares subordinados en cada manada. Ello se traduciría en una población, en términos demográficamente relevantes, de solo un centenar de individuos en la cuenca. Otro ejemplo similar se encuentra en los leones del cráter de Ngorongoro (Tanzania), que forman una pequeña población de solo 75-125 ejemplares relativamente aislada de la población mayor del Serengueti. Tales leones muestran también niveles muy elevados de consanguinidad y su capacidad reproductiva es limitada (Packer et al., 1991).

Conclusiones

Los datos expuestos muestran que la población de homininos que habitó la depresión durante el Villafranquiense superior era bastante reducida, lo que pudo comprometer su continuidad temporal, explicando la naturaleza esporádica y discontinua del registro arqueológico durante el Pleistoceno inferior y medio. Así, aparte de los yacimientos orcenses solo se han exhumado industrias líticas en un par de cronologías posteriores, Cúllar-Baza (~0,6 Ma) y Solana del Zamborino (0,3 Ma; Jiménez-Arenas et al., 2011), lo que resulta coherente con la idea expresada por Dennell (2003) de que el carácter exiguo del registro paleoantropológico europeo durante el Pleistoceno inferior se debió a una capacidad reducida por parte de estas poblaciones a la hora de colonizar los hábitats templados del continente, salvo durante los períodos interglaciares. No obstante, hay que tener en

cuenta su permanencia en áreas de refugio durante los momentos fríos, bien documentada en la Sierra de Atapuerca (Bermúdez de Castro et al., 2012).

Bibliografía

Anadón, P., Gabàs, M. 2009. Paleoenvironmental evolution of the early Pleistocene lacustrine sequence at Barranco León archeological site (Orce, Baza Basin, Southern Spain) from stable isotopes and Sr and Mg chemistry of ostracod shells. J Paleolimnol 42:261–279.

Anadón, P., Utrilla, R., Julià, R. 1994. Palaeoenvironmental reconstruction of a Pleistocene lacustrine sequence from faunal assemblages and ostracode shell geochemistry. Baza Basin, SE Spain. Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol 111:191–205.

Arribas, A., Palmqvist, P. 1999. On the ecological connection between sabre-tooths and hominids: faunal dispersal events in the lower Pleistocene and a review of the evidence for the first human arrival in Europe. J Archaeol Sci 26:571–585.

Bermúdez de Castro, J.M., Martinón-Torres, M. 2012. A new model for the evolution of the human Pleistocene populations of Europe. Quat Int 295:102–112.

Buchalczyk, T., Dynowski, J., Szteyn, S. 1981. Variations in number of teeth and asymmetry of the skull in the wolf. Acta Theriolog 26:23–30.

Dennell, R. 2003. Dispersal and colonisation, long and short chronologies: how continuous is the Early Pleistocene record for hominins outside East Africa? J Hum Evol 45:421–440.

Domínguez-Rodrigo, M. 1999. Flesh availability and bone modifications in carcasses consumed by lions: palaeoecological relevance in hominid foraging patterns. Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol 149:373–388.

Espigares, M.P., Martínez-Navarro, B., Palmqvist P., Ros-Montoya, S., Toro, I., Agustí, J. et al 2013. Homo vs. Pachycrocuta: Earliest evidence of competition for an elephant carcass between scavengers at Fuente Nueva-3 (Orce, Spain). Quat Int 295:113–125.

García-Aguilar, J.M., Guerra-Merchán, A., Serrano, F., Palmqvist, P., Flores-Moya, A., Martínez-Navarro, B. 2014. Hydrothermal activity and its paleoecological implications in the latest Miocene to Middle Pleistocene lacustrine environments of the Baza Basin Betic Cordillera, SE Spain). Quat Sci Rev 96:204–221.

Jiménez-Arenas, J.M., Santonja, M., Botella, M. Palmqvist, P. 2011. The oldest handaxes in Europe: fact or artefact? Journal of Archaeological Science, 38: 3340-3349.

Packer, C., Pusey, A.E., Rowley, H. 1991. Case study of a population bottleneck: lions of the Ngorongoro Crater. Conserv Biol 5:219–230.

Palmqvist, P., Duval, M., Diéguez, A., Ros-Montoya, S., Espigares, M.P. 2016. On the fallacy of using orthogenetic models of rectilinear change in arvicolid teeth for estimating the age of the first human settlements in Western Europe. Hist Biol 28:734–752.

Palmqvist, P., Arribas, A., Martínez-Navarro, B. 1999. Ecomorphological study of large canids from the lower Pleistocene of southeastern Spain. Lethaia 32:75–88.

Rodríguez-Gómez, G., Palmqvist, P., Ros-Montoya, S., Espigares, M.P., Martínez-Navarro, B. 2017. Resource availability and competition intensity in the carnivore guild of the Early Pleistocene site of Venta Micena Orce, Baza Basin, SE Spain). Quat Sci Rev 164:154–167.

Rodríguez-Gómez, G., Palmqvist, P., Rodríguez, J., Mateos, A., Martín-González, J.A., Espigares, M.P. et al 2016. On the ecological context of the earliest human settlements in Europe: Resource availability and competition intensity in the carnivore guild of Barranco León-D and Fuente Nueva-3 Orce, Baza Basin, SE Spain). Quat Sci Rev 134:69–83.

Toro-Moyano, I., Martínez-Navarro, B., Agustí, J., Souday, C., Bermúdez de Castro, J.M., Martinón-Torres, M. et al 2013. The oldest human fossil in Europe, from Orce (Spain). J Hum Evol 65:1–9.

Traill, L.W., Bradshaw, C.J., Brook, B.W. 2007. Minimum viable population size: a meta-analysis of 30 years of published estimates. Biol Conserv 139:159–166.

Turq, A., Martínez-Navarro, B., Palmqvist, P., Arribas, A., Agustí, J., Rodríguez-Vidal, J. 1996. Le Plio-Pléistocène de la région d'Orce, province de Grenada, Espagne: Bilan et perspectivas de Recherche. Paléo 8:161–204.

DISTRIBUCIÓN PALEOAMBIENTAL DE LAS CAROFITAS DEL BARREMIENSE DE LA CUENCA DEL MAESTRAZGO

J. Pérez-Cano[1]*, T. Bover-Arnal[2] & C.Martín-Closas[1]

1 Departament de Dinàmica de la Terra i de l'Oceà, Facultat de Ciències de la Terra, Institut de Recerca de la Biodiversitat (IRBio), Universitat de Barcelona-UB, 08028 Barcelona, *jordi_perez-cano@ub.edu

2 Departament de Mineralogia, Petrologia i Geologia Aplicada, Facultat de Ciències de la Terra, Universitat de Barcelona-UB, 08028 Barcelona

En los últimos años se ha observado que el registro cronoestratigráfico de las especies de carofitas del Cretácico Superior y Paleógeno está fuertemente condicionado por la distribución de facies y la paleoecología de cada especie (Sanjuan y Martín-Closas, 2012; Vicente et al., 2016). En consecuencia, el conocimiento de los condicionantes paleoambientales es un requisito para mejorar la utilidad de las carofitas en bioestratigrafía. Las carofitas del Cretácico Inferior, especialmente abundantes en la cuenca del Maestrazgo, han sido ampliamente estudiadas desde un punto de vista taxonómico y bioestratigráfico (por ejemplo, Grambast, 1966, 1969, 1974; Martín-Closas y Grambast-Fessard, 1986; Martín-Closas, 2000; Schudack, 1993), pero los estudios sobre la paleoecología de estas floras son todavía escasos. Climent-Domènech et al. (2009) propusieron una zonación batimétrica de los prados de diferentes familias de carofitas en lagos alcalinos del noroeste de la cuenca del Maestrazgo, mientras que Vicente y Martín-Closas (2013) describieron la distribución paleoambiental de algunas especies en el registro Barremiense superior de la Formación La Huérguina en la Serranía de Cuenca. El objetivo de este trabajo es conocer la distribución paleoambiental de las especies de carofitas en el Barremiense del Maestrazgo, con especial énfasis en las especies de interés bioestratigráfico. Además, se pretende explorar su uso como marcadores de algunos parámetros limnológicos, como la alcalinidad, la salinidad o la batimetría.

El registro sedimentario del Barremiense situado cerca de Herbers (Castellón), en el borde septentrional de la sub-cuenca de Morella (Salas y Guimerà, 1996; Salas et al. 2001), representa una sedimentación de facies muy variadas en medios continentales y marino-proximales. La sección estudiada presenta un espesor de 685 metros en los que se han estudiado 90 muestras de margas y arcillas y 50 niveles de calizas (estos últimos mediante láminas delgadas). Se han identificado un total de 27 taxones de girogonitos y utrículos de

carofitas pertenecientes a las tres familias que coexistieron durante el Cretácico Inferior: Porocharaceae, Characeae y Clavatoraceae, siendo esta última familia la más diversa, con 24 taxones diferentes descritos. El análisis detallado de las facies junto con el examen tafonómico de los restos de carofitas (fructificaciones y talos) y de los organismos asociados (moluscos, ostrácodos, foraminíferos bentónicos) ha permitido la descripción de las asociaciones autóctonas y la interpretación de algunos de sus condicionantes paleoecológicos.

a) Lagos permanentes alcalinos. Los lagos más alcalinos están formados por una sucesión de niveles finos de margas (<20cm) y calizas con textura mudstone a packstone, con abundantes restos de carofitas que representan parasecuencias de somerización lacustre de acuerdo con modelos sedimentológicos como los presentados por Gierlowski-Kordesch (2010). Las margas contienen gran diversidad de clavatoráceas como *Atopochara trivolvis* var. *triquetra*, *Ascidiella stellata*, *Ascidiella triquetra*, *Clavator harrisii* y ocasionalmente *Globator maillardi*. Sobre estos niveles se encuentran calizas de textura mudstone con oncoides irregulares, probablemente de origen cianobacteriano, y calizas de textura wackestone-packstone con utrículos de clavatoráceas (*A. trivolvis* var. *triquetra*, A. *stellata*, *A. triquetra*) y talos del género *Clavatoraxis*. Estas facies corresponderían a zonas lacustres sub-litorales. A techo de los ciclos, las calizas de tipo packstone con marcas de raíces en la parte superior presentan talos de la especie *Munieria grambastii* que se ha relacionado con utrículos del género *Clavator*. Estas facies corresponderían a las zonas más litorales del lago.

b) Lagos permanentes con aporte terrígeno. Este tipo de lagos presentaron secuencias de somerización más sencillas que las anteriores, con margas en la base y calizas de textura packstone con marcas de raíces a techo. Las margas corresponderían a los ambientes más profundos. La flora de carofitas se diferencia notablemente de la encontrada en los lagos más alcalinos y está formada principalmente por *Atopochara trivolvis* var. *triquetra*, *Echinochara peckii* var. *lazarii*, *Hemiclavator neimongolensis* var. *neimongolensis* y frecuentemente *Clavator harrisii*, *Clavator calcitrapus* y *Globator maillardi*.

Esta diferencia de floras entre ambientes más clásticos y más alcalinos también se puede observar en las aguas salobres:

c) Lagos salobres con influencia terrígena. Estos ambientes están caracterizados por una sucesión de arcillas con utrículos de carofitas, ostrácodos y foraminíferos intercalados con calizas de textura mudstone-wackestone con talos de carofitas y utrículos de clavatoráceas. La flora observada en las arcillas corresponde a asociaciones monoespecíficas de *Echinochara peckii* var. *lazarii* asociada con foraminíferos bentónicos aglutinados y ostrácodos. Las calizas contienen talos de carofitas y frecuentemente utrículos de clavatoráceas, sugiriendo condiciones de agua dulce. Esta sucesión de facies sugiere una evolución cíclica de estos lagos desde ambientes más salobres y clásticos a medios de agua dulce y más carbonáticos.

d) Lagos salobres más alcalinos. Los lagos en medios salobres se caracterizan por una sucesión de margas y calizas de textura wackestone-packstone con carofitas, foraminíferos y ostrácodos que representan parasecuencias de somerización. Estos ambientes se componen de floras monoespecíficas de porocaráceas, que en el caso estudiado corresponden a *Porochara maestratica*, asociadas con foraminíferos bentónicos aglutinados y ostrácodos.

Otros ambientes característicos para las carofitas son las charcas y lagos en llanuras de inundación:

e) Ambientes de llanura de inundación con mayor influencia clástica. Estas facies están representadas por una sucesión de arcillas grises, rojas y moradas con marcas de raíces que se atribuyen a ciclos de

humedad-sequía (Kraus y Aslan, 1993). Las arcillas grises se localizan en la base de los ciclos y se interpretan como los momentos más húmedos en los que se produce la inundación de la llanura, mientras que las arcillas rojas y moradas se interpretan como momentos más áridos y que han sufrido la exposición sub-aérea (Kraus y Aslan, 1993). Los niveles grises (facies inundadas) contienen una gran abundancia de clavatoráceas, principalmente *Echinochara peckii* var. *lazarii*, frecuentemente acompañada de *Atopochara trivolvis* y *Clavator harrisii*. La presencia de foraminíferos bentónicos junto con las carofitas sugiere que estas facies recibían tanto aportes de aguas continentales como marinas.

f) Charcas alcalinas temporales en la llanura de inundación. Estas facies están representadas por niveles delgados de calizas de textura wackestone-packstone (<15 cm) con carofitas, ostrácodos y gasterópodos intercalados en las facies terrígenas de la llanura de inundación. La flora de carofitas está compuesta por *Echinochara peckii* var. *lazarii*, *Atopochara trivolvis*, *Ascidiella cruciata* y otras especies de la subfamíla Clavatoroidae. Es frecuente la presencia de asociaciones monoespecíficas de *Echinochara peckii* var. *lazarii*, en las que esta especie presenta una conservación excepcional con conexiones anatómicas entre talos y fructificaciones.

g) Lagos alcalinos permanentes en llanura de inundación. En las zonas con menor influencia terrígena se forman lagos permanentes de agua dulce caracterizados por la sedimentación de calizas de textura mudstone a packstone con carofitas y ostrácodos. Estos lagos presentan una distribución batimétrica de las floras de carofitas parecida a la de los lagos alcalinos permanentes. Sin embargo en estas facies la mayor diversidad de carofitas se encuentra en la zona más litoral, representada por calizas de textura packstone con intraclastos y abundantes utrículos pertenecientes a las especies *A. trivolvis*, *E. peckii* var. *lazarii*, *A. cruciata* y otras especies de la subfamilia Clavatoroidae que no se pueden identificar en lámina delgada, y talos del género *Clavatoraxis*. Las zonas más profundas, representadas por calizas de textura mudstone-wakestone, contienen utrículos de *Atopochara trivolvis* y agregados de filamentos cianobacterianos.

Los datos obtenidos indican que la distribución de las especies de carofitas estaba controlada por la temporalidad del cuerpo lacustre, así como por su alcalinidad, la salinidad y el aporte terrígeno que recibía. Aunque algunas especies eran euritípicas (*Atopochara trivolvis*, *Clavator harrisii* y *Echinochara peckii* var. *lazarii*), la mayoría de ellas tenían fuertes condicionantes paleoecológicos. Los datos obtenidos en los ambientes salobres permiten observar que las clavatoráceas eurihalinas, especialmente *Echinochara peckii* var. *lazarii*, podían ser dominantes en los medios salobres más clásticos, restringiendo a las porocaráceas a los medios salobres más alcalinos. En los lagos de agua dulce, la diferencia entre los ambientes con mayor y menor influencia clástica también es notable, observándose dos asociaciones claramente diferenciadas. *Globator maillardi*, *Hemiclavator neimongolensis neimongolensis* y *Clavator calcitrapus* tenían una clara preferencia por los lagos alcalinos con cierta influencia clástica. El género *Ascidiella* tiene una amplia distribución paleoambiental. Mientras que *A. stellata* y *A. triquetra* ocupaban los ambientes relativamente profundos de los lagos más alcalinos con poco contenido de sedimentos terrígenos (a), *A. cruciata* colonizaba preferentemente los lagos alcalinos y las charcas de explanada de inundación (f y g). Además, la selección batimétrica de los lagos permanentes sugiere una cierta preferencia de ciertas especies a crecer en zonas con una mayor luminosidad, ya sean menos profundas o menos turbias.

La distribución de especies de carofitas observada en el registro sedimentario de la serie estudiada indica que las clavatoráceas, la familia de carofitas dominante en el Cretácico Inferior, colonizó todos los ambientes disponibles para las carofitas, de manera similar a como lo hacen las caráceas en

todo el Cenozoico y hasta la actualidad. Las restricciones paleoambientales de algunas especies proporcionan una nueva herramienta para la interpretación paleoambiental de los depósitos barremienses, al mismo tiempo que representa una limitación para su utilización en bioestratigrafía en el caso de que el registro sedimentario no proporcione al abanico de facies necesario para su caracterización.

Agradecimientos

Esta comunicación es una contribución a los proyectos CGL2015-69805-P del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades y 2017SGR-824 del AGAUR. Al Dr. Alejandro Gallardo (UB) por su apoyo técnico en la preparación de las láminas delgadas.

Bibliografía

Climent-Domènech, Martín-Closas, C., Salas, R., 2009. Charophyte-rich microfacies in the Barremian of the Eastern Iberian Chain (Spain). Facies, 55(3), 387-400.

Gierlowski-Kordesch, E., 2010. Lacustrine Carbonates. In Alonso-Zarza, A. M. and Tanner L.H (Eds.), Carbonates in continental settings: Facies, Environments and Processes. Developments in Sedimentology 61. Elsevier, Amsterdam, 1-102.

Grambast, L., 1966. Structure de l'utricule et phylogénie chez les Clavatoracées. Comptes Rendus des Séances de l'Académie de Sciences, Paris 262, 2207-2210.

Grambast, L., 1969. La symétrie de l'utricule chez les Clavatoracées et sa signification phylogénétique. Comptes Rendus de l'Académe des Sciences, Paris 269, 878-881.

Grambast, L., 1974. Phylogeny of the Charophyta. Taxon 23, 463-481.

Kraus, M. J., Aslan, A., 1993. Eocene hydromorphic Paleosols; significance for interpreting ancient floodplain processes. Journal of Sedimentary Research, 63(3), 453-463.

Martín-Closas, C., 2000. Els caròfits del Juràssic superior i Cretaci inferior de la Península Ibèrica. Arxius de les Seccions de Ciències. Institut d'Estudis Catalans, 125, Barcelona, 304 pp.

Martín-Closas, C., Grambast-Fessard, N., 1986. Les charophytes du Crétacé inférieur de la région du Maestrat (Chaîne Ibérique, Catalanides, Espagne). Paléobiologie Continentale, 15, 1–66.

Salas, R., & Guimerà, J., 1996. Rasgos estructurales principales de la cuenca cretácica inferior del Maestrazgo (Cordillera Ibérica oriental). Geogaceta, 20, 1704–1706.

Salas, R., Guimerà, J., Mas, R., Martin-Closas, C., Melèndez, A., Alonso, A., 2001. Evolution of the Mesozoic Central Iberian Rift System and its Cainozoic inversion (Iberian Chain). In: Ziegler, P.A., Cavazza, W., Roberston, A.H.F., Crasquin-Soleau, S. (Eds.), Peri-Tethys Memoir 6: Peri-Tethyan Rift/Wrench Basins and Passive Margins, 186. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, pp. 145–186.

Sanjuan, J., & Martín-Closas, C. (2012). Charophyte palaeoecology in the upper Eocene of the Eastern Ebro basin (Catalonia, Spain). Biostratigraphic implications. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 365, 247-262.

Schudack, M. E., 1993. Die Charophyten im Oberjura und Unterkreide Westeuropas. Mit einer phylogenetischen Analyse der Gesamtgruppe. Berliner geowissenschaftliche Abhandlungen, Reihe A 8, 209 pp.

Vicente, A., Martín-Closas, C., 2013. Lower Cretaceous charophytes from the Serranía de Cuenca, Iberian chain: Taxonomy, biostratigraphy and palaeoecology. Cretaceous Research, 40, 227–242.

Vicente, A., Expósito, M., Sanjuan, J., & Martín-Closas, C. (2016). Small sized charophyte gyrogonites in the Maastrichtian of Coll de Nargó, Eastern Pyrenees: An adaptation to temporary floodplain ponds. Cretaceous Research, 57, 443-456.

NUEVOS DATOS SOBRE LAS TORTUGAS DEL ALBIENSE (CRETÁCICO INFERIOR) DE ARIÑO (TERUEL)

A. Pérez-García[1], E. Espílez[2], L. Mampel[2] & L. Alcalá[2]

1 Grupo de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, UNED. Paseo de la Senda del Rey 9, 28040 Madrid, España. paleontologo@gmail.com

2 Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis (Museo Aragonés de Paleontología), Avda. Sagunto s/n, E-44002 Teruel, España.

El conocimiento sobre la fauna de tortugas de la parte final del Cretácico Inferior de Europa suroccidental es muy limitado. Sin embargo, la información relativa a la sistemática y diversidad de los taxones representados en esos niveles muestra un potencial gran interés, dado que muchos de los grupos de tortugas reconocidos en el Cretácico Inferior no se identifican en los niveles del Cretácico Superior. Por lo tanto, esa información podría ayudar a comprender mejor cómo se produjo esta transición faunística. La mina Santa María de Ariño (Teruel), es una de las pocas localidades fosilíferas ibéricas que aportan datos sobre cómo eran las tortugas del último piso del Cretácico Inferior. De hecho, los restos de este grupo de reptiles son allí muy abundantes.

La información hasta ahora disponible sobre las tortugas de Ariño es limitada. Así, únicamente se han descrito tres ejemplares, correspondientes a caparazones parciales y escasos elementos apendiculares asociados. Los tres especímenes fueron atribuidos a un mismo taxón, que correspondía a una tortuga dulceacuícola de pequeño tamaño, con un caparazón de no más de 15 centímetros de máxima longitud. Ese taxón fue identificado como una nueva forma, *Toremys cassiopeia*, que amplió el rango de distribución estratigráfica previamente conocido para el grupo de tortugas paracriptodiras Pleurosternidae. De esta manera, su descripción mostró que, tras su desaparición en Norteamérica al final del Jurásico, este linaje sobrevivió en Europa al menos hasta el final del Cretácico Inferior. Recientemente se ha producido el hallazgo de nuevos ejemplares de tortugas de pequeño tamaño en Ariño, que podrían mejorar el conocimiento sobre la anatomía y variabilidad de *Toremys cassiopeia*.

Además de esta forma acuática, en Ariño se reconoce abundante material inédito atribuible a tortugas terrestres, de mucho mayor tamaño, con una longitud del caparazón de los individuos interpretados como adultos superior a medio metro. Estas

tortugas se identifican tanto por elementos aislados como por conjuntos de elementos asociados y, en algunos casos, articulados. Así, no solo se reconocen caparazones parciales o relativamente completos, sino también otros elementos esqueléticos, atribuibles al grupo de tortugas primitivas Helochelydridae.

Se presentan aquí, de manera preliminar, algunos de los resultados relativos al análisis de varios ejemplares inéditos de tortugas de Ariño, cuyo estudio está actualmente en proceso.

Agradecimientos

Esta investigación ha ido financiada mediante el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (IJCI-2016-30427); Departamento de Innovación, Investigación y Universidad (Gobierno de Aragón: Grupo de Investigación de Referencia E04_17R FOCONTUR); fondos FEDER Aragón 2014-2020 ("Construyendo Europa desde Aragón"); Departamento de Educación, Cultura y Deporte (Gobierno de Aragón) y proyectos FEDER/Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades-Agencia Estatal de Investigación del Gobierno de España (PGC2018-094034-B-C22 y CGL2017-89123-P). Agradecemos la colaboración de SAMCA que ha posibilitado las excavaciones en la mina Santa María de Ariño y la preparación de algunos de los fósiles recuperados.

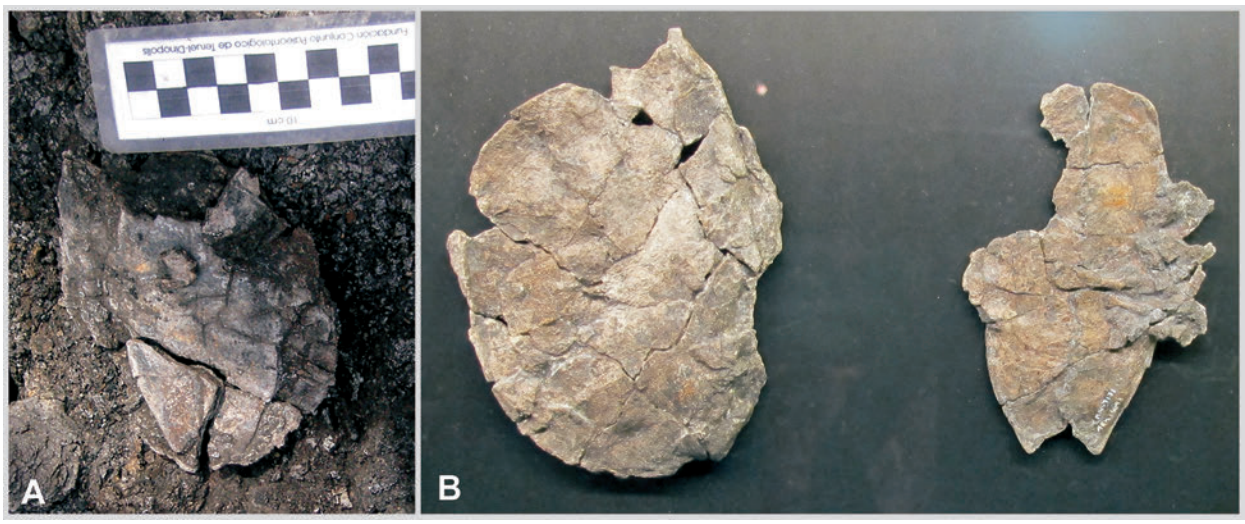

Figura: AR-1-4893, caparazón correspondiente al holotipo del pleurostérnido *Toremys cassiopeia,* definido en el Albiense inferior (Cretácico Inferior) de Ariño (Teruel, España). A, vista ventral del caparazón, en el campo. B, vista dorsal del espaldar (izquierda) y del plastrón (derecha), tal como están actualmente expuestos en el Museo Aragonés de Paleontología.

MODELIZACIÓN 3D DEL REGISTRO FÓSIL DE ISLAS VOLCÁNICAS OCEÁNICAS ACTIVAS: LAS ISLAS CANARIAS

S. Pérez-Martín[1], P. Cruzado-Caballero[2], C. Castillo Ruiz[1] & J. Fortuny[3]

1 Departamento de Biología Animal, Edafología y Geología, Universidad de La Laguna, Av. Astrofísico Francisco Sánchez, 2, 38206, San Cristóbal de La Laguna, Santa Cruz de Tenerife, España; sprezmart@gmail.com; ccruiz@ull.edu.es

2 Instituto de Investigación en Paleobiología y Geología-CONICET-UNRN, Av. General Roca 1242, General Roca, Río Negro, Argentina; pccaballero@unrn.edu.ar

3 Institut Català de Paleontologia Miquel Crusafont (ICP), Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), Edifici ICTA-ICP, Carrer de les Columnes s/n, Campus de la UAB, 08193 Cerdanyola del Vallès, Barcelona, España; josep.fortuny@icp.cat

Las técnicas de digitalización tridimensional (láser, microtomografía de rayos X y de neutrones, fotogrametría, escáner de luz estructurada, etc.) en las últimas décadas se han convertido en una herramienta fundamental en áreas como la Paleontología, donde se aplican en estudios morfométricos, filogenéticos, ontogenéticos, paleoneuroanatómicos, osteológicos, biomecánicos, paleohistológicos, paleopatológicos, etc. (Anné *et al*., 2016; Cruzado-Caballero *et al*., 2015; Fernández-Coll *et al*., 2019). Estas técnicas tienen como ventaja el no ser destructivas ni invasivas, por lo que el espécimen de estudio no sufre daño (Llácer *et al*., 2014). Otra de sus aplicaciones se encuentra en el ámbito de la conservación del patrimonio paleontológico, como la digitalización de yacimientos a partir de fotogrametría con dron (Bates *et al*., 2008) para el seguimiento del deterioro y la conservación física de los mismos (Cruzado-Caballero *et al*., en prensa). Además, con el empleo de estas técnicas se ha creado una nueva rama de la Paleontología, denominada como Paleontología Virtual o Computacional (Sutton *et al*., 2016).

Diferentes técnicas de digitalización 3D han empezado a ser utilizadas en los últimos años en el archipiélago canario por parte del Área de Paleontología del Departamento de Biología Animal, Edafología y Geología de la Universidad de la Laguna. El objetivo de estos trabajos es el de crear una colección de modelos digitales para su uso en investigación, así como para su aplicación en materia educativa, sociocultural y turística (Castillo *et al*., 2016, 2018, 2019). El registro fósil de las Islas Canarias se considera un recurso excepcional y único en el ámbito español, por su conservación en un contexto geográfico y geológico de islas oceánicas y volcánicas activas recientes. La edad de los yacimientos que podemos encontrar en las islas comprende desde el Mesozoico del Complejo Basal de Fuerteventura, con ammonoideos y bivalvos entre otros organismos marinos (Steiner *et al*., 1998), hasta la actualidad, siendo los yacimientos más estudiados los pertenecientes al Neógeno

y Cuaternario (Martín González, 2009). Los materiales presentes en el archipiélago resultan generalmente poco propicios para la conservación de fósiles y muchos de los yacimientos son vulnerables por encontrarse cerca o en la misma línea de la costa. Todo esto hace que sea fundamental protegerlos y difundir su valor excepcional.

En los trabajos de digitalización realizados se empezó empleando técnicas de láser (Castillo *et al.*, 2016, 2018, 2019) y se ha seguido implementando técnicas fotogramétricas (Cruzado-Caballero *et al.*, en prensa) y microtomografías (trabajo en proceso) (Fig. 1), generándose con todo ello modelos digitales de fósiles y yacimientos representativos del archipiélago canario de gran calidad. La combinación de escáner láser y fotogrametría permite obtener modelos de la parte externa de los restos (Fig. 1a, 1b), que son útiles para prácticas de estudiantes y para la presentación en eventos como ferias de investigación o rutas científicas guiadas. Además, estas técnicas posibilitan la realización de aplicaciones educativas de realidad virtual que ayudan a conocer fósiles representativos de Canarias (Mesa Jaubert, 2017). Con la microtomografía computerizada aplicada a los vertebrados endémicos de Canarias (Fig. 1c) se pueden analizar las estructuras internas útiles para investigación y a nivel educativo, como ayuda para obtener un conocimiento general de anatomía. Por último, los modelos de los fósiles han sido impresos en 3D y se han creado cajas de estudio (Fig. 1d) que son utilizadas en talleres divulgativos para fomentar las vocaciones científicas entre los jóvenes (estudiantes de segundo y cuarto de la ESO y universitarios).

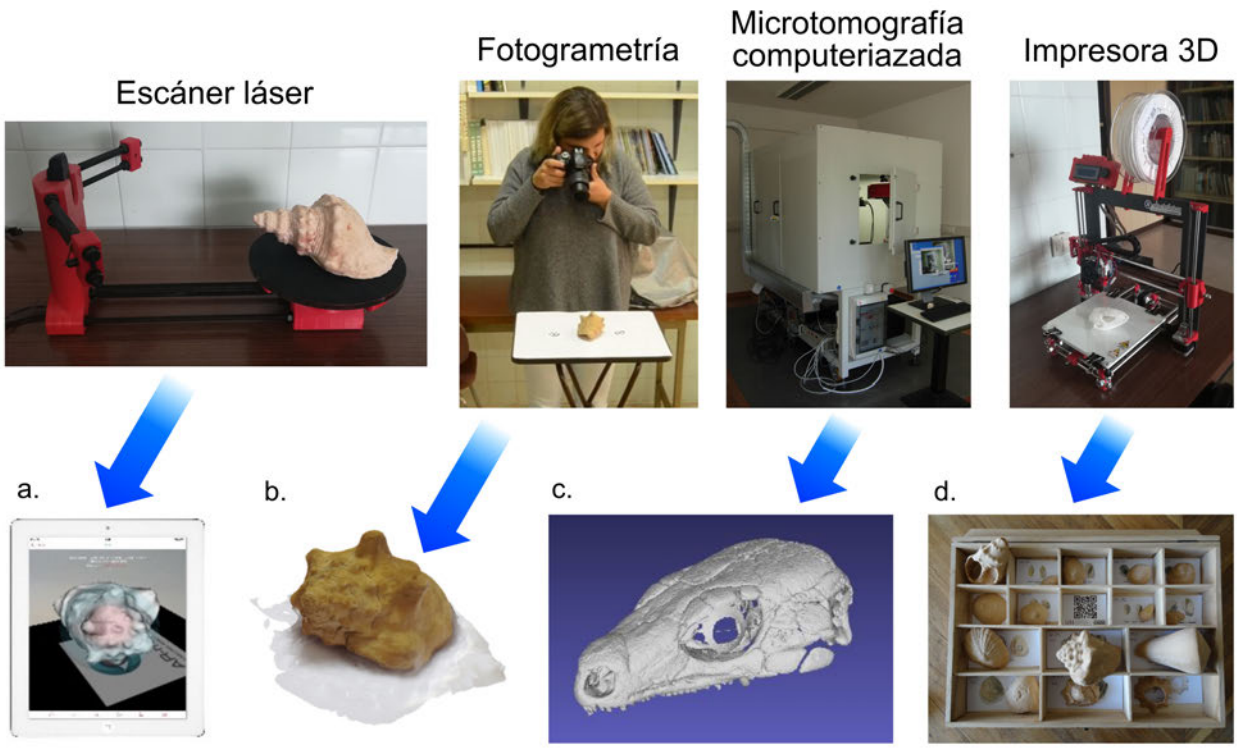

Figura 1: Muestra de las diferentes técnicas 3D utilizadas en el estudio y puesta en valor de los fósiles de Canarias (a.: Escáner láser; b.: Fotogrametría; c.: Microtomografía computerizada; d.: Impresora 3D).

A modo de conclusión, con el empleo de estas técnicas se ha hecho accesible a los estudiantes y al público en general el estudio de la Paleontología y la información única que suministra para el avance de las ciencias biológicas y geológicas (Jablonski y Shubin, 2015). Con ello se consigue la transmisión de conceptos complejos, como la protección y conservación patrimonial, la evolución o el cambio climático (Castillo et al., 2019).

Agradecimientos

Este trabajo forma parte de las actividades de los grupos de investigación consolidados de la ULL "Estudio de la fauna fósil y actual de Canarias" y "Crecimiento submarino y emersión de las Islas Canarias: estudio geológico de los complejos basales", y está financiado por los proyectos ProID2017010136 de la ACIISI, Gobierno de Canarias, 2017REC20 de la Fundación CajaCanarias y FCT-17-12775 de la FECYT del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades.

Bibliografía

Anné, J., Hedrick, B. P., y Schein, J. P. 2016. First diagnosis of septic arthritis in a dinosaur. Royal Society open science, 3(8), 160222, 1-7.

Bates, K. T., Rarity, F., Manning, P. L., Hodgetts, D., Vila, B., Oms, O., Galobart, À., y Gawthorpe, R. L. 2008. High-resolution LiDAR and photogrammetric survey of the Fumanya dinosaur tracksites (Catalonia): implications for the conservation and interpretation of geological heritage sites. Journal of the Geological Society, 165(1), 115–127.

Castillo Ruiz, C., Talavera Sosa, J. A., Núñez Fraga, J., Sánchez, C. R., y Cruzado-Caballero, P. 2019. Fósiles 3D y cambio climático: experiencia innovadora en Ciencias Ambientales. En: De los procesos de cambio al cambio con sentido. Servicio de Publicaciones de la Universidad de La Laguna (Ed.), San Cristóbal de La Laguna, 235-246.

Castillo, C., Saorín, J. L., Meier, C., García, C. M., González, E. M., y Cruzado-Caballero, P. 2016. Creación de objetos de aprendizaje tridimensionales para la docencia del registro fósil. En: Innovación Docente para Convencidos. Vicerrectorado de Docencia. Formación del Profesorado e Innovación Docente de la Universidad de La Laguna (Ed.), San Cristóbal de La Laguna, 53–72.

Castillo, C., Saorín, J. L., Melián, D., Ahijado, A., Alfayate, M. del C., y Cruzado-Caballero, P. 2018. Experiencia de obtención de modelos 3D de bajo coste en el aula. En: De la innovación imaginada a los procesos de cambio. Servicio de Publicaciones de la Universidad de La Laguna (Ed.), San Cristóbal de La Laguna, 316–323.

Cruzado-Caballero, P., Fortuny, J., Llácer, S., y Canudo, J. I. 2015. Paleoneuroanatomy of the European lambeosaurine dinosaur Arenysaurus ardevoli. PeerJ, 3, e802.

Cruzado-Caballero, P., Jiménez-Gomis, C., y Castillo Ruiz, C. (en prensa). Implementación de la fotogrametría para la salvaguarda del patrimonio paleontológico canario. Geogaceta.

Fernández-Coll, M., Arbez, T., Bernardini, F., y Fortuny, J. 2019. Cranial anatomy of the Early Triassic trematosaurine Angusaurus (Temnospondyli: Stereospondyli): 3D endocranial insights and phylogenetic implications. Journal of Iberian Geology, 45(2), 269–286.

Jablonski, D. y Shubin, N. H. 2015. The future of the fossil record: Paleontology in the 21st century. Proceedings of the National Academy of Sciences, 112(16), 4852-4858.

Llácer, S., G. Sellés, A., Marmi, J., Blanco, A., y Fortuny, J. 2014. Aplicaciones de la tomografía computarizada en Paleontología. ¡Fundamental!, 24, 119–221.

Martín González, E. 2009. El legado paleontológico de nuestras islas: un patrimonio a conservar. Actas IV Semana Científica Telesforo Bravo, 99–124.

Mesa Jaubert, A. 2017. Aplicación de realidad virtual para la visualización de fósiles canarios. Trabajo Fin de Grado. Universidad de La Laguna, 40 pp.

Steiner, C., Hobson, A., Favre, P., Stampfli, G. M., & Hernandez, J. 1998. Mesozoic sequence of Fuerteventura (Canary Islands): Witness of early Jurassic sea-floor spreading in the central Atlantic. Bulletin of the Geological Society of America, 110(10), 1304–1317.

Sutton, M., Rahman, I., y Garwood, R. 2016. Virtual Paleontology - an Overview. The Paleontological Society Papers, 22, 1–20.

ADAPTACIONES Y LIMITACIONES DEL OSO DE LAS CAVERNAS (*URSUS SPELAEUS* S.L.) A LAS FLUCTUACIONES CLIMÁTICAS DEL PLEISTOCENO

A. Pérez-Ramos & B. Figueirido

Departamento de Ecología y Geología. Facultad de Ciencias. Universidad de Málaga. 29071 Málaga (España). pera@uma.es; frafigcas@uma.es

pardo actual (*Ursus arctos*) que habitó en Europa, la región caucásica y parte de Asia (Pacher et al. 2009; Stiller et al. 2014) durante este periodo. Los últimos análisis genéticos apuntan a considerar al grupo 'espeloide' como *U. spelaeus* sensu lato (*U. spelaeus* s.l.), estando compuesto por las especies *Ursus ingressus* y *U. spelaeus*. A su vez, esta última estaría subdividida en tres subespecies, *U. sp. spelaeus, U. sp. eremus y U. sp. ladinicus* (Baca 2016; Veitschegger 2018), fig. 1B.

Existen distintas hipótesis para explicar la extinción del linaje '*espeloide*', desde la expansión de los humanos hasta una pérdida de reservorio ecológico motivado por el último máximo glaciar, hace alrededor de 25.000 años (Stiller et al. 2010). Un análisis reciente basado en ADN mitocondrial demuestra que los osos de las cavernas eran fieles a sus lugares de nacimiento, formando grupos maternos estables con el propósito de hibernar, volviendo a la misma cueva cada invierno, generación tras generación (Fortes et al. 2016). Además, a esto se le suma que los osos de las cavernas tuvieron períodos de hibernación más largos que los úrsidos actuales para sobrellevar los inviernos largos y fríos que caracterizaron al último período glaciar (

Pérez-Rama et al. 2011). Tales evidencias sugieren que los osos de las cavernas tenían una mayor dependencia de las cuevas que los úrsidos actuales, lo cual explicaría la gran cantidad de restos fósiles atribuibles a *U. spelaeus* s.l. acumulados en cuevas durante periodos de cientos o incluso miles de años pertenecientes a individuos que presumiblemente morían durante la hibernación (Kurtén 1976; Pacher et al. 2009). Aunque las causas de mortalidad, al menos para los individuos adultos, generalmente se atribuyen a accidentes, enfermedades o la falta de almacenamiento de suficiente energía para sobrellevar los inviernos, también se ha propuesto que los humanos compitieron por

[illegible]

úprí r mv@Apñ m Áiñormpñ0 Yñ rááñ-
@íá@ám oñéúr@ovm úñ ám omBm oñéñ ám omEn
pvro@ úñ úm@pr áñ uEamíñ- r oñívprmí
rí ám ávm@a oñéñ omA úámAnár ÁArDáv.
omí rá proávBpr áñ ññ pr ám omBm0

Iá rísvmévría@prá oávém @ménvír um oñívpr.
mpñ oñéñ Ásmoá@véúñ@á@rí ám prmúmv.
oví prá ññ pr ám omBm pA@ám smr éG
sIn prá Iu@ñ támovm0 Gv@á@rpáñ nvñtrñ.
ÁAvoñ vípvomí ÁAáñ ññ pr ám omBm r
mávéría@nmí omv roáABría@pr roA B
tr@ár prpr umor múñVempmería@322-222 mñ
(Eñourrí 423A) Eí rBpríovm pr oménvñ rí ám
mávéría@oví rí éñería@pr rísvmévría@oñí
nmym úñpA@Bpmp pr ám Brm@oví (

drám@ur@má0 o@ñ- E(vv) ám rsvovríovm éroGvom ñnu@vpm m
423A)0 I@ smá@m pr sárDnvávpmp s@om úmrúrm@pr ám véAmovñír pr éñpvpm úmm ompm
umnrvpñ Ásmoá@v@oñ rí rá proávBpr ám I.
v@ém úñnámovñír pr ññ pr ám omBm (Eñour.
rí 423A)0

Ií r@@nmyñ r víBvm prpr Áú@Apr
v@a nvñéroGvoñ v áñ ññ pr ám omBm A@
Brñí Ám pvr@ urmBm r@tvpm ñ v úñ rá
oñí@vñ AnvñéroGvom omírmá úrév@dn Ám
pvr@ éGsárDnár0 DpréGúrA@ÁAáñ ríñ
úmmímmár prréúrmí Áúmúrá oámBrí rá oñí.
ñ@á pr ám uvnrímoví (Yr@á r@má0 4227C SÁp.
nrt 422@C dOoí r@má0 4233C brBrou r@má0 423@6
@má urouñ úmror umnrvpñ Ásmoá@oámBrí ám
úmárñnvñáñtIn pr r@ULpñ0 Yñ rípr- r mnñ.
pmí ám oñíroAovm pr úñrrÁñ ríñ prm.
ñáámpñ rí ám nvñéroGvom omírmá pr áñ ññ pr
ám omBm0 Ymm rááñ- r rmávEmñí f@ñtmsIn
mvDnár oñéú@AvEmpm (dDF) pr áñ oGñ pr
f@pm ám rúrovr pr Epñ mo@ár Epr ám pv.
v@a rúrovr1Arúrovr prá tAñ prá ññ pr
ám omBm ériovñímpm mír@ñéría@svt0 30

Sñ éñpráñ B@ár rA@ír mímávEmñí
nvñéroGvomérí@múávomípñ rá é@pñ pr DíGv.

v pr Iárérí@Lvívá@(LID) m ompm Áñ pr áñ
34 oGñ romírmpñ érpvmí@rá Á prá úñ.
tmém c@íp f0; (LvtAvvpñ r@má0 4236Cdrít r@
má0 423@) I@úñorñ r rúv@úmmárámérí@
oñí 34 éñpráñ B@ár m áñ oAnár r ár r@yñ
mu@svovmáérí@ám omBpmpr pr áñ ríñ úmmím.
már- ráárímípñ pvoum omBpmpr oñí uAñ mu@
svovmá0 Iá úñormpñ nvñéroGvoñ r rmávEmyñ
Árorímvñ pr GAñ nmyñ (34 tmpñ)- úAr@
r mrérym m Ám v@oví rmá pr ém@omoví0
DpréGr áárBñí m omnñ véAmovñír oñéúA
@ovñímár pr éñpvoñ úmm ompm úvrEn pr ám prí.
@oví Arvñ (omívíñ- oA@úréñám- úvér
éñám EtApñ éñám)0

Yñ@ñéría@mímávEmñí ám Bvmnár (v) rír.
tIn pr @ví ñ B@ví rírtSoñéñ múñVem.
oví m ám r@nvávpmp r@@má ÁAúrrí@ rá
drám@ur@má0 o@ñ- E(vv) ám rsvovríovm éroGvom ñnu@vpm m
423A)0 I@ smá@m pr sárDnvávpmp s@om úmrúrm@pr ám véAmovñír pr éñpvpm úmm ompm
umnrvpñ Ásmoá@v@oñ rí rá proávBpr ám I.
v@ém úñnámovñír pr ññ pr ám omBm (Eñour.
rí 423A)0

Ií r@@nmyñ r víBvm prpr Áú@Apr
v@a nvñéroGvoñ v áñ ññ pr ám omBm A@
Brñí Ám pvr@ urmBm r@tvpm ñ v úñ rá
oñí@vñ AnvñéroGvom omírmá úrév@dn Ám
pvr@ éGsárDnár0 DpréGúrA@ÁAáñ ríñ
úmmímmár prréúrmí Áúmúrá oámBrí rá oñí.
ñ@á pr ám uvnrímoví (Yr@á r@má0 4227C SÁp.
nrt 422@C dOoí r@má0 4233C brBrou r@má0 423@6
@má urouñ úmror umnrvpñ Ásmoá@oámBrí ám
úmárñnvñáñtIn pr r@ULpñ0 Yñ rípr- r mnñ.
pmí ám oñíroAovm pr úñrrÁñ ríñ prm.
ñáámpñ rí ám nvñéroGvom omírmá pr áñ ññ pr
ám omBm0 Ymm rááñ- r rmávEmñí f@ñtmsIn
mvDnár oñéú@AvEmpm (dDF) pr áñ oGñ pr
f@pm ám rúrovr pr Epñ mo@ár Epr ám pv.
v@a rúrovr1Arúrovr prá tAñ prá ññ pr
ám omBm ériovñímpm mír@ñéría@svt0 30

Sñ éñpráñ B@ár rA@ír mímávEmñí
nvñéroGvomérí@múávomípñ rá é@pñ pr DíGv.

UnA@rAmpñ vípvomí Ám Bmv@vpmp sA
ovñímá prí@má éE@tvpm m Ám mávéría@oví
nmmpm rí roABr@ár oñí ám úvrEn prí@.
ár úñ@ñr0 dmá r@oví r@mAmpm úñ ám
úrríovm pr Áprmñááñ rDtrmpñ pr áñ ríñ
úmmímmár- áñ oAnár sñémí rá pñéñ sñí@má rD
@ñ ÁAomo@Em má tAñ rúráñvpr0 cví ré.
nmtñ- ú@Aá ÁA áñ ríñ úmmímmár
v@Drírí rí rá oñí@á pr ám uvnrímoví pr.
orípvrípñ ám @m ér@návom nmmá- ám úñrví pr
Árín prmñáámpñ sAúñnmnárérí@Ásmoá@
írormvñ rí ám rBáAví pr áñ ññ pr ám omB
ím úmm ñúñ@áñ víBríñ é@amtñ Epr.
smBmnár ÁAommo@Emñí má tAñ rúráñvpr0
támovm0 cví rénmtñ- rá prmñááñ pr r@ríñ m
AEoñíáárBm Ám r@oví nvñéroGvom om.
írmá ÁArAtvIn Apvr@ m ém@m Br@má0
DáÁAíñ r úpr mrtAn ÁA@á r@oví
véúvpvrm oñíAv Avovrí@írtIn pAí@ám
smr mo@b pr íñ uvnrímoví oñéñ úmm ñnráár.

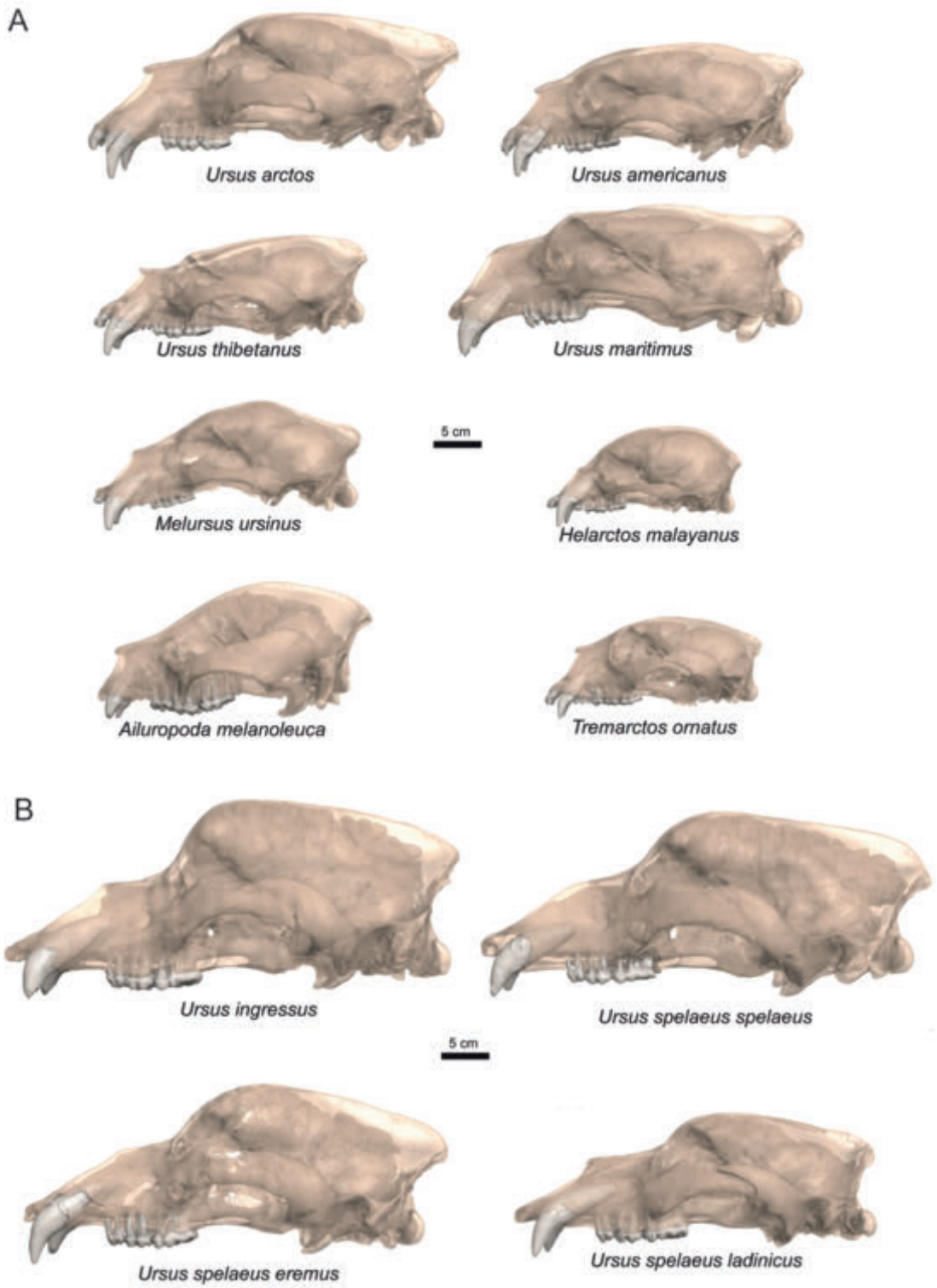

Figura 1. A). Modelos virtuales craneales de los especímenes actuales de úrsido: *A. melanoleuca*, *Helarctos malayanus*, *Melursus ursinus*, *Tremarctos ornatus*, *Ursus americanus*, *Ursus arctos, Ursus marítimus*, *Ursus thibetanus*. B). Modelos virtuales craneales de los especímenes fósiles del grupo *U. spelaeus* sensu lato (*U. spelaeus* s.l.): *Ursus ingressus*, *Ursus spelaeus spelaeus*, *Ursus spelaeus eremus*, *Ursus spelaeus ladinicus*.

Agradecimientos

La financiación de este estudio fue proporcionada por el Ministerio de Economía y Competitividad de España(MINECO), concedidos a los proyectos (CGL2012-37866; CGL2015-68300P) del investigador principal Borja Figueirido junto con su investigador predoctoral Alejandro Pérez Ramos, miembro de FPI del MINECO español (BES-2013-065469) asociado al proyecto (CGL2012-37866).

Bibliografía

Baca, M., Popović, D., Stefaniak, K., Marciszak, A., Urbanowski, M., Nadachowski, A., & Mackiewicz, P. 2016. Retreat and extinction of the Late Pleistocene cave bear (Ursus spelaeus sensu lato). The Science of Nature, 103(11-12), 92.

Bocherens, H. 2019. Isotopic insights on cave bear palaeodiet. Historical Biology, 31(4), 410-421.

Figueirido, B., Tseng, Z. J., Serrano-Alarcón, F. J., Martín-Serra, A., & Pastor, J. F. 2014. Three-dimensional computer simulations of feeding behaviour in red and giant pandas relate skull biomechanics with dietary niche partitioning. Biology Letters, 10(4), 20140196.

Fortes, G. G., Grandal-d'Anglade, A., Kolbe, B., Fernandes, D., Meleg, I. N., García-Vázquez, A., ... & Frischauf, C. 2016. Ancient DNA reveals differences in behaviour and sociality between brown bears and extinct cave bears. Molecular ecology, 25(19), 4907-4918.

Hammer, Ø., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. 2001. PAST-palaeontological statistics, ver. 1.89. Palaeontol. electron, 4(1), 1-9.

Kurtén, B. 1995. The cave bear story: life and death of a vanished animal. Columbia University Press. 163pp.

Lundberg, J. O. 2008. Nitric oxide and the paranasal sinuses. The Anatomical Record: Advances in Integrative Anatomy and Evolutionary Biology: Advances in Integrative Anatomy and Evolutionary Biology, 291(11), 1479-1484.

Maddison, W. P. and D.R. Maddison. 2018. Mesquite: a modular system for evolutionary analysis. Version 3.51 http://www.mesquiteproject.org

Pacher, M., & Stuart, A. J. 2009. Extinction chronology and palaeobiology of the cave bear (Ursus spelaeus). Boreas, 38(2), 189-206.

Pérez-Rama, M., Fernández-Mosquera, D., & Grandal-d'Anglade, A. 2011. Effects of hibernation on the stable isotope signatures of adult and neonate cave bears. Quaternaire, 4, 79-88.

Petruson, K., Stalfors, J., Jacobsson, K. E., Ny, L., & Petruson, B. 2005. Nitric oxide production in the sphenoidal sinus by the inducible and constitutive isozymes of nitric oxide synthase. Rhinology, 43(1), 18-23.

Revell, L. J. 2012. phytools: an R package for phylogenetic comparative biology (and other things). Methods in Ecology and Evolution, 3(2), 217-223.

Revsbech, I. G., Shen, X., Chakravarti, R., Jensen, F. B., Thiel, B., Evans, A. L., ... & Fago, A. 2014. Hydrogen sulfide and nitric oxide metabolites in the blood of free-ranging brown bears and their potential roles in hibernation. Free Radical Biology and Medicine, 73, 349-357.

Stiller, M., Baryshnikov, G., Bocherens, H., Grandal d'Anglade, A., Hilpert, B., Münzel, S. C., ... & Hofreiter, M. 2010. Withering away—25,000 years of genetic decline preceded cave bear extinction. Molecular biology and evolution, 27(5), 975-978.

Stiller, M., Molak, M., Prost, S., Rabeder, G., Baryshnikov, G., Rosendahl, W., ... & Germonpré, M. 2014. Mitochondrial DNA diversity and evolution of the Pleistocene cave bear complex. Quaternary International, 339, 224-231.

Terlato, G., Bocherens, H., Romandini, M., Nannini, N., Hobson, K. A., & Peresani, M. 2019. Chronological and Isotopic data support a revision for the timing of cave bear extinction in Mediterranean Europe. Historical Biology, 31(4), 474-484.

Tøien, Ø., Blake, J., Edgar, D. M., Grahn, D. A., Heller, H. C., & Barnes, B. M. 2011. Hibernation in black bears: independence of metabolic suppression from body temperature. Science, 331(6019), 906-909.

Tseng, Z. J., Su, D. F., Wang, X., White, S. C., & Ji, X. 2017. Feeding capability in the extinct giant Siamogale melilutra and comparative mandibular biomechanics of living Lutrinae. Scientific reports, 7(1), 15225.

Veitschegger, K., Kolb, C., Amson, E., Scheyer, T. M., & Sánchez-Villagra, M. R. 2018. Palaeohistology and life history evolution in cave bears, Ursus spelaeus sensu lato. PloS one, 13(11), e0206791.

AVANCES Y MEJORAS EN EL USO DE LA TECNOLOGÍA 3D

A. Pérez-Ramos[1] & S. Llácer[2],

1 Departamento de Ecología y Geología. Facultad de Ciencias. Universidad de Málaga. 29071 Málaga (Spain). pera@uma.es.

2 Institut Català de Paleontologia, Escola Industrial, 23, 08201 Sabadell (Barcelona). sergio.llacer@icp.cat

En los últimos años, la tecnología ha abierto nuevos campos en diferentes disciplinas, especialmente en el área de Paleontología. Estos nuevos avances han permitido desarrollar y abrir nuevas ramas de investigación, ya sean a nivel histológico (Paleohistología) o a nivel macroestructural (morfometría geométrica) y anatómica (diseccionesvirtuales, análisis de estructuras internas, etc), además de servir para detectar falsificaciones o tener una copia digital que pueda preservarse ante posibles pérdidas del fósil original. Tales avances han generado durante años nuevos datos y modelos virtuales, desarrollando nuevas formas de conservación del material científico nunca antes vistas, como la visualización de modelos craneales entre otros elementos óseos. Esto genera colecciones virtuales de acceso público y científico, dando a la ciencia una nueva forma de investigar dicho material sin dañarlo.

En este trabajo se exponen las diferentes tecnologías y métodos para la virtualización y estudio del material paleontológico. Entre ellas está la captación superficial mediante diferentes técnicas y sistemas. Una de ellas puede ser mediante el uso de aparatos de captación superficial (Kinect) (Pérez-Ramos et al. 2014), ver figura 1A. Usando como caso de estudio los Gliptodontes fósiles de la colección Rodrigo Botet del Museo de Ciencias Naturales de Valencia, se puede apreciar a partir de la foto original (Fig. 1A), el proceso de generar el modelo virtual con textura, usando el programa Skanect o sin textura el programa ReconstructMe (Pérez-Ramos et al. 2014).

Otro método de captación superficial es la fotogrametría, ver figura 1B. Se ha usado un cráneo de osos de las cavernas de las colecciones del Museo de Hoistoria Natural de Hungría para ejemplificar el proceso. Esta técnica consiste en la realización de fotografías en plano ortogonal al objeto con cierto solapamiento entre las fotografías (Pérez-Ramos et al. 2014; Mallison et al. 2014).

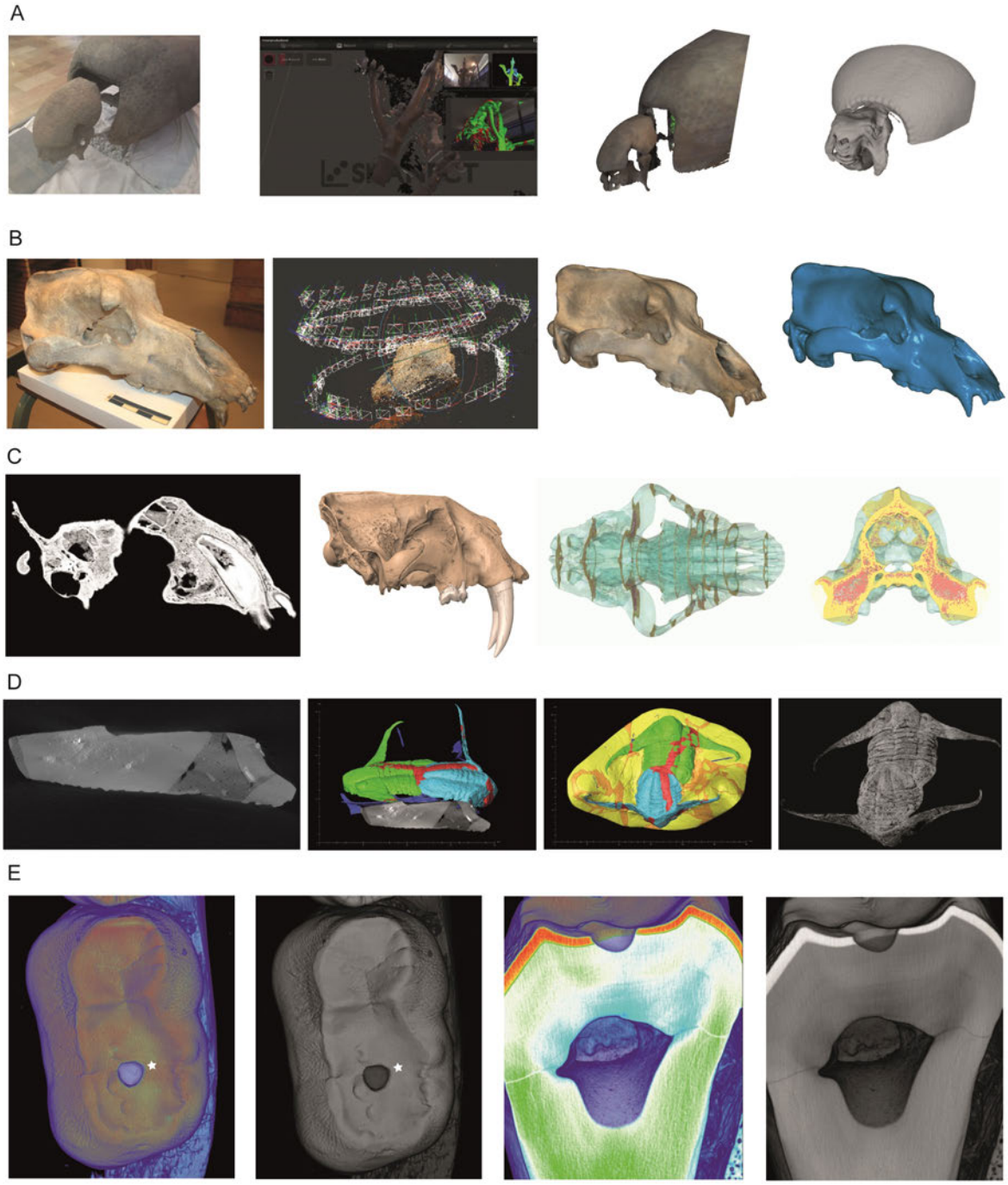

Figura 1. A) Proceso de captación virtual por medio del uso de la Kinect, usando el programa Skanect y ResconstructMe. Modelo Gliptodonte, Museo Natural, Valencia. B). Proceso de generar modelos 3D por medio de la fotogrametría, usando el programa Meshroom. Modelo craneal oso de las cavernas, Museo de Historia Natural, Hungría. C). Histología virtual y anatómica a partir de imágenes de tomografías axiales computarizadas (TACs). Modelo craneal *Smilodon fatalis*. Hueso trabecular, color rojo. Hueso cortical, color amarillo. D). Reconstrucciones anatómicas de fósiles a partir de imágenes de tomografías axiales computarizadas (TACs). Modelo trilobites de Marruecos. E). Estudio analítico de la histología dental partir de imágenes de alta resolución de microCTs. Modelos dentales con caries (estrella blanca) de *Arctodus simus*. Vista oclusal y sagital del mismo diente. Las imágenes derechas aplicando filtro densiométrico de color (material denso, naranja/rojo; material no denso, azul).

En esta técnica hay dos variantes de proceder. (i) la primera sería el objeto inmóvil mediante el uso de hitos de reconocimiento (reglas, marcas de colores, etc.) y la cámara es movida alrededor del objeto a una distancia constante. El recorrido que se genera forma una semiesfera alrededor del objeto inmóvil. En la figura 1B se muestra dicho recorrido de la cámara en el proceso virtual mediante el programa Meshroom. (ii) la segunda es el objeto que gira a una velocidad constante y la cámara esta fija a una distancia que encuadre todo el objeto de forma ortogonal. En este caso hay que mover el objeto en diferentes posiciones (dorsal y ventral), para que la cámara lo registre en su movimiento de 360 grados.

Otros métodos o procesos para captar tanto las estructuras externas e internas de un objeto, se generan por medio del uso de Tomografías Axiales Computarizadas (TACs) y Resonancia Magnética (RM), ver figura 1C, 1D y 1E.

Para la generación de las imágenes de las estructuras internas y de los modelos virtuales hay que tener en cuenta diversos parámetros de adquisición, como la tensión eléctrica, la intensidad, la distancia entre cortes, etc. (Zollikofer et al. 2005; Endo et al. 2009; Kak et al. 2002). Tras la adquisición, las imágenes se mejoran eliminando el ruido y los artefactos de la reconstrucción mediante algoritmos y filtros digitales, y con las imágenes finales se procede a la segmentación o umbralización del histograma de la muestra (Pertusa 2010). Este proceso es muy sensible y dependiente del tamaño de la muestras y de las propiedad de los materiales (densidad ósea, mineralización, etc.). Una vez superado este paso, se genera el modelo virtual del objeto, y con ello se puede realizar las investigaciones. En el caso de la Figura 1C, a partir de TACs de cráneos de carnívoros, tales como *Smilodon fatalis*, se pudo analizar su histología interna y su biomecánica (Figueirido et al. 2018). En la Figura 1D, mediante el uso de TACs, se pudo reconstruir y verificar la autenticidad de Trilobites de Marruecos (Corbacho et al. 2019). Incluso, mediante el uso de MicroCTs (Tomografías Axiales de alta resolución), se pudo analizar y verificar las caries dentales de un gran mamífero fósil *Arctodus simus* aplicando así el modelo de su paleodieta (Figueirido et al. 2017). Tales móldelos se pueden imprimir en diferentes materiales mejorando la comprensión anatómica y estructural al tener físicamente la réplica de la pieza a estudio.

Las nuevas tecnologías marcan un antes y un después en la forma de investigar y plantear nuevas hipótesis. Por ello, el correcto conocimiento de tales tecnologías es primordial para un buen desarrollo científico.

Agradecimientos

La financiación de este estudio fue proporcionada por el Ministerio de Economía y Competitividad de España(MINECO), concedidos a los proyectos (CGL2012-37866; CGL2015-68300P) del investigador principal Borja Figueirido junto con su investigador predoctoral Alejandro Pérez Ramos, miembro de FPI del MINECO español (BES-2013-065469) asociado al proyecto (CGL2012-37866). Agradecer tanto a la directora Margarita Belinchón García por dar acceso a la colección Rodrigo Botet del Museo de Ciencias Naturales de Valencia, como al investigador Gasparik Mihály por darnos acceso a la colección de material de osos de las cavernas depositado en el Museo de Historia Natural de Hungría por medio de la financiación europea de la beca SYNTHESYS (HU-TAF-6055).

Bibliografía

Pérez-Ramos A.; Llácer S.; Llobre S., Margarita B.; Rasskin-Gutman D. 2014. "Kinect de lo lúdico a lo científico para captación de imágenes 3D". Fundamental 24, 179.

Mallison, H. and Wings, O., 2014. Photogrammetry in paleontology – a practical guide. Journal of Paleontological

Techniques, 12: 1-31.

Zollikofer, C. P., and de León, M. S. P. (2005). Virtual reconstruction: a primer in computer-assisted paleontology and biomedicine. Wiley-Interscience.

Endo, H., & Frey, R. (Eds.). (2009). Anatomical imaging: towards a new morphology. Springer Science & Business Media.

Kak, A. C., Slaney, M., & Wang, G. (2002). Principles of computerized tomographic imaging. Medical Physics, 29(1), 107-107.

Corbacho, J., Morrison, S., Llácer, S., & Hammond, K. (2019). Use of CT Scanning and Radiography as Legal Expert Evidence in Paleontology (Trilobites of Morocco). American Journal of Life Sciences, 7(2), 47-53.

Pertusa, J. F. 2010.Técnicas de análisis de imagen (Universitat de València).

Figueirido, B., Lautenschlager, S., Pérez-Ramos, A., & Van Valkenburgh, B. (2018). Distinct predatory behaviors in scimitar-and dirk-toothed sabertooth cats. Current Biology, 28(20), 3260-3266.

Figueirido, B., Pérez-Ramos, A., Schubert, B. W., Serrano, F., Farrell, A. B., Pastor, F. J., ... & Romero, A. (2017). Dental caries in the fossil record: a window to the evolution of dietary plasticity in an extinct bear. Scientific reports, 7(1), 17813.

ICNITAS DE ESTEGOSAURIOS: RASGOS ANATÓMICOS VS EXTRAMORFOLÓGICOS

L. Piñuela[1] & J.C. García-Ramos[1]

1 Museo del Jurásico de Asturias (MUJA), 33328 Colunga. lpinuela.muja@gmail.com, jcgramos.muja@gmail.com

Las icnitas de estegosaurios se circunscriben generalmente a dos icnogéneros: *Stegopodus* Lockley y Hunt, 1998 y *Deltapodus* Whyte y Romano, 1995. En el primer caso (Jurásico Superior de Utah), además de no mostrar una buena conservación, están representadas únicamente por una huella de mano y otra de un posible pie asociado. En cuanto a *Deltapodus* (Jurásico Medio de Yorkshire), fue atribuido inicialmente a un saurópodo y reasignado posteriormente a un estegosaurio (Whyte y Romano, 2001); aunque la conservación de estas huellas no es excepcional, al menos forman parte de un rastro, por lo que *Deltapodus brodricki* representa hasta el momento el único icnotaxón relativamente bien conservado atribuible a estegosaurios.

Whyte y Romano (1995) describieron las huellas de los pies triangulares, más largas que anchas, tridáctilas, mesaxónicas y con tres dedos muy cortos; las de las manos, con forma de media luna, entaxónicas y más anchas que largas.

En las huellas de pies de estegosaurios del Jurásico Superior (Kimmeridgiense) de Asturias se han reconocido dos morfotipos (Piñuela Suárez, 2015), uno de ellos tiene forma oblonga o de pala (Fig.1A y B), con un borde proximal relativamente ancho (morfotipo A), mientras que el otro es subtriangular o con forma de delta (Fig.1C y D), con un borde proximal más estrecho (morfotipo B); no obstante se han observado ejemplares con morfologías intermedias, lo que sugiere la presencia de rasgos extramorfológicos en algunos de ellos.

Un examen detallado de las 53 icnitas de pies (contramoldes) conservadas en el MUJA, a menudo en 3D, junto con más de 20 ejemplares sueltos no recuperados y con varios rastros, confirma que los dos morfotipos representan diferentes estados de conservación, que pueden incluso observarse en distintos planos de un mismo ejemplar o a lo largo de un mismo rastro.
El morfotipo A (oblongo) parece reflejar con

Figura1. Huellas de estegosaurios (contramoldes) del Jurásico asturiano. A y B, morfotipo A (oblongo). C y D, morfotipo B (subtriangular). B y C representan el mismo ejemplar en vistas inferior y superior del contramolde, respectivamente.

mayor precisión la morfología del pie de estos dinosaurios, dado que muchos de los ejemplares están bien definidos conservando algunos incluso las impresiones de las escamas o las estriaciones producidas por éstas al introducir el pie en un fango firme, mientras que el morfotipo B parece reproducir en menor medida los caracteres anatómicos del pie.

El análisis detallado de este morfotipo B (triangular o en delta) prueba que en unos casos el perfil triangular se conserva únicamente en el plano superior del contramolde en arenisca (variedad B1) y pasa gradualmente hacia la base del mismo al morfotipo A (Fig.2A); en otros, en cambio, el perfil triangular se conserva en la parte inferior del contramolde areniscoso de la subhuella (variedad B2), pasando hacia la parte superior del mismo al morfotipo A (Fig.2B).

En nuestra opinión, el morfotipo B1 es, al menos en algunos casos, la consecuencia de la succión creada en el sedimento rico en fango por la parte posterior del pie, que es la que primero se eleva durante la etapa de extracción del mismo, mientras que cuando a continuación lo hace la parte anterior, dicha succión quedaría ya muy amortiguada. Como consecuencia de este proceso, la morfología tridimensional de la icnita resultante sería progresivamente más estrecha hacia la parte trasera superior y se iría haciendo más ancha, tanto hacia la parte delantera como hacia la base de toda ella (Fig.2A).

El morfotipo B2 se genera, en ocasiones, en la parte inferior del contramolde areniscoso de la subhuella como consecuencia de la presión ejercida por el pie del estegosaurio, dando lugar a microfracturas subparalelas a los bordes de la zona sometida a mayor deformación, lo que se traduce en una morfología a modo de pequeños escalones que convergen hacia la parte posterior de la impronta generando la típica morfología en delta (Fig.2B).

Las huellas de los pies hasta ahora atribuidas a *Deltapodus* corresponden por lo general a los dos morfotipos antes mencionados: la mayoría de las huellas del MUJA, buena parte de las huellas portuguesas descritas por Mateus et al. (2011) y *D. curriei* (Xing et al. 2013) son más similares al morfotipo A, mientras que *D. brodricki*, la icnita de Utah publicada por Milàn y Chiape (2009) y la de Teruel figurada en Herrero Gascón y Pérez-Lorente (2013) se aproximan más al morfotipo B. *D. ibericus* (Cobos et al. 2010), el ejemplar de Soria descrito por Pascual et al. (2012) y aquellos mencionados por Herrero Gascón y Pérez-Lorente

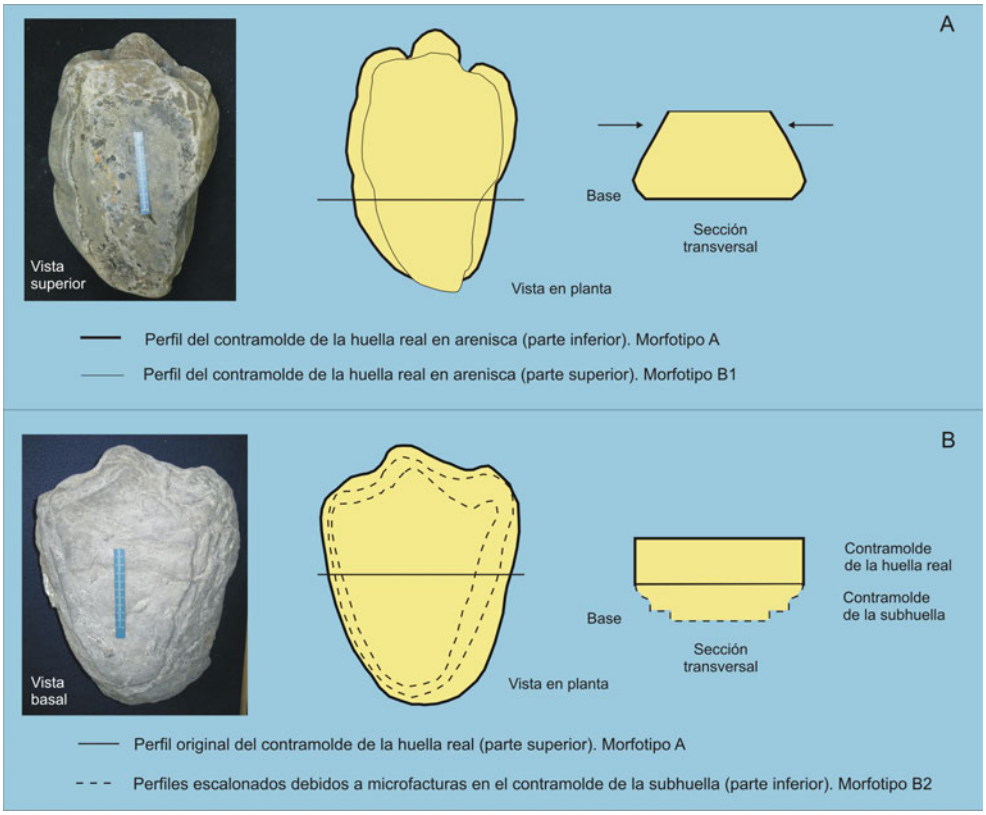

Figura 2. Dos modelos de variaciones morfológicas dentro de un mismo ejemplar, vistos en planta y en sección transversal.

(2017) representarían estadios intermedios entre ambos.

Como conclusión final, a partir del estudio en 3D de huellas de estegosaurios se propone que aquellas de perfil oblongo reflejan con mayor fidelidad los caracteres anatómicos de la planta del pie de estos dinosaurios, mientras que las de perfil subtriangular (incluido el holotipo de *Deltapodus brodricki*) y las de perfil intermedio muestran más rasgos extramorfológicos de diverso origen.

Bibliografía

Cobos, A., Royo-Torres, R., Luque, L., Alcalá, L. y Mampel, L. 2010. An Iberian stegosaurs paradise: The Villar del Arzobispo Formation (Tithonian-Berriasian) in Teruel (Spain). Palaeogreogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol., 293, 223-236.

Herrero Gascón, J. y Pérez-Lorente, F. 2013. Icnitas terópodas, saurópodas y tireóforas (Jurásico Superior-Cretácico Inferior) en Moscardón (Teruel, España). Geogaceta, 54, 67-70.

Herrero Gascón, J. y Pérez-Lorente, F. 2017. Hoof-like unguals, skin, and foot movements deduced from Deltapodus cast of the Galve Basin (Upper Jurassic-Lower Cretaceous, Teruel, Spain). Ichnos, 24, 146-161.

Lockley, M.G. y Hunt, A.P. 1998. A probable stegosaur track from the Morrison Formation of Utah. En: Carpenter, et al. (Eds.), The Upper Jurassic Morrison Formation: An interdisplinary study. Modern Geol., 23, 331-342.

Mateus, O., Milàn, J., Romano, M. y Whyte, M.A. 2011. New finds of stegosaur tracks from the Upper Jurassic Lourinhã Formation, Portugal. Acta Palaeontol. Pol., 56, 651-658.

Milàn, J. y Chiappe, L.M. 2009. First American record of the Jurassic ichnospecies Deltapodus brodricki and a review of the fossil record of stegosaurian footprints. J. Geol., 117, 343-348.

Pascual, C., Canudo, J.I., Hernández, N., Barco, J.L. y Castanera, D. 2012. First record of stegosaur dinosaur tracks in the Lower Cretaceous (Berriasian) of Europe (Oncala group, Soria, Spain). Geodiversitas, 34, 297-312.

Piñuela Suárez, L. 2015. Huellas de dinosaurios y de otros reptiles del Jurásico Superior de Asturias. Tesis Doctoral, Universidad de Oviedo, 326 p.

Whyte, M.A. y Romano, M. 1995. Probable sauropod footprints from the Middle Jurassic of Yorkshire, England. Gaia, 10, 15-26.

Whyte, M.A. y Romano, M. 2001. Probably stegosaurian dinosaur tracks from the Saltwick Formation (Middle Jurassic) of Yorkshire, England. Proc. Geol. Assoc., 112, 45-54.

Xing, L.D., Lockley, M.G., McCrea, R.T, Gierliński, G.D., Buckley, L.G., Zhang, J., Qi, L. y Jia, C. 2013. First record of Deltapodus tracks from the Early Cretaceous of China. Cretaceous Res., 42, 55-65.

MIDDLE TO LATE PLEISTOCENE LARGE MAMMAL ASSEMBLAGES FROM LA GROTTE DE LA CARRIERE (TET VALLEY, EASTERN PYRENEES)

M. Prat-Vericat[1], I. Rufí[2], M. Llenas[1] & J. Madurell-Malapeira[1]

1 Institut Català de Paleontologia Miquel Crusafont, Universitat Autònoma de Barcelona, Edifici ICTA-ICP, c/ de les columnes s/n Campus de la UAB, Cerdanyola del Vallès, 08193. Barcelona. Spain. maria.pvericat@gmail.com

2 Departament d'Història i Història de l'Art, Universitat de Girona, Pl. Ferrater Mora, 1. 17004 Girona, Spain

Background

The Lachambre karstic complex is the better-known system of the three large karstic networks located in the surroundings of the Villefranche-de-Conflent village in the Têt Valley (Eastern Pyrenees, Llenas et al., 2011). According to the formation dynamics of the Têt Valley, the three networks system origin was related to the onset of glacial dynamics in the northern hemisphere during the Pleistocene. The fieldworks performed since 2011 and leaded by M. Ll and J.M.-M, in the former three networks (Madurell-Malapeira & Llenas, 2018) documented rich paleontological associations in the galleries surface in more than 15 caves. The obtained data shows the abundance of large and small mammals in association with claw marks, footprints and bear dens (Madurell-Malapeira et al., 2015; 2019).

The grotte de la Carrière

La Grotte de la Carrière is one of the main secondary caverns with paleontological record of the Lachambre complex. The cave is located in the Embullà Mountain at 540 m of altitude and 75 above the Lachambre main cave. The principal gallery has 234 m long and the actual deepest excavated point is at -8 m related to the cave entrance (Madurell-Malapeira & Llenas, 2018). In March of 2012, our research team inspected for the first time la Grotte de la Carrière cave founding dozens of cave bear bones in the galleries surface. Since then, three systematical excavations were performed in the cave during 2015, 2016 and 2018 and 6000 well-preserved large mammal remains were recovered in two distinct sondages (Madurell-Malapeira & Llenas, 2018; Madurell-Malapeira & Rufí, 2019; Prat-Vericat et al., 2019)

Results: recorded fauna

The **first sondage (S1)** started in 2015 field survey with the excavation of few square meters and

continued in 2016, is located in 8 meters diameter and 6 meters deeper ancient siphon (Figure 1-A). During these two former operations were identified seven different stratigraphic layers separated by 20-30 cm speleothem (Figure 1-A), which divide the Upper and Lower layers with fossil remains (Madurell-Malapeira & Llenas, 2018; Madurell-Malapeira et al., 2019).

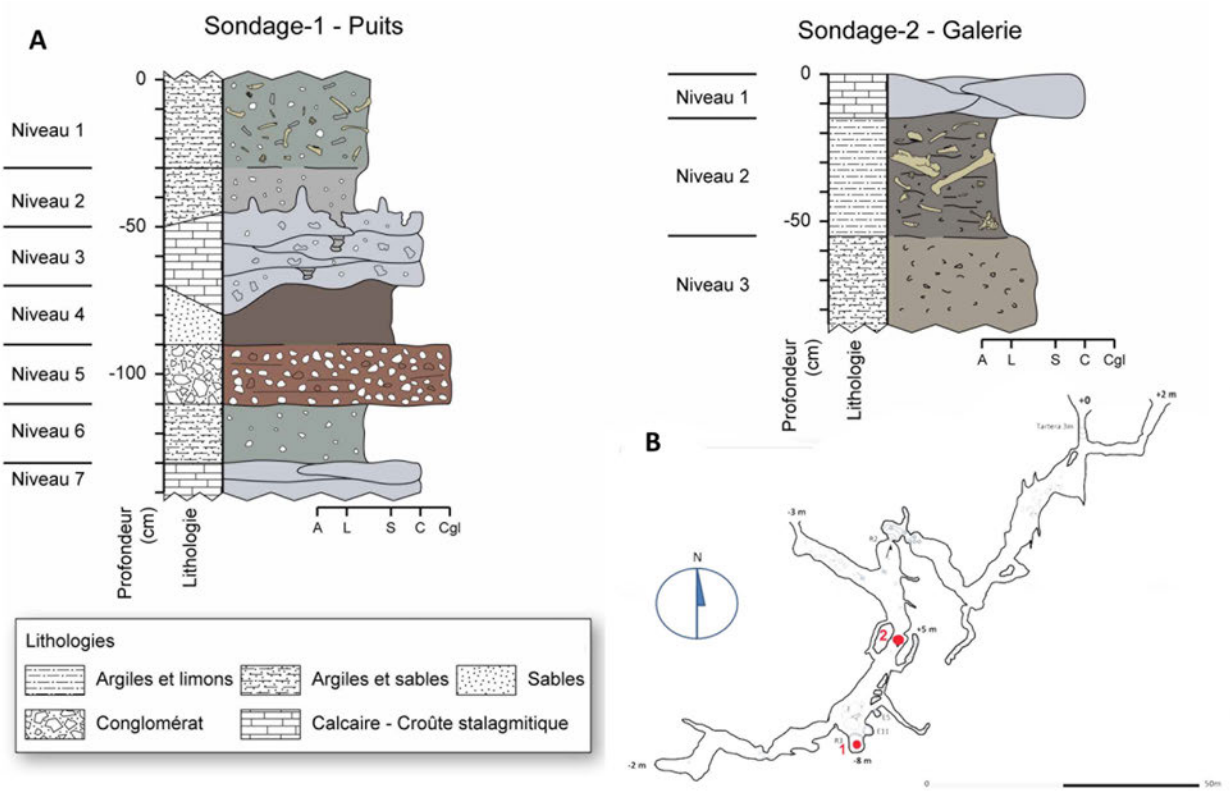

Figure 1. A- Stratigraphic columns of Sondage 1 and Sondage 2 ; B- Grotte de la Carrière topography.

According to the known data two different mammal assemblages can be identified in S1: the first one corresponding to the Lower layers of the stratigraphic sequence with an estimated chronology based on micromammals of OIS9 (ca. 0.3 Ma) and composed by *Ursus deningeri, Canis mosbachensis, Panthera fossilis, Panthera pardus, Lynx* sp., Carnivora indet. *Microtus agrestis-jansoni*, *Iberomys brecciensis*, *Clethrionomys glareolus*, *Pliomys coronensis*, *Apodemus* gr. *sylvaticus-flavicollis*, *Allocricetus bursae*, *Sciurus* sp. and *Microtus arvalis* (Madurell-Malapeira & Rufí, 2019; Madurell-Malapeira et al., 2015; López-García et al., 2016) which is typical from Middle Pleistocene (Madurell-Malapeira et al., 2019) and the second one corresponding to Upper layers of the sequence with an estimated chronology of Middle to Late Pleistocene boundary, which includes *Ursus deningeri, Ursus arctos, Canis mosbachensis, Panthera pardus, Vulpes* sp., Carnivora indet., *Capra pyrenaica* and Artiodactyla indet. (Madurell-Malapeira & Llenas, 2018). In the Upper layers we identified 1917 specimens, with 400 remains of density per square meter. The major part of the record corresponds to well-preserved and almost complete remains of ursids and caprinids. The Lower layers have not been excavated in extension until the date, even so, 703 specimens were recovered in one square per meter sondage (Madurell-Malapeira et al., 2019).

The **second sondage (S2)** is placed in the second gallery of the cave and have three stratigraphic

layers with only one fossiliferous (Figure 1-A). Nowadays only 8 m^2 have been excavated, enough to infer a latest Middle Pleistocene or Late Pleistocene large mammal assemblage with 2,000 remains and the following species identified: *Ursus deningeri*, *Crocuta spelaea*, *Panthera* sp., *Panthera pardus*, *Lynx pardinus*, *Vulpes* sp., *Rupicapra* sp. and *Capra pyrenaica*. (Madurell-Malapeira & Llenas, 2018; Madurell-Malapeira et al., 2019).

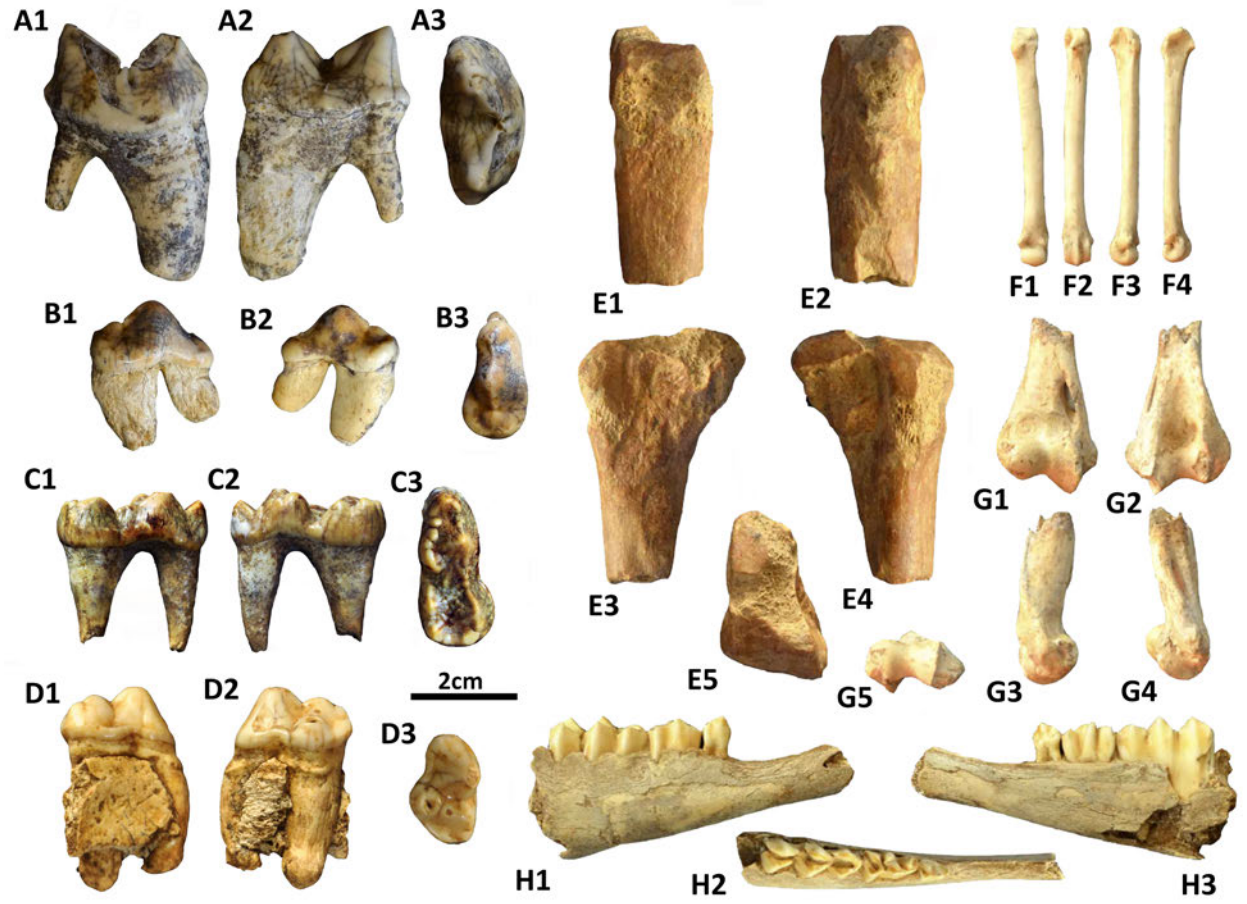

Figure 2. Large mammal assemblage from Grotte de la Carrière. A- *Panthera fossilis* lower m1 (lateral and occlusal view) ; B- *Panthera fossilis* lower p3 ; C- *Ursus deningeri* lower m1 (lateral and occlusal view); D- *Ursus deningeri* upper P4 (lateral and occlusal view) ; E- *Panthera* sp. metacarpal; F- *Vulpes* sp. metacarpal; G- *Lynx* sp distal humerus; H- *Rupicapra* sp. hemi-mandible.

Conclusions

Since 2015 three different systematic excavations were performed in La Grotte de la Carrière in two separated sondages. The results of the former works enables us to identify three distinct large mammal assemblages with an estimated chronology from the mid-Middle to Late Pleistocene.

The studied large mammal taphocenosis were dominated by the presence of cave bears and secondarily by steppe lions and Iberian ibex. Accordingly, probably Grotte de la Carrière was a hibernation den occupied generation by generation by cave bears. Alternatively, in the second sondage we documented tooth marks and fractures probably related with the action of hyenas or other carnivores on bear specimens

To sum up, La Grotte de la Carrière according to their inferred chronology and strategic place in the Têt valley can shed light in the future on the

poorly known early Middle Pleistocene Mediterranean and specifically Pyrenean ecosystems.

References

Llenas, M., Madurell-Malapeira, J., Nebot, M., González-Mateos, J., Susanna, I., Hernández-Ruiz, T., Pladevall, C., Ferrandiz-Rovira, M. & Hernández-Martínez, R. 2011. "La Grotte de Vida Tripa: A new Middle Pleistocene locality in Southeastern France". In: Marigó, J., Pérez de los Ríos, M., Minwer-Barakat, R., Bolet, A. & DeMiguel, D. (Eds.), XXVII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología y Simposios de los Proyectos PICG 587 y 596. Paleontologia i Evolució, Memòria Especial, pp. 197-199.

López-Garcia, J.M., Luzi, E., Furió, M., Susanna, I., Llenas, M. & Madurell-Malapeira, J. 2016. "Biochronological data for the middle pleistocene site of grotte de la Carrière (lachambre karstic complex, corneilla-de-conflent, eastern pyrenees, southern france) inferred from the small-mammal assemblage". Quaternaire 27 (2), pp. 133-138.

Madurell-Malapeira, J., Llenas, M., Susanna, I., Nebot, M., Hernández, T. 2015. Els jaciments paleontològics del complex càrstic de Lachambre (Rià i Cornellà de Conflent, Pirineus Orientals). 1ª Convenció internacional d'Espeologia, Barcelona (Spain).

Madurell-Malapeira, J., & Llenas, M. 2018. Projet de fouille programmée dans la Grotte de la Carrière (Corneillà de Conflent, Pyrénées-Orientales, Occitanie) (Rapport année 2018).

Madurell-Malapeira, J., & Rufí, I. 2019. Rapport de la fouille programmée dans la Grotte de la Carrière (Corneillà de Conflent, Pyrénées-Orientales, Occitanie) année 2019.

Madurell-Malapeira, J., Llenas, M., Rufí, I., Vinuesa, V., Prat-Vericat, M., Nebot, M., Hernández, T., Rull, M., Aymerich, X., Obradó, P., Méndez, M., Pérez, J.L., 2019. Réseau Lachambre: Un complex de jaciments Pleistocens a la Vall de Têt (Pirineus Orientals, Occitània, França). El Karst de la Región de Conflent: Boletín de la Sociedad Española de Espeleología y Ciencias del Karst, Número 14, pp. 33-43.

Prat-Vericat, M., Rufí, I., Llenas, M., Madurell-Malapeira, J. In press. Middle Pleistocene Cave Bears from Grotte de la Carrière (Eastern Pyrenees): Taxononic attribution and ohylogenetic implications. Zubía, pp 29-34.

ARQUITECTURA Y PALEOBIOGEOGRAFÍA DE LOS SIDEROLÍTIDOS DEL MAASTRICHTIENSE

R. Robles-Salcedo[1] & V. Vicedo[1]

1 Departament de Paleontologia, Museu de Ciències Naturals de Barcelona, Passeig Picasso, s/n, 08003 Barcelona

Resumen

Durante el Maastrichtiense, y antes de la extinción masiva del límite K/Pg, el grupo de macroforaminíferos de los siderolítidos llegó a su máximo nivel de diversificación y evolución. Este hecho se ve reflejado en la colonización de las plataformas carbonatadas del Tetis y en la evolución de su patrón arquitectural, que se torna extremadamente complejo en las especies de los géneros maastrichtienses *Siderolites* y *Canalispina*. El estudio taxonómico de detalle de la población de siderolítidos del Tetis central, concretamente de los representantes que se encuentran en la Formación Simsima (Omán), ha puesto de relieve sus similitudes arquitecturales con *Canalispina iapygia*, y sus diferencias respecto a *Siderolites calcitrapoides*, especie a la cual habían sido atribuidos previamente los representantes estudiados. Este resultado, con importantes implicaciones paleogeobiogeográficas, es la base con la que se seguirá el estudio para establecer y mejorar el conocimiento que se tiene de este grupo en cuanto a patrones migratorios y evolutivos.

Introducción

En las plataformas carbonatadas poco profundas del Cretácico superior algunos representantes del grupo biótico de los macroforaminíferos llegaron a su máximo nivel de evolución durante el Maastrichtiense, en lo que se conoce como *Global Community Maturation cycle* (sensu Hottinger 2001), antes de la extinción masiva del límite K/Pg. Los foraminíferos más evolucionados tienden a desarrollar un esqueleto de gran tamaño y con arquitecturas complejas. Éste es el caso de los siderolítidos, que fueron un grupo muy abundante en las plataformas carbonatadas y mixtas durante el Campaniense medio al Maastrichtiense superior del dominio del Tetis. Los siderolítidos tienen un esqueleto de textura lamelar perforada con un sistema de canales que varía su complejidad dependiendo del estadio de evolución (Osimo, 1907,

Arni, 1933, Wannier, 1983, Neumann 1997, Robles-Salcedo, 2014, Robles-Salcedo et al., 2018, Robles-Salcedo et al. 2019). Hasta el momento se han descrito 6 géneros, con sus respectivas especies, que de más antiguo a más moderno son: *Praesiderolites*, *Aranudiella*, *Pseudosiderolites*, *Siderolites*, *Wannierina* y *Canalispina*. La arquitectura de los más antiguos es más simple que la de aquellos que son más recientes.

La complejidad de los esqueletos que desarrollan los siderolítidos hace que se encuentren en la literatura identificaciones erróneas, que tienden a infravalorar el uso de este grupo en estudios bioestratigráficos y paleobiogeográficos. Así, los especímenes de *Canalispina iapygia* Robles-Salcedo, Vicedo, Parente y Caus, 2019, especie descrita recientemente en la localidad del Ciolo (Apulia, Italia) y que desarrolla espinas, se había identificado erróneamente como *Siderolites calcitrapoides* Lamarck, 1801 (véase discusión en Robles-Salcedo et al., 2019).

A grandes rasgos, las poblaciones del Tetis occidental han sido más estudiadas, y por tanto son más conocidas que las de localidades más orientales. Es por ello que se ha propuesto revisar en detalle la arquitectura de los siderolítidos del Maastrichtiense de zonas más orientales del Tetis para poder desarrollar estudios arquitecturales comparativos y de distribución biostratigráfica y paleobiogeográfica. Para avanzar en dicho propósito, se ha tomado como referencia la población que aparece en la Formación Simsima de Omán, de edad Maastrichtiense, que aflora en el flanco oeste de *Jabal Ja'alan* en las montañas de Omán. En esta localidad aparece una sucesión de depósitos de plataforma poco profunda y que abarca el tránsito Cretácico-Paleógeno (Vicedo et al. en prensa).

Los siderolítidos del Maastrichtiense: *Siderolites* y *Canalispina*

Los géneros *Siderolites* y *Canalispina* se caracterizan porque sus especies tipo desarrollan un sistema de canales complejo que consiste en canales intraseptales, umbilico-espirales, marginales, envolventes y espinas canaliculadas. Las diferencias entre las dos especies radica en el aumento de densidad de canales y la aparición de espinas secundarias canaliculadas en las formas más evolucionadas y atribuidas a *Canalispina*. Este género, además, también desarrolla una red de canales muy complejos en la espina con canales espinales envolventes y asintóticos (Robles-Salcedo et al., 2019).

El estudio preliminar de los siderolítidos de la formación Simsima de la sección de *Jabal Ja'alan* muestra que, desde un punto de vista arquitectural y morfométrico, los ejemplares estudiados se asemejarían a *C. iapygia* (Figs. 1.1-5) y se diferenciarían de *S. calcitrapoides* (Figs. 1.6-7). Estas formas también se han observado en otras formaciones Maastrichtienses de Oriente Medio, como en Irán (véase Fig. 14L, Omidvar et al., 2018).

Con estos resultados preliminares, la distribución paleogeográfica de los géneros y especies maastrichtienses se vería modificada con respecto a las referencias que constan en la literatura. El avance de este estudio permitirá conocer con mayor detalle los patrones evolutivos y de dispersión del grupo de los siderolítidos en Oriente Medio y acotar la distribución paleogeográfica de los diferentes géneros y especies.

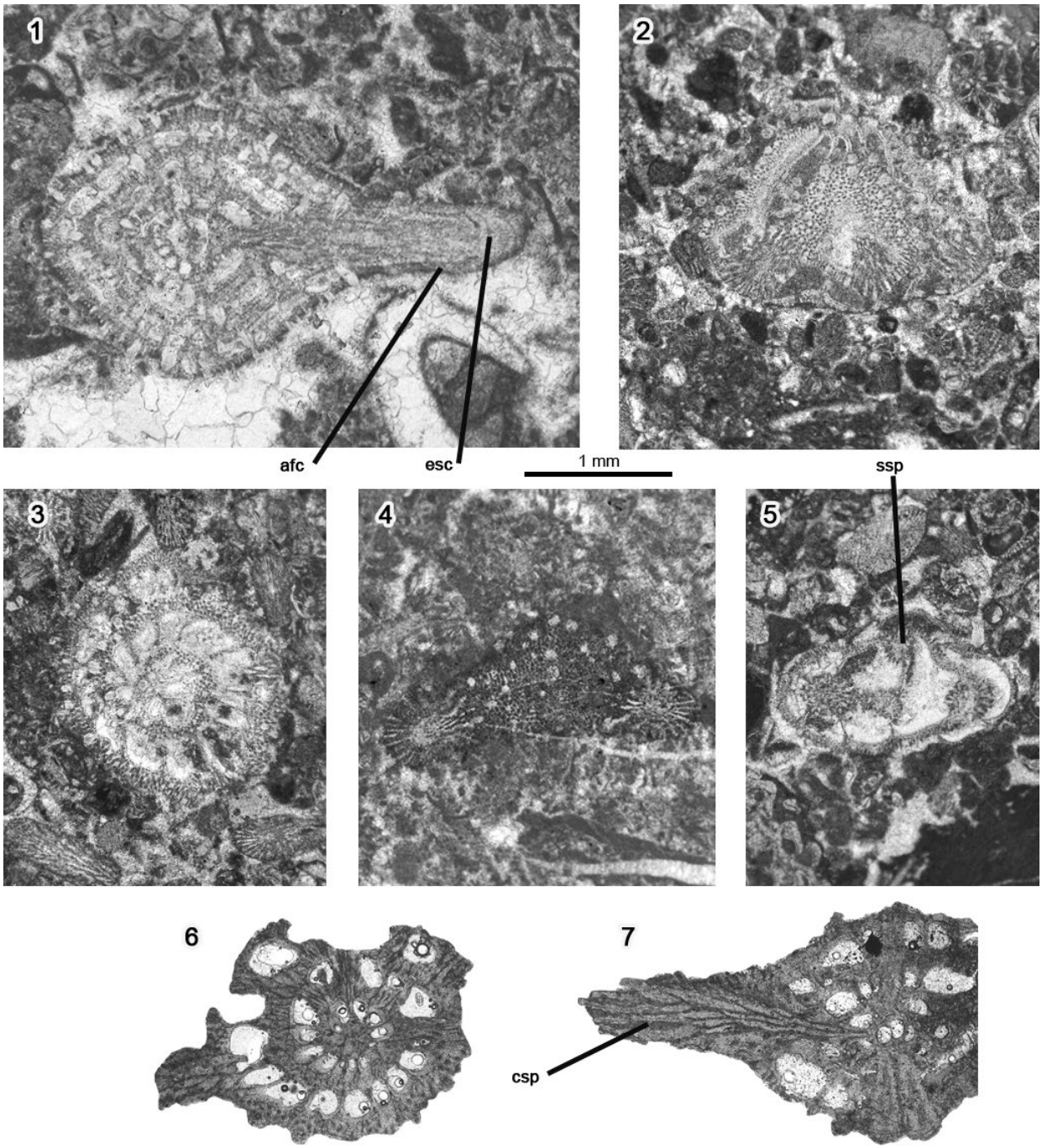

Figura 1. 1-5. *Canalispina iapygia* Robles-Salcedo, Vicedo, Parente, Caus 2019 de la sección *Jabal Ja'alan*, Simsima Fm; 1. Sección axial no centrada donde se observa el sistema de canales complejos en la espina (MGB 59861 LP7.1); 2, 4. Secciones tangenciales longitudinales (MGB 59866 LP4.1 y 59861 LP10.2); 3. Sección tangencial transversal (MGB 59866 LP6.1); 5. Sección tangencial longitudinal donde se observa la espina secundaria fuera del plano ecuatorial (59866 LP3.1); 6-7. Topotipos de *Siderolites calcitrapodes* de ENCI Quarry (Maastricht, Holanda). Abreviaturas: afc: canales espinales asintóticos; csp: espina canaliforme arborescente; esc: canales espinales envolventes; ssp: espinas secundarias canaliformes

Bibliografía

Arni, P., 1933. Siderolites heracleae im Maestrichtien des thessalischen Pindos. Eclogae Geologicae Helvetiae 26, 105-109.

Hottinger, L. 2001. Learning from the past?. 449–477. In LEVI-MONTALCINI, R. (ed.) Frontiers of Life, Volume 4, part 2: Discovery and spoliation of the biosphere. Academic Press, London/San Diego, 520 pp.

Osimo, G., 1907. Il genere" Siderolithes" Lamk. Atti della Accademia delle Scienze di Torino.

Omidvar, M., Safari, A., Vaziri-Moghaddam, H. 2018. Foraminiferal biostratigraphy of Upper Cretaceous (Campanian – Maastrichtian) sequences in the Peri-Tethys basin; Moghan area, NW Iran. Journal of African Earth Sciences 140, 94-112. doi: 10.1016/j.jafrearsci.2018.01.002

Neumann, M., 1997. Le Genre Siderolites (Foraminifère). Révision des différentes espèces. 1re partie: Analyse bibliographique, méthodologie, description des espèces du Campanien. Revue de Micropaleontologie 40, 227-271.

Robles-Salcedo, R., 2014. La Familia Siderolitidae (macroforaminíferos del Cretácico superior): arquitectura de la concha, bioestratigrafía, distribución paleoambiental y paleobiogeografía. Universitat Autonoma de Barcelona. https://doi.org/http://global.tesisenred.net/handle/10803/285038.

Robles-Salcedo, R., Vicedo, V., Caus, E., 2018. Latest Campanian and Maastrichtian Siderolitidae (larger benthic foraminifera) from the Pyrenees (S France and NE Spain).Cretaceous Research 81, 64-85. https://doi.org/10.1016/j.cretres.2017.08.017.

Robles-Salcedo, R., Vicedo, V., Parente, M., Caus, E. 2019. Canalispina iapygia gen. et sp. nov.: The last Siderolitidae (Foraminiferida) from the upper Maastrichtian of southern Italy. Cretaceous Research 98, 84-94.

Vicedo, V., Robles-Salcedo, R., Serra-Kiel, J., Hidalgo, C., Razin, P., Grelaud, C. En prensa. Biostratigraphy and evolution of the larger rotaliid foraminifera in the Cretaceous-Paleogene transition of the southern Oman Mountains.

Wannier, M., 1983. Evolution, biostratigraphie et systematique des Siderolitinae (Foraminiferes). Revista Española de Micropaleontologia 15, 5-37.

IMPLICACIONES BIOESTRATIGRÁFICAS Y BIOGEOGRÁFICAS DE LAS ASOCIACIONES DE FORAMINÍFEROS, CONODONTOS Y CORALES DE BA MOUSSA OESTE (MARRUECOS)

S. Rodríguez[1,2], I. D. Somerville[3], P. Cózar[2], J. Sanz-López[4], I. Coronado[5], F. González [6], I. Said[1] & M. El Houicha[7]

1 GEODESPAL, Universidad Complutense de Madrid, c/José Antonio Novais, 12, 28040-Madrid, Spain: sergrodr@geo.ucm.es, ismsaid@gmx.fr

2 Instituto de Geociencias (CSIC, UCM), c/ José Antonio Novais 12, 28040-Madrid, Spain 2: p.cozar@igeo.csic-ucm.es

3 UCD School of Geological Sciences, University College Dublin, Belfield, Dublin 4, Ireland: Ian.Somerville@ucd.ie

4 Departmento de Geología, Universidad de Oviedo, Arias de Velasco s/n, 33005 Oviedo, Spain: sanzjavier@uniovi.es

5 Institute of Paleobiology, Warsaw, Poland: icoronado@ucm.es

6 Dpto. de Ciencias de la Tierra, Universidad de Huelva, Avda. Fuerzas Armadas s/n, Campus de El Carmen, 21071 Huelva: fbarrio@uhu.es

7 Faculté des Sciences d'EL Jadida (LGG), Université Chouaïb Doukkali, BP.20, 24000, El Jadida, Morocco: elhouicha@yahoo.fr

Las rocas del Misisípico se extienden por grandes áreas de la Meseta de Marruecos. Aunque han sido descritas y estudiadas desde el comienzo del siglo XX (Lecointre 1926; Termier 1936; Termier y Termier 1950; Gigout 1951, Michard 1976), todavía quedan muchos detalles por conocer. El comienzo de la sedimentación carbonífera en la región de Khenifra generalmente se ha establecido en el Viseense tardío y se considera que la sedimentación en el Tournaisiense y Viseense temprano está ausente, mientras otros autores consideran la presencia de sedimentación en la zona durante ese intervalo de tiempo.

La presencia de abundantes corales de edad Viseense inferior fue detectada en dos capas de calizas bio- y litoclásticas a 3 km al noroeste del borde de Khenifra, en el extremo occidental del sinclinal de Ba Moussa (Fig. 1) por Rodríguez et al. (2017). La profundización y extensión de los estudios sobre los materiales que proporcionaron esa asociación a otros grupos como foraminíferos, conodontos y palinomorfos ha permitido confirmar esa primera datación e inferir una serie de relaciones biogeográficas de la Meseta de Marruecos en el Misisípico.

La asociación de corales está compuesta por *Siphonophyllia* sp. nov., *Sychnoelasma urbanowitschi*, *Cravenia lamellata*, *C. tela*, *C. rhytoides*, T*urnacipora megastoma* y *Pleurosiphonella crustosa*. Toda la asociación indica una edad Viseense temprano.

Estos datos coinciden con los aportados por la asociación de foraminíferos que contiene *Earlandia vulgaris*, *E. elegans*, *E. minor*, *Endothyra* spp., *E. similis*, *E. prisca*, *Eotextularia diversa*, *Endolaxina* sp., *Endothyranopsis* (*Eosinopsis*) sp., "*Glomospira*", *Eosparastaffella* sp., *E. concinna*, *E. evoluta*, *E. interfecta*, *E. macdermoti*, *E.* aff. *macdermoti*, *E. ovalis*, *E. rotunda*, *E. simplex*, *E. tumida* subsp. 1, *E. vdovenkoae*, *Eotextularia diversa*, *Granuliferella* sp., *Globoendothyra* sp., *Lapparentidiscus* sp., *Lituotubella*? sp., *Mediocris mediocris*, *M. ovalis*, *M.* aff. *ovalis*, *Latiendothyranopsis*

sp. *Omphalotis* sp., *Plectogyranopsis* sp., *Pseudoplanoendothyra* sp., *Septabrunsiina* sp., *Septaglomospiranella* sp., *Spinobrunsiina* sp., *Spinolaxina* sp., *Tetrataxis* sp. y *Urbanella* (*Brenckleites*) *fragilis*. Esta asociación contiene *Eoparastaffella concinna*, que es más evolucionada que el grupo ancestral de *Eoparastaffella* y *E. tumida* que deriva de *E. simplex* en la base del Viseense (Devuyst et al., 2003) y en consecuencia marcan la zona MFZ9 que caracteriza el Viseense inferior.

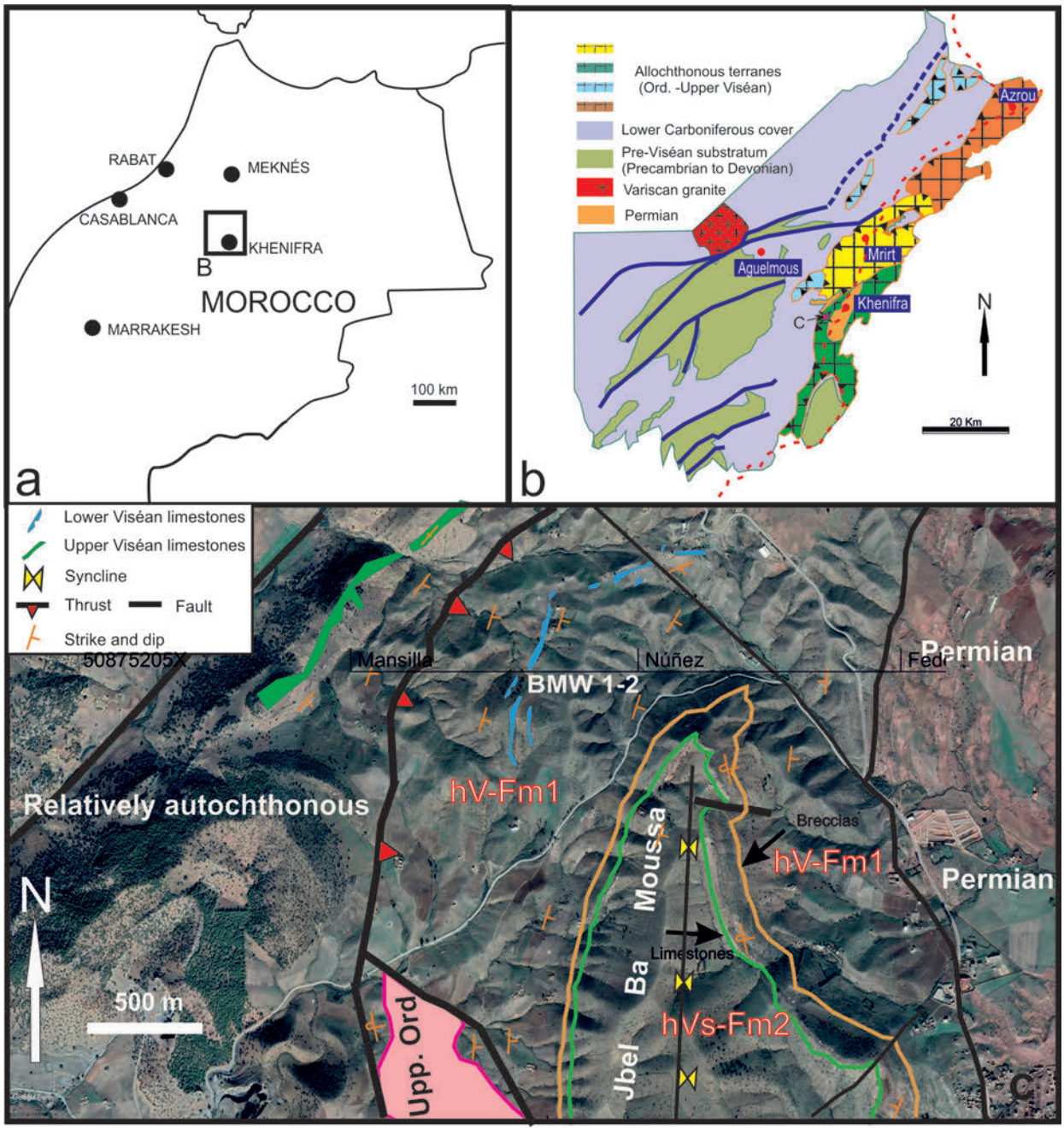

Figura 1. a) Localización de Khenifra en Marruecos; b) Esquema geológico de la Cuenca de Azrou-Khenifra con la localización de Ba Moussa oeste (flecha); c) Fotograma de Google maps con detalles de la geología del área de estudio y la localización de los horizontes estudiados, BMW1 y BMW2.

Las asociaciones de conodontos incluyen *Polygnathus inornatus* y *P. lobatus*, que fueron citados por Weyant (1985) hasta el Tournasiense superior (Zona de *Scaliognathus anchoralis*) en la cuenca de Béchar (Argelia) y tan sólo se conocía en el Viseense inferior de Bélgica. La presencia de *Gnathodus pseudosemiglaber* y *Mestognathus* cf. *beckmanni* indica la Zona de *M. beckmanni*, desde las capas finales del Tournaisiense. Estas especies se encuentran en el Viseense inferior de la cuenca de Béchar y el miembro inferior de la Formación Ouarkziz en la cuenca de Tindouf (Weyant 1985).

Los palinomorfos registrados en las pizarras están dominados por fitoclastos y en menor medida por esporas, mientras que el microfitoplancton y la materia orgánica amorfa son prácticamente inexistentes. El reducido número de esporas y su irregular estado de preservación impide una identificación taxonómica adecuada.

La presencia de estas asociaciones del Viseense inferior representa el registro más antiguo del Misisípico en la cuenca de Azrou-Khenifra, en consonancia con los autores que preconizaban la existencia de una primera transgresión del Viseense inferior en esta área (Huvelin y Mamet, 1997).

Por otra parte, la asociación de Ba Moussa Oeste está dominada por corales rugosos solitarios y tabulados, y faltan los corales rugosos coloniales. Su composición es muy semejante a las de la misma edad en áreas de Tafilalt (Anti-Atlas, Aretz et al. 2013) y de varias localidades en Europa Occidental como Normandía (Vuillemin 1990), sur de Bélgica (Poty 1981), y Reino Unido (Mitchell 1989; Somerville et al. 1986). Todo ello permite enfatizar la relación estrecha de la meseta de Marruecos con las áreas mencionadas durante el Viseense inferior. Esta relación puede expresarse en cercanía geográfica pero también en una fácil conexión debido a la distribución de las corrientes marinas en ese espacio temporal.

Agradecimientos

Este trabajo es una contribución al PIGC 652 y ha sido llevado a cabo con fondos del Proyecto de investigación CGL2016-78738-P del Ministerio de Economía y Competitividad.

Bibliografía

Aretz, M., Denayer, J, y Mottequin, B. 2013. Preliminary data on Viséan (Carboniferous) corals and brachiopods from the strata between Djebel Begaa and the Gara el Itima (Eastern Tafilalt, Morocco). International Field Symposium "The Devonian and Lower Carboniferous of Northern Gondwana", Becker, R.T., El Hassani, A., Tahiri, A. (Eds.). Document de l'Institut Scientifique, Rabat 27: 87-94.

Devuyst, F.-X., Hance, L., Hongfei Hou, Xianghe Wu, Shugang Tian, Coen, M., y Sevastopulo, G., 2003. A proposed Global Stratotype Section and Point for the base of the Viséan Stage (Carboniferous): the Pengchong section, Guangxi, South China. Episodes 26: 105–115.

Gigout, M., 1951. Etudes géologiques sur la Meseta marocaine occidentale. Notes et Mémoires du Service Géologique du Maroc 86: 1–506.

Huvelin, P., y Mamet, B., 1997.Transgressions, faulting and redeposition phenomenon during the Visean in the Khenifra area, western Moroccan Meseta. Journal of African Earth Sciences 25(3): 393–399.

Lecointre, G., 1926. Recherches géologiques dans la Meseta marocaine. Mémoires du Sociéte des sciences naturelles du Maroc 14: 1–158.

Michard, A., 1976. Eléments de géologie marocaine. Notes et Mémoires du Service Géologique du Maroc 252 (408 pp).

Mitchell, M., 1989. Biostratigraphy of Viséan (Dinantian) Rugose coral faunas of Britain Isles. Proceedings of the Yorkshire Geological Society 47(3): 233–247.

Poty, E.,1981. Recherches sur les Tétracoralliaires et les Hétérocoralliaires du Viséen de la Belgique. Mededelingen Rijks Geologische Dienst 35-1: 1–161.

Rodríguez, S., Somerville, I.D., Cózar, P., Coronado, I. y Said, I. 2017. Asociación de corales del Viseense inferior de Ba Mussa (Cuenca de Azrou-Khenifra, Marruecos). Abstracts 33 Jornadas de Paleontología. 156-158.

Somerville, I.D., Mitchell, M., y Strank A.R.E., 1986. An Arundian fauna from the Dyserth area, North Wales and its correlation within the British Isles. Proceedings of the Yorkshire Geological Society 46(1): 57–75.

Termier, H., 1936. Etudes geologiques sur le Maroc central et le Moyen-Atlas meridional; t. 1: Les terrains primaires et le Permo-Trias., Notes Mémoires Service Mines Carte Géologique Maroc 33: 1–743.

Termier, G., y Termier, H., 1950. Paleontologie marocaine II. Invertebres de l'Ere Primaire. Foraminiferes, spongoaires et coelenteres. Notes et Mémoires du Service Geologiquedu Maroc 73: 1–220.

Vuillemin, C., 1990. Les Tétracoralliaires (rugosa) du Carbonifère Inférieur du Massif Armoricain (France). Cahiers de Paléontologie, Éditions du CNRS, Paris: 1–171.

Weyant, M., 1985. North Africa — conodonts. The Carboniferous of the World II: Australia, Indian Subcontinent, South Africa, South America and North Africa. Wagner, R.H., Winkler Prins, C.F., y Granados, L.F. (Eds.). Instituto Geológico y Minero de España/Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras, S.A., Madrid, 364–367.

DEPÓSITOS DE FLUJOS EN MASA Y CARBÓN EN LA FORMACIÓN VALDETEJA (BASHKIRIENSE) EN TRUÉBANO (LEÓN, CORDILLERA CANTÁBRICA)

I. Rodríguez-Castro[1*], S. Rodríguez[1,2] & M. A. Fregenal-Martínez[1]

1 Departamento de Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas, UCM, c/José Antonio Novais, 2. 28040 Madrid (Spain); isrodr01@ucm.es

2 Departamento de Geología Sedimentaria y Cambio Medioambiental, Instituto de Geociencias, CSIC, UCM, c/José Antonio Novais, 2. 28040 Madrid (Spain)

La Formación Valdeteja, de edad Bashkiriense-Moscoviense inferior, aflora en la Zona Cantábrica del Macizo Ibérico, y ha sido descrita como un conjunto de calizas de color claro con un contenido fósil variado, brechas calcáreas y calizas masivas formadas por bioconstrucciones de algas y bacterias (Bastida, 2004). En la Cuesta del Sol, al sur de la localidad de Truébano (Provincia de León, España) y junto a la explotación de carbón abandonada conocida como Mina Rosario (Gómez de Llarena y Rodríguez Arango, 1946), se encuentran unos afloramientos excepcionales de la formación (Figura 1), con niveles de lutitas carbonosas y *coal balls*.

En este trabajo se presentan los resultados del estudio paleontológico y sedimentológico de la zona inferior de los afloramientos, situada estratigráficamente por debajo del nivel de carbón excavado en la mina. Para llevar a cabo este estudio se ha observado, fotografiado y descrito el afloramiento y levantado una columna estratigráfica. Además, se han tomado y analizado en laboratorio muestras de diversos tipos: ejemplares de macrofósiles, muestras para láminas delgadas y muestras para palinomorfos.

Este afloramiento está formado por más de una decena de secuencias granodecrecientes que pasan de brechas carbonáticas y calizas packstone encriníticas a calizas wackestone de grano fino y finalmente a margas pardas o negras. Estas secuencias presentan características no descritas hasta ahora en la Formación Valdeteja. Destacan el nivel de margas carbonosas con *coal balls*, las estructuras HCS preservadas excepcionalmente y las bioturbaciones de tipo *Zoophycos* con una conservación excelente. Además, el contenido fósil de las calizas es muy abundante y diverso, dominado por placas de crinoides y otros equinodermos y con numerosos foraminíferos, fragmentos de braquiópodos, espículas de esponjas, algospongias, corales y briozoos. Aparecen también fragmentos de trilobites y gasterópodos aislados. Las especies identificadas

y su presencia en los distintos tramos de la columna estratigráfica puede observarse en la Figura 2.

La distribución de los fósiles en la vertical varía al igual que lo hace el tamaño de grano: los grupos de organismos que producen fragmentos de

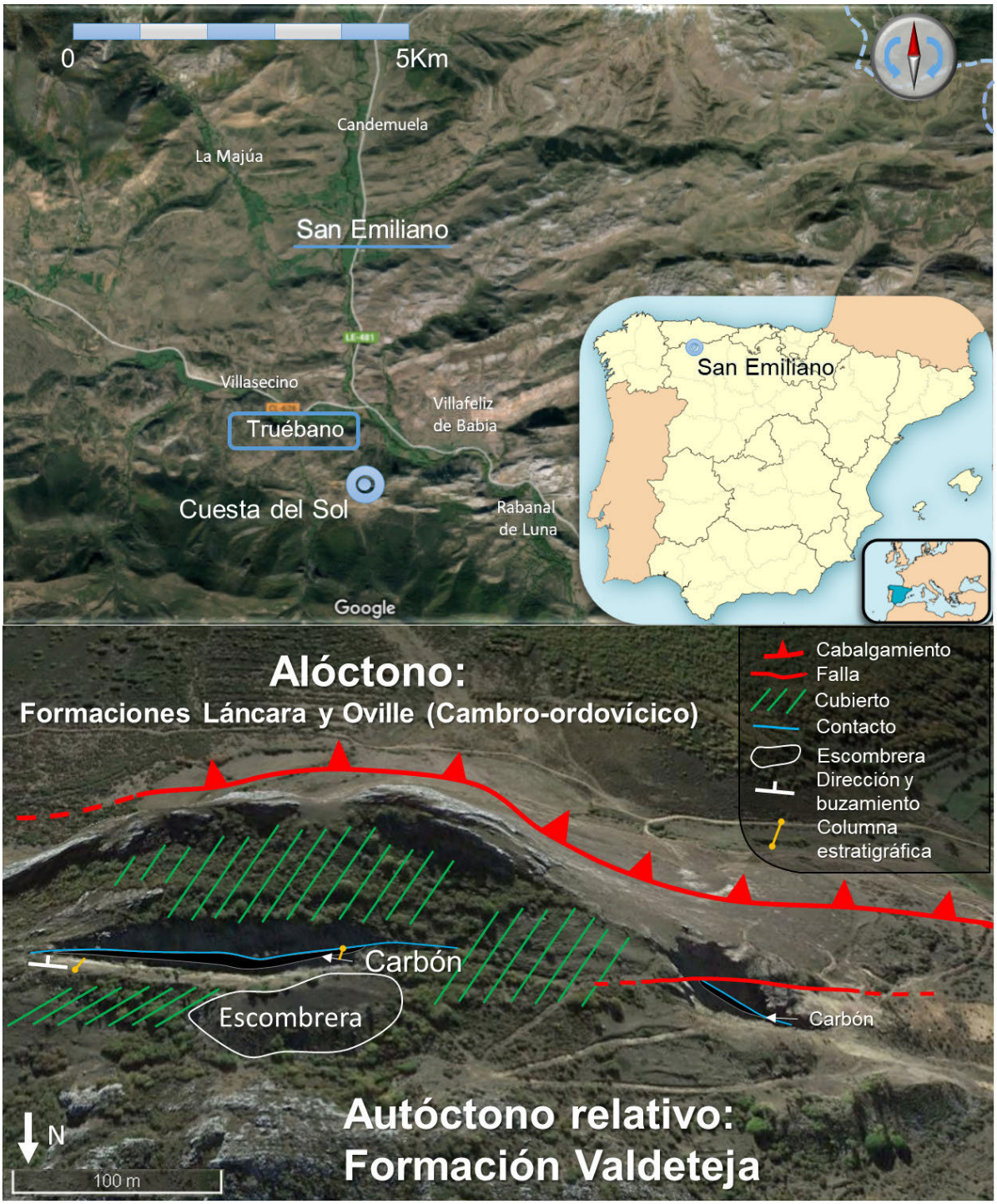

Figura 1: situación (A) y esquema (B) del afloramiento de la Mina del Rosario. La columna estratigráfica se refiere a la representada en la Figura 2.

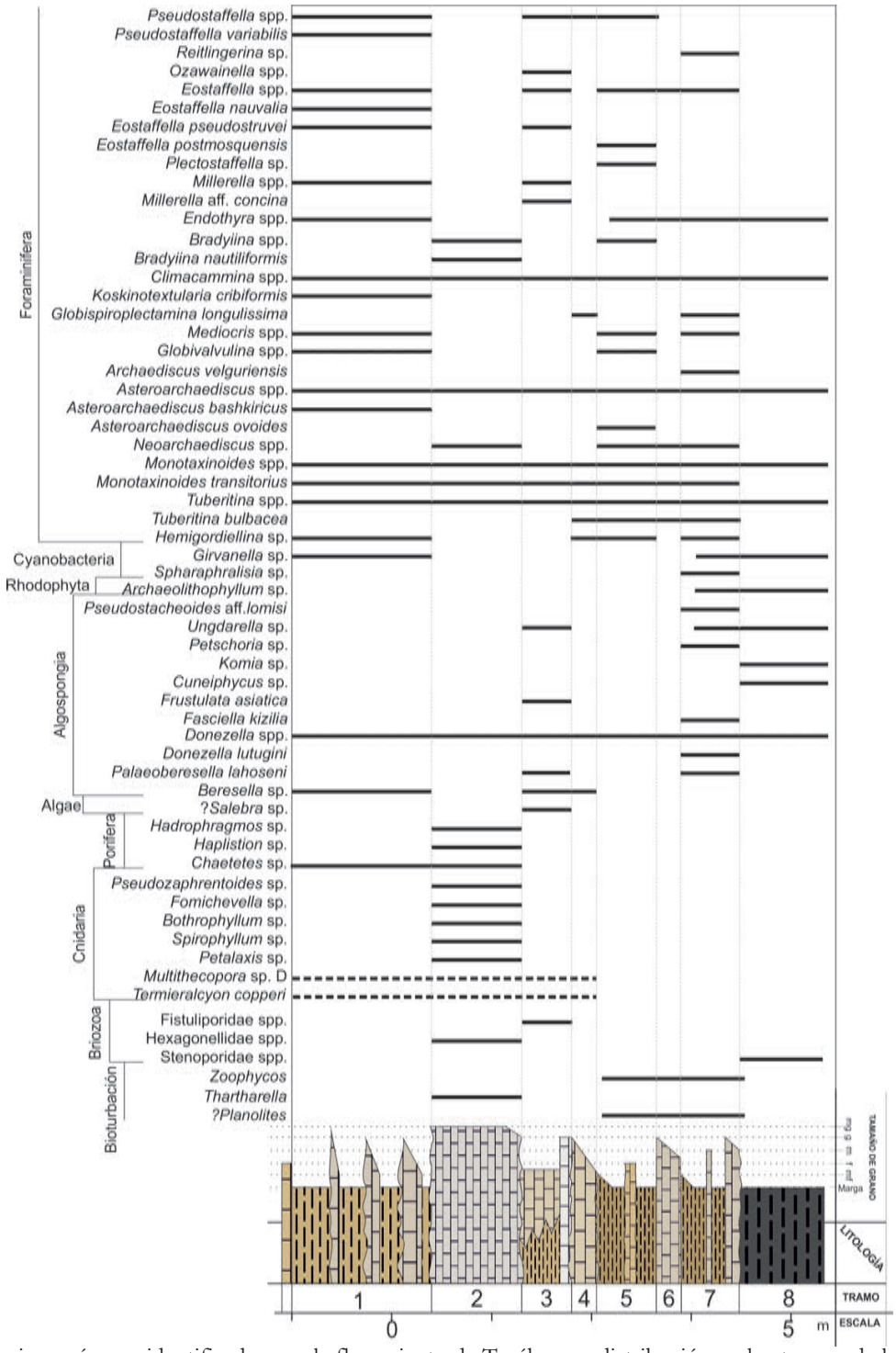

Figura 2. especies y géneros identificados en el afloramiento de Truébano y distribución en los tramos de la columna estratigráfica.

mayor tamaño abundan en las zonas inferiores de las secuencias, mientras que los de menor tamaño se hacen más abundantes en las zonas de grano fino. Esta variación, por tanto, se debe a las condiciones hidrodinámicas de la sedimentación y no a cambios del medio de sedimentación. La elevada fragmentación y las evidencias de transporte en los restos indican que esta asociación fósil es el re-

sultado de la resedimentación y transporte producido por flujos en masa, resultado, al igual que las estructuras HCS, de la acción sobre el fondo marino de un oleaje con una gran longitud de onda, generado por huracanes o tsunamis.

En las facies de grano más fino, en cambio, la asociación fósil es muy diferente y está casi exclusivamente formada por espículas y fragmentos de esponjas y abundantes bioturbaciones. Esta se interpreta como la asociación autóctona del medio, pues a diferencia de la anterior no se encuentra seleccionada únicamente por criterios hidrodinámicos: hay restos de esponjas de tamaño considerable, y las bioturbaciones se encuentran *in situ*.

En las margas y calizas de grano fino se encuentran también elementos claramente alóctonos: hay abundantes restos vegetales, carbón y *coal balls*, cuyo carácter alóctono ya fue determinada por Vachard y Béckary (1988). El análisis de las muestras de palinomorfos ha determinado, además, que predomina la materia orgánica amorfa de origen continental.

Los fósiles identificados apoyan las dataciones previas realizadas por otros autores, como Vachard y Beckary (1991) o (Gómez de Llarena y Rodríguez Arango, 1946 y 1948). La asociación de fusulínidos, apoyada por los corales y los poríferos, confirma la edad Bashkiriense inferior y sitúa la sucesión entre los horizontes rusos Severokeltmeniense y Prikamiense. El equivalente en el oeste de Europa serían el Namuriense C y su transición al Westfaliense A.

La asociación autóctona presenta una escasa diversidad, formada casi exclusivamente por esponjas y organismos bioturbadores. Estas características, junto con la abundancia de micrita, el escaso tamaño de grano y la ausencia de evidencias de oleaje (a excepción de las estructuras HCS) sugiere una cierta profundidad para el medio de sedimentación de estos niveles, que fueron depositados por debajo del nivel de base del oleaje normal.

La repetición de las secuencias granodecrecientes y las estructuras HCS parece deberse a la influencia de tsunamis o huracanes. No se han encontrado criterios suficientes para discriminar cuál de los dos procesos es el responsable de las particularidades de esta sucesión, dado que ambos son posibles en el contexto tectónico y climático de la Formación Valdeteja. Sin embargo, la gran cantidad de materia vegetal de origen continental acumulada en el fondo marino implica un arrastre desde el continente que parece más coherente con la resaca de un tsunami.

El medio de sedimentación es, por tanto, una rampa carbonática, probablemente situada en una bahía u otro medio relativamente protegido y cercano al continente, que puede favorecer el arrastre y acumulación de la materia vegetal que da lugar a los niveles carbonosos.

Bibliografía

Bastida, F. 2004. Zona Cantábrica (Capítulo 2, Macizo Ibérico). En Geología de España (Vera, J. A., Ed), SCE-IGME: 25 – 49.

Gómez de Llarena, J. y Rodríguez Arango, C. 1946. Las «tacañas» (Coal balls) de la Mina «Rosario», de Truébano (León); Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España, 16: 215 – 236.

Gomez de Llarena, J. y Rodríguez Arango, C. 1948. Datos para el estudio geológico de la Babia Baja (León); Boletín del Instituto Geológico y Minero de España, 61: 79 – 206.

Vachard, D. y Béckary, S. 1988. Les «tacañas», coal balls mixtes du Carbonifère de Truébano (León, Espagne); Bulletin de la Société Géologique de France, 8, 6: 1271 – 1278.

Vachard, D. y Béckary, S. 1991. Algues et foraminiferes Bachkiriens des coal balls de la Mine Rosario (Truebano, Leon, Espagne); Revue de Paléobiologie, 10, 2: 315 – 357.

ANÁLISIS DE LA HIPOTÉTICA COMUNIDAD DEPAUPERADA DE CARNÍVOROS DE LA FORMACIÓN SANTA CRUZ (MIOCENO INFERIOR), PATAGONIA, ARGENTINA

G. Rodríguez-Gómez [1], G.H. Cassini [2,3,4], M.S. Bargo [5,6], N. Toledo [4,5], R.F. Kay [7], J.A. Martín-González [8], P. Palmqvist [1] & S.F. Vizcaíno [4,5]

1 Departamento de Ecología y Geología, Universidad de Málaga, Campus de Teatinos, 29071 Málaga, España.

2 División Mastozoología, Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia", Av. Ángel Gallardo 470, C1405DJR, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

3 Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Nacional de Luján, Ruta 5 y Av. Constitución s/n, Luján (6700), Buenos Aires, Argentina.

4 Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina.

5 División Paleontología Vertebrados, Museo de La Plata, Unidades de Investigación Anexo Museo, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Av. 60 y 122, 1900 La Plata, Argentina.

6 Comisión de Investigaciones Científicas (CIC) provincia de Buenos Aires, Argentina.

7 Department of Evolutionary Anthropology, Box 90383, Duke University, Durham, NC 27708, USA.

8 Departamento de Matemáticas y Computación, Universidad de Burgos, Plaza Misael Bañuelos s/n, 09001 Burgos, España.

Introducción

Los sedimentos continentales de la Formación Santa Cruz (FSC, Mioceno inferior) en la costa atlántica de la Patagonia argentina registran un excepcional conjunto faunístico de vertebrados, el cual muestra la diversidad de los ecosistemas sudamericanos antes de la llegada de las especies norteamericanas durante el GABI (*Great American Biotic Interchange*) en el Mioceno superior (Simpson, 1980; Marshall y Cifelli, 1990). La fauna de mamíferos (edad Santacrucense) está integrada por descendientes de linajes propios del continente (Marsupialia, Xenarthra, Litopterna, Notoungulata y Astrapotheria) junto a formas nuevas de otros continentes (Rodentia y Primates). El excelente estado de conservación de los especímenes hallados en la FSC, incluyendo esqueletos parcial o completamente articulados, ha permitido llevar a cabo estudios paleobiológicos mediante aproximaciones basadas en la relación entre forma y función (Vizcaíno et al., 2012a).

Partiendo de una comparación de la diversidad de 385 faunas de mamíferos actuales, Croft (2006) analizó la diversidad de los mamíferos en América del Sur durante el Cenozoico, antes del GABI. A partir de sus resultados, propuso que las faunas pre-GABI mostraban una baja diversidad de depredadores mamíferos y un mayor número del esperado de mamíferos de tamaño medio. Vizcaíno et al. (2010) analizaron la estructura de la paleocomunidad tipo de la FSC usando la relación entre densidad de población y tamaño corporal en mamíferos. Estos autores encontraron que la comunidad estaba dominada por una gran diversidad de herbívoros, siendo la productividad secundaria de al menos tres veces la observada en los cocientes carnívoro-herbívoro de las faunas modernas, lo que apoyaba una perspectiva similar a la de Croft (2006). Por otro lado, Kay et al. (2012) realizaron un análisis paleoecológico de la fauna Santacrucense, centrándose especialmente en un conjunto de localidades de la costa Atlántica, los niveles fo-

silíferos (FL) 1-7, datados entre 17,4 y 17,5 millones de años (Ma). Relacionaron el número de depredadores y la riqueza del ecosistema con las precipitaciones y la estructura de la vegetación. Observaron que las proporciones de depredadores y presas de FL 1-7 no se desviaban de lo esperado por los datos de precipitaciones estimados, lo que se podría considerar como opuesto a lo defendido por Croft (2006) y Vizcaíno et al. (2010).

Objetivos

Este estudio evalúa la hipótesis propuesta por Croft (2006), apoyada por Vizcaíno et al. (2010), de que la paleocomunidad de carnívoros de la FSC estaba depauperada. Para ello, modelizamos la red trófica de los grandes depredadores (aves y mamíferos) del conjunto FL 1-7 de la FSC, con un modelo matemático que estima la biomasa cárnica ofertada y demandada en los paleoecosistemas, distribuyendo la carne entre los consumidores secundarios y estimando las densidades sostenibles de los mismos, así como la intensidad de la competencia (Rodríguez-Gómez et al., 2013, 2014).

Materiales y métodos

Se reconstruye la red trófica de FL 1-7 considerando 22 especies presa y 9 de depredadores-carroñeros, incluyendo aves (Kay et al., 2012, Prevosti et al., 2012, and Vizcaíno et al., 2012b), seleccionando las especies de más de 10 kg de masa corporal (con las excepciones del marsupial *Cladosictis patagonica* y del forusrácido *Psilopterus lemoinei*, por su relevancia en la red trófica), a efectos de minimizar los posibles sesgos tafonómicos. Se siguen las estimaciones de tamaños corporales de Vizcaíno et al. (2012a). Las especies presa y de depredadores-carroñeros se diferenciaron basándose en datos filogenéticos y ecológicos. Las especies consideradas se organizaron en cinco clases de tamaño corporal (10–45 kg, 45–90 kg, 90–180 kg, 180–360 kg y 360–1000 kg).

La disponibilidad de carne en el ecosistema se infiere mediante la estimación de perfiles de mortalidad de las especies presa, sirviendo de datos de entrada diversos parámetros, como la masa corporal de los adultos y los neonatos, la edad del primer parto, el tamaño de la camada, el intervalo entre los partos, la edad de la madurez sexual, la duración de la gestación y la longevidad potencial. Estas variables se infieren a partir de dos bases de datos diferentes, PanTHERIA (Jones et al., 2009) y AnAge (Magalhães and Costa, 2009). La demanda de carne por parte de las especies depredadoras-carroñeras (TDB, *Total Demanded Biomass*) se estima a partir de ecuaciones alométricas, que proporcionan los requerimientos nutricionales, y también teniendo en cuenta las preferencias por diferentes tamaños de presa, estimadas mediante la metodología de Kissling et al. (2014). El reparto de la carne disponible (TAB, *Total Available Biomass*) entre los depredadores-carroñeros se basa en sus demandas energéticas y sus preferencias por determinadas presas. El reparto termina cuando toda la carne se ha distribuido o cuando todas las especies depredadoras-carroñeras han alcanzado la demanda energética total.

El modelo ofrece como salida las densidades sostenibles de depredadores-carroñeros y diferentes índices de competencia entre estos consumidores secundarios, como el índice SCI (S*pecies Competition Index*). Este último mide el grado en el que se alcanza la densidad óptima de la población. Los valores cercanos a cero corresponden a las poblaciones que están próximas a cubrir todos los requerimientos de sus individuos y alcanzar la densidad óptima poblacional; los valores cercanos a uno se dan en las que están lejos de poder cubrir tales demandas energéticas y alcanzar las densidades óptimas.

Resultados y discusión

La biomasa de carne disponible para los depredadores-carroñeros en la FSC se expresa en un in-

tervalo, con un extremo mínimo (TAB-m) de 1.035.843 kcal*km2*año y uno máximo (TAB-M) de 1.295.785 kcal*km2*año, intervalo que corresponde con el supuesto de que todas las especies tengan mortalidades máximas o mínimas para los individuos subadultos, respectivamente. La Figura 1 muestra la disponibilidad de carne distribuida según clases de tamaño, pudiéndose observar cómo contribuyen los diferentes grupos. La primera clase (10-45 kg) es la que más biomasa aporta en el ecosistema, tanto para la condición de biomasa total disponible mínima como para la de máxima (TAB-m y TAB-M respectivamente), mientras que la que menos aporta es la cuarta clase (180-360 kg). Los grupos que más contribuyen en el cómputo general son Cingulata y Notoungulata. Existe un patrón diferente de biomasa disponible para la TAB-m y la TAB-M, siendo la diferencia entre la primera clase y el resto muy abrupta con TAB-m y más gradual con TAB-M.

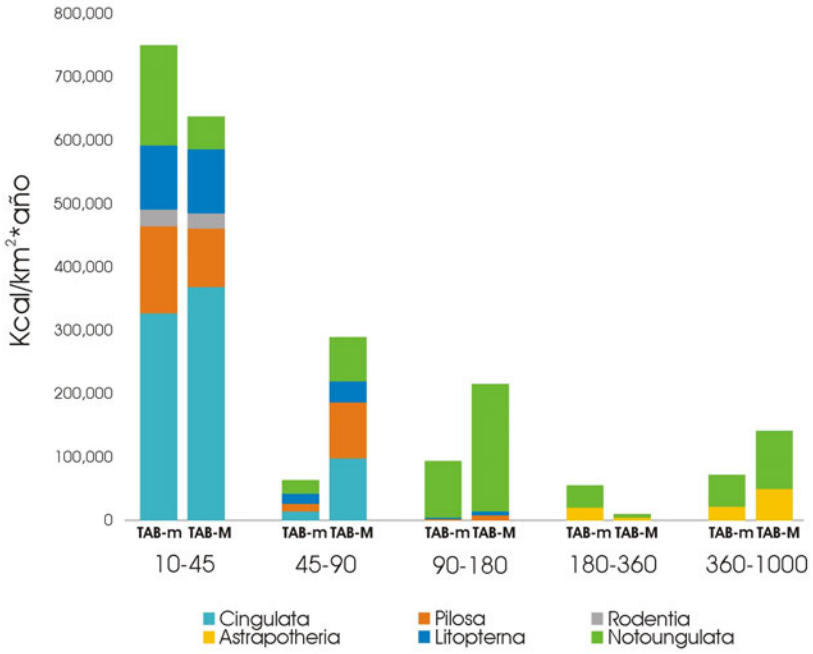

Figura 1. Biomasa total disponible (TAB, Total Available Biomass) distribuida entre cinco categorías de tamaño corporal (10-45 kg, 45-90 kg, 90-180 kg, 180-360 kg, 360-1000kg), según la mortalidad subadulta sea máxima o mínima (TAB-m y TAB-M, respectivamente). Cada columna se compone de diferentes taxones, identificados por colores (ver leyenda): Cingulata, Pilosa, Rodentia, Astrapotheria, Litopterna y Notoungulata

La demanda estimada de recursos por parte de la comunidad de depredadores-carroñeros fue de 1.136.212 kcal*km2*año. Este valor se encuentra dentro del intervalo proporcionado por la TAB-m y la TAB-M, hallándose prácticamente en el punto medio del mismo. De esta forma, el ecosistema de la FSC tendría más biomasa disponible que demandada en la condición de TAB-M.

Respecto a la distribución de recursos, se puede observar que hay especies que alcanzan todos sus requerimientos y sus densidades óptimas esperadas (SCI=0) (Figura 2), por ejemplo, *Phorushacos longissimus*, *Borhyaena tuberata* y *Arctodictis munizi*. Además de ellas, *Prothylacynus patagonicus* presenta también un valor SCI = 0 para la condición de TAB-M (esto es, con mínima mortalidad subadulta). El resto de las poblaciones de consumidores secundarios consiguen cubrir sus requerimientos en más de dos tercios para TAB-m y TAB-M, con valores de SCI por debajo de 0,3.

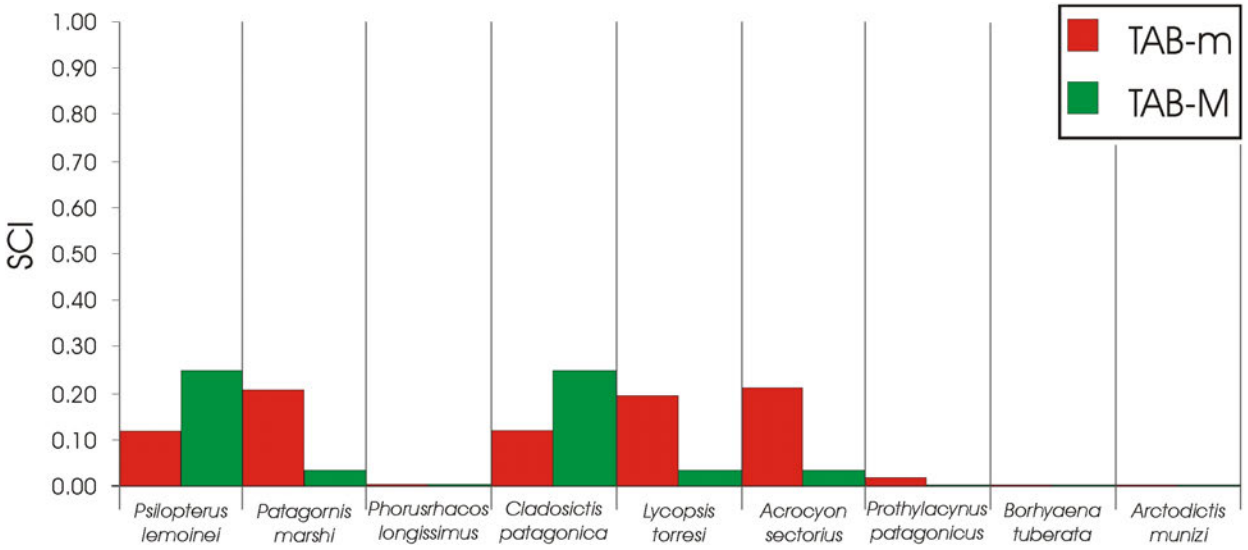

Figura 2. Distribución de los valores de SCI (Species Competition Index) para las diferentes especies de depredadores-carroñeros del conjunto FL 1-7 de la Formación Santa Cruz. Se contemplan dos condiciones de TAB para todas las especies: TAB mínima (TAB-m, columnas rojas) y TAB máxima (TAB-M, columnas verdes).

Estos resultados indican que, pese a que la energía demandada por la asociación gremial de los depredadores-carroñeros se encuentra entre la proporcionada por las presas disponibles en el intervalo de TAB-m y TAB-M, todas las especies no podrían alcanzar sus requerimientos óptimos con la biomasa máxima (TAB-M) debido a que sus perfiles de consumo no les permiten alimentarse de algunas categorías de peso en las que la carne estaría disponible. Como sugerían Croft (2006) y Vizcaíno et al. (2010), la comunidad de depredadores-carroñeros tendría un nicho sin explotar completamente, el de las grandes presas, cuando se considera la condición de máxima biomasa disponible (TAB-M) y, además, la biomasa con TAB-m no sería suficiente como para cubrir todas las demandas de carne por parte de esta comunidad. En definitiva, existiría prácticamente un equilibrio entre la biomasa ofrecida y la demandada en el ecosistema, pero faltarían depredadores-carroñeros que accediesen a las clases más altas de tamaño de presas.

Agradecimientos

Este estudio fue financiado por: Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO) del Gobierno de España (Ref. CGL2016-78577-P); programa IdEx de Burdeos "Investments for the future"; financiado por la L'Agence Nationale de la Recherche del Gobierno de Francia (ref. ANR No.-10-IDEX-03-02); con el proyecto "*Analysis of Kozarnika food webs and comparison with other Pleistocene sites of Western Europe*"; Proyectos del Fondo para la Investigación Científica y Tecnológica (FONCYT) de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (Argentina) PICT 26219 y 0143; Universidad Nacional de la Plata, Argentina, UNLP N647, PIP-CONICET 1054 y National Geographic Fundation (USA) (NSF) 8131-06; (NSF) 0851272 y (NSF) 0824546. G. Rodríguez-Gómez es contratado Juan de la Cierva-formación del Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO) del Gobierno de España.

Bibliografía

Croft, D.A., 2006. Do marsupials make good predators? Insights from predator–prey diversity ratios. Evolutionary Ecology Research, 8, 1193–1214.

Jones, K.E., Bielby, J., Cardillo, M., Fritz, S.A., O'Dell, J., Orme, C.D.L., Safi, K., Sechrest, W., Boakes, E.H., Carbone, C., Connolly, C., Cutts, M.J., Foster, J.K., Grenyer, R., Habib, M., Plaster, C.A., Price, S.A., Rigby, E.A., Rist, J., Teacher, A., Bininda-Emonds, O.R.P., Gittleman, J.L., Mace, G.M., Purvis, A., 2009. PanTHERIA: a species-level database of life history, ecology, and geography of extant and recently extinct mammals. Ecology 90, 2648.

Kay, R.F., Vizcaíno, S.F., Bargo, S., 2012. A review of the paleoenvironment and paleoecology of the Miocene Santa Cruz Formation. In: Vizcaíno, S.F., Kay, R.F., Bargo, M.S. (Eds.), Early Miocene Paleobiology in Patagonia. High-Latitude Paleocommunities of the Santa Cruz Formation." Cambridge University Press, New York, pp. 331-365.

Kissling, W.D., Dalby, L., Fljgaard, C., Lenoir, J., Sandel, B., Sandom, C., Trojelsgaard, K., Svenning, J.-C., 2014. Establishing macraecological trait datasets: digitalization, extrapolation, and validation of diet preferences in terrestrial mammals worldwide. Ecology and Evolution 4-14, 2913-2930.

Magalhães, J.P., Costa, J., 2009. A database of vertebrate longevity records and their relation to other life-history traits. Journal of EvolutionaryBiology 22, 1770-1774.

Marshall, L. G., Cifelli, R. L., 1990. Analysis of changing diversity patterns in Cenozoic. Land mammal age faunas, South America. Paleovertebrata 19, 169–210.

Prevosti, F.J., Forasiepi, A.M., Ercoli, M.D., Turazzini, G.F., 2012. Paleobiology of the mammalian carnivores (Metatheria, Sparassodonta) of the Santa Cruz Formation (late Early Miocene). In: Vizcaíno, S.F., Kay, R.F., Bargo, M.S. (Eds.), Early Miocene Paleobiology in Patagonia. High-Latitude Paleocommunities of the Santa Cruz Formation." Cambridge University Press, New York, pp. 173-193.

Rodríguez-Gómez, G., Rodríguez, J., Martín-González, J.A., Goikoetxea, I., Mateos, A., 2013. Modeling trophic resource availability for the first human settlers of Europe: the case of Atapuerca-TD6. Journal of Human Evolution 64, 645-657.

Rodríguez-Gómez, G., Martín-González, J.A., Goikoetxea, I., Mateos, A., Rodríguez, J., 2014. A new mathematical approach to model trophic dynamics of mammalian palaeocommunities. The Case of Atapuerca-TD6. In: Pardo-Igúzquiza, et al. (Eds.), Mathematics of Planet Earth. 15th Annual Conference of the International Association for Mathematical Geosciences. Springer, Madrid, pp. 739-745.

Simpson, G.G., 1980. Splendid Isolation. The Curious History of South American Mammals. New Haven, Yale University Press.

Vizcaíno, S. F., Bargo, M. S., Kay, R. F., Fariña, R. A., Giacomo, M. D., Perry, J. M. G., Prevosti, F. J., Toledo, N., Cassini, G. H., Fernicola, J. C., 2010. A baseline paleoecological study for the Santa Cruz Formation (late–early Miocene) at the Atlantic coast of Patagonia, Argentina. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology292, 507-519.

Vizcaíno, S.F., Kay, R., Bargo, M.S., 2012a. EarlyMiocene Paleobiology in Patagonia. Cambridge and New York: Cambridge UniversityPress. DOI: 10.1017/CBO9780511667381.

Vizcaíno, S.F., Fernicola, J.C., Bargo, S., 2012b. Paleobiology of the Santacrucian glyptodonts and armadillos (Xenathra, Cingulata). In: Vizcaíno, S.F., Kay, R.F., Bargo, M.S. (Eds.), Early Miocene Paleobiology in Patagonia. High-Latitude Paleocommunities of the Santa Cruz Formation." Cambridge University Press, New York, pp. 331-365.

MODELANDO LA RED TRÓFICA DE GRANDES MAMÍFEROS DE LOS YACIMIENTOS DE ORCE: RECONSTRUCCIÓN DE LAS RELACIONES DEPREDADOR-PRESA PARA EL PRIMER POBLAMIENTO HUMANO DE EUROPA OCCIDENTAL

G. Rodríguez-Gómez [1]; M. Salvador de Lara [2]; J.A. Martín-González [3] & P. Palmqvist [1]

1 Departamento de Ecología y Geología, Universidad de Málaga, Campus de Teatinos, 29071 Málaga, España.

2 University of Surrey, Guilford, United Kingdom.

3 Departamento de Matemáticas y Computación, Universidad de Burgos, Plaza Misael Bañuelos s/n, 09001 Burgos, España.

Introdicción

Muchos investigadores consideran que la carne fue un recurso trófico relevante para las primeras poblaciones de humanos que se dispersaron por Europa durante el Pleistoceno inferior (Binford, 1981, 1985; Marean, 1989; Gaudzinski & Roebroeks, 2000; Roebroeks, 2001; McNabb, 2007; Palmqvist et al., 2007; Speth, 2010). Siendo así, la disponibilidad de carne podría haber condicionado la presencia humana en los ecosistemas europeos, dada la competencia con los carnívoros por el acceso a este recurso.

Los yacimientos del Pleistoceno inferior de Orce (Cuenca de Baza, SE de España) ofrecen una oportunidad única para analizar las redes tróficas de las comunidades de grandes mamíferos antes y después de la primera llegada de los humanos a Europa Occidental. Con una datación de 1,6-1,5 millones de años (Ma) y sin evidencias contrastadas de presencia humana, el yacimiento de Venta Micena (VM) proporciona el escenario ecológico previo al poblamiento humano. Por otro lado, Fuente Nueva-3 (FN-3) y Barranco León (BL), con dataciones en torno a los 1,4 Ma, conservan las evidencias más antiguas de presencia humana en la cuenca. Además, al igual que en el caso de VM, han proporcionado una inmensa cantidad de restos de grandes mamíferos con un excelente estado de conservación. Estos restos han permitido llevar a cabo numerosos análisis tafonómicos, sobre biogeoquímica isotópica y paleobiológicos, lo que ha posibilitado contextualizar el marco ambiental de los primeros asentamientos humanos en Europa Occidental. Por esta razón, es interesante reconstruir las redes tróficas de estos yacimientos de Orce, estimando cómo pudo influir en su estructura ecológica la disponibilidad de carne.

Objetivos

En este estudio aplicamos una aproximación matemática basada en las matrices de Leslie (Rodrí-

guez-Gómez et al., 2013, 2014) a efectos de cuantificar la biomasa de grandes mamíferos disponible para la comunidad de consumidores secundarios, entre los que se incluirían los humanos en el caso de FN-3 y BL, lo que permitirá analizar el patrón de distribución de carne entre estas especies y la competencia por tales recursos, así como reconstruir la estructura de las redes tróficas en estas comunidades.

Materiales y Metodos

A partir de sus listas faunísticas (Espigares et al. 2013; Martínez-Navarro 1991; Martínez-Navarro et al. 1997; Pons-Moyá 1987; Rodríguez-Gómez et al. 2016, 2017) se realizó una reconstrucción de los paleoecosistemas de VM, FN-3 y BL. Sólo se tuvieron en cuenta las especies de más de 10 kg de masa corporal para evitar sesgos tafonómicos y porque estas especies serían las que formarían parte de la red que tendría influencia en los humanos.

El modelo utilizado determina: (1) las estructuras de población estables y estacionarias que serían sostenibles en el tiempo para cada una de las especies de presa; (2) la distribución de individuos entre categorías de tamaño corporal (10-45 kg, 45-90 kg, 90-180kg, 180-360 kg, 360-1000 kg, >1000 kg); y (3) las biomasas promedio que se podrían extraer a largo plazo de las poblaciones de presas (TAB, *Total Available Biomass*). La biomasa disponible de las presas potenciales se distribuye entre los consumidores secundarios según la demanda y las preferencias por cada presa (TDB, *Total Demanded Biomass*), lo que permite estimar las densidades sostenibles de cada población de consumidor secundario (Rodríguez-Gómez et al. 2013, 2014, 2016).

Además de estimar las poblaciones de consumidores secundarios que podrían sostener los paleoecosistemas, el modelo genera como salidas diferentes índices de competencia. Por un lado, índices a nivel de especie (SCI, *Species Competition Index*), que informan sobre cómo cada población de consumidor secundario alcanzaría los requerimientos totales de carne demandados en condiciones óptimas. Por otro lado, índices a nivel de la comunidad (GCI, *Global Competition Index;* GCIB, *Global Competition Index Biomass*), que miden el grado en el que se alcanza la densidad y biomasa óptimas para la comunidad de consumidores secundarios. Los valores de estos índices oscilan entre 0 y 1, siendo 0 el valor de competencia más bajo y 1 el más alto (es decir, con valores cercanos a 0 se está más próximo a alcanzar los valores de población y comunidad óptimos).

A partir de los flujos de materia establecidos para las paleocomunidades, se reconstruye la arquitectura de la red trófica según el sentido y la cantidad de materia en cada interacción de la red. Para ello se utiliza el programa informático *Cytoscape*, un software diseñado para el análisis de redes complejas.

Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos para los yacimientos de Orce indican que tanto la oferta como la demanda de biomasa para los consumidores secundarios eran mayores en VM que en FN-3 y BL, siendo la TAB más de un 25%, mayor tanto con TAB-m como con TAB-M, y la TDB más de un 10% superior (Tabla 1). Los índices de competencia sugieren que la intensidad de la competencia en la comunidad de carnívoros en VM era menor que en la de FN-3 y BL, donde aparecen los humanos como consumidores secundarios. Esto nos llevó a defender que, si los humanos no alcanzaron Europa Occidental en una cronología anterior, como la del yacimiento de VM, no se debió a la alta competencia por los recursos cárnicos, puesto que en FN-3 y BL dicha competencia fue mayor y sin embargo los humanos estaban presentes (Rodríguez-Gómez et al., 2017).

	VM	FN-3 – BL
TAB-m	578.417	410.914
TAB-M	783.847	578.514
TDB	1.205.940	1.051.606
GCI-m	0,39	0,57
GCI-M	0,28	0,51
GCIB-m	0,48	0,58
GCIB-M	0,32	0,45

Tabla 1. Valores de diferentes índices usados en el análisis de los paleoecosistemas de Venta Micena (VM), Fuente Nueva-3 (FN-3) y Barranco León (BL): mínima y máxima biomasa total disponible (TAB-m y TAB-M, respectivamente); biomasa total demandada (TDB); índice de competencia global (GCI) con TAB-m (GCI-m); índice de competencia global (GCI) con TAB-M (GCI-M); índice de competencia global-biomasa (GCIB) con TAB-m (GCIB-m); índice de competencia global-biomasa (GCIB) con TAB-M (GCIB-M).

A partir de los flujos de materia establecidos por los análisis cuantitativos de las paleocomunidades de Orce se reconstruyeron las estructuras de sus redes tróficas (Fig. 1), lo que permitió su análisis como en los estudios de ecosistemas actuales (Dunne, 2009). La arquitectura de las redes tróficas se traza según la fortaleza de las uniones entre los taxa. Cuanto mayor flujo de carne haya entre una presa y un depredador ambos aparecerán más próximos, mientras que cuanto menor sea la interacción mayor distancia habrá entre ellos. Se observa que las redes de ambos paleoecosistemas presentan una estructura similar, aunque la homogeneidad de la red en VM es mayor que en BL y

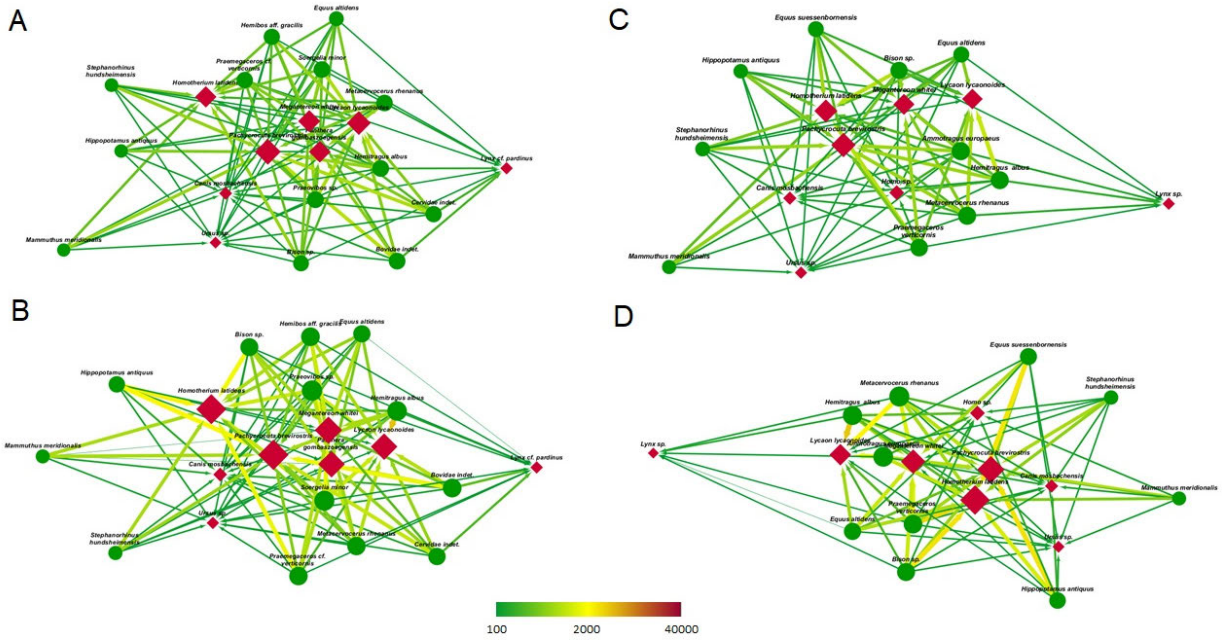

Figura 1. Representación gráfica de las redes tróficas de grandes mamíferos de Venta Micena (A y B) y de Barranco León y Fuente Nueva-3 (C y D), con el flujo de carne entre las especies de presas (círculos verdes) y los depredadores (rombos rojos) en cada yacimiento y condición. El flujo de carne se expresa en kilocalorías por kilómetro cuadrado y año (kcal/km^2*año). Las figuras 1A y 1C muestran las redes con condiciones de mínima biomasa disponible para los consumidores secundarios, cuando se contempla la máxima mortalidad subadulta, mientras que las figuras 1B y 1D muestran las condiciones de máxima biomasa disponible, con la mínima mortalidad subadulta.

FN-3; es decir, la participación de las especies es más homogénea en el primer paleoecosistema que en el segundo. VM muestra una mayor cantidad de interacciones promedio, con un porcentaje menor de depredadores que en BL y FN-3. En ambos paleoecosistemas se observa que las especies con una participación más marginal en la red son el lince y el mamut, siendo el papel del último más residual en VM y el del primero en BL y FN-3. Las especies de presa con más peso en las redes son *Bison* sp., *Equus altidens*, *Hemitragus albus*, *Metacervocerus rhenanus* y *Praemegaceros* cf. *verticornis*. Entre los depredadores, las especies con mayor peso en la atracción de biomasa en ambas estructuras son *Canis mosbachensis*, *Megantereon whitei*, *Pachycrocuta brevirostris*, *Panthera gombaszoegensis* y *Ursus* sp. El humano en BL y FN-3 tendría un papel en la estructura de la red similar al de los consumidores secundarios con más peso en la estructura, por encima del de *Lycaon lycaonoides* y del de *Lynx* sp.

Agradecimientos

Este estudio ha sido financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO) del Gobierno de España (Ref. CGL2016-78577-P) y el programa IdEx de Burdeos "Investments for the future", financiado por la L'Agence Nationale de la Recherche del Gobierno de Francia (ref. ANR No.-10-IDEX-03-02) en el seno del proyecto "*Analysis of Kozarnika food webs and comparison with other Pleistocene sites of Western Europe*". G. Rodríguez-Gómez es contratado Juan de la Cierva-formación del MINECO.

Bibliografía

Binford, L.R., 1981. Bones. Ancient Men and Modern Myths. Academic Press, Orlando, FL.

Binford, L.R., 1985. Human ancestors: changing views of their behavior. J. Anthropol. Archaeol. 4, 292–327.

Dunne, J. A., 2009. Food Webs. Encyclopedia of Complexity and Systems Science. R. A. Meyers. New York. Springer, 3661-3682.

Gaudzinski, S., Roebroeks, W., 2000. Adults only. Reindeer hunting at the Middle Palaeolithic site Salzgitter Lebenstedt, northern Germany. J. Hum. Evol. 38, 497–521.

Marean, C.W., 1989. Sabertooth cats and their relevance for early hominid diet and evolution. J. Hum. Evol. 18, 559–582.

Martínez-Navarro, B., 1991. Revisión sistemática y estudio cuantitativo de la fauna de macromamíferos del yacimiento de Venta Micena (Orce, Granada). Ph.D. Thesis Dissertation. Autonomous University of Barcelona.

Martínez-Navarro, B., Turq, A., Ballester, J.A., Oms, O., 1997. Fuente Nueva-3 (Orce, Granada, Spain) and the first human occupation of Europe. J. Hum. Evol. 33, 611-620.

McNabb, J., 2007. 1.9 MYR-300,000 years ago in Europe. In: Elias, S.A., (Ed.), Encyclopedia of Quaternary Science. Elsevier, Amsterdam, pp. 89–98.

Palmqvist, P., Martínez-Navarro, B., Toro, I., Espigares, M.P., Ros-Montoya, S., Torregrosa, V., Pérez-Claros, J.A., 2005. Réévaluation de la présence humaine au Pléistocène inférieur dans le Sud de l'Espagne. L'Anthropologie 109, 411-450.

Palmqvist, P., Torregrosa, V., Pérez-Claros, J.A., Martínez-Navarro, B., Turner, A., 2007. A re-evaluation of the diversity of Megantereon (Mammalia, Carnivora, Machairodontinae) and the problem of species identification in extinct carnivores. J. Vert. Paleontol. 27, 160-175.

Pons-Moyá, J., 1987. Los carnívoros (Mammalia) de Venta Micena (Granada, España). Paleontol. i Evolució, Memòria Espec. 1, 109-127.

Rodríguez-Gómez, G., Rodríguez, J., Martín-González, J.A., Goikoetxea, I., Mateos, A., 2013. Modeling trophic resource availability for the first human settlers of Europe: the case of Atapuerca-TD6. J. Hum. Evol. 64, 645-657.

Rodríguez-Gómez, G., Martín-González, J.A., Goikoetxea, I., Mateos, A., Rodríguez, J., 2014. A new mathematical approach to model trophic dynamics of mammalianpalaeocommunities. The Case of Atapuerca-TD6. In: Pardo-Igúzquiza, et al. (Eds.), Mathematics of Planet Earth. 15th Annual Conference of the International Association for Mathematical Geosciences. Springer, Madrid, pp. 739-745.

Rodríguez-Gómez, G., Palmqvist, P., Ros-Montoya, S., Espigares, M.P., Martínez-Navarro, B., 2017b. Resource availability and competition intensity in the carnivore guild of the Early Pleistocene site of Venta Micena (Orce, Baza Basin, SE Spain). Quat. Sci. Rev. 164, 154–167.

Roebroeks, W., 2001. Hominid behaviour and the earliest occupation of Europe: an exploration. J. Hum. Evol. 41, 437–461.

Ros Montoya, S., 2010. Los Proboscídeos del Plio-Pleistoceno de las Cuencas de Guadix-Baza y Granada. Ph.D. Dissertation University of Granada (Spain), p. 403.

Speth, J.D., 2010. The Paleoanthropology and Archaeology of Big-Game Hunting. Springer, New York.

RECUPERACIÓN TRAS LA CRISIS: EL ANÁLISIS ICNOLÓGICO CLAVE PARA EVALUAR EL EVENTO DE EXTINCIÓN DEL LÍMITE CRETÁCICO/PALEÓGENO

F. J. Rodríguez-Tovar

Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, Granada 18002, España; fjrtovar@ugr.es

Introducción

El evento de extinción del límite Cretácico/Paleógeno (K/Pg), acaecido hace unos 66.0 Ma (Renne et al., 2013), es el más estudiado de los cinco grandes eventos de extinción ocurridos a lo largo del Fanerozoico. Actualmente existe un consenso generalizado sobre el origen de este evento de extinción en relación con el impacto de un asteroide en la costa norte de la península de Yucatán, parte sur del Golfo de México, que dio lugar al cráter de Chicxulub. El impacto provocó importantes cambios ambientales, a escala local-regional y global. Asociado a este evento se produjo la extinción del 76% de las especies que vivían en ese momento sobre la Tierra, siendo, por tanto, esencial en la posterior historia evolutiva y ecológica de la biota marina y continental (Schulte *et al*., 2010).

En 2016, la Expedición Oceanográfica 364 auspiciada por el *International Ocean Discovery Program* (IODP) y el *International Continental Scientific Drilling Project* (ICDP) perforó el cráter de Chicxulub (Morgan *et al*., 2016, 2017). Se recuperaron aproximadamente 1.335 m (Site M0077) de material inmediatamente posterior al impacto, incluyendo los sedimentos del límite Cretácico/Paleógeno y del Paleógeno basal (sondeo 40-1), lo que supone un registro continuo desde el límite.

El análisis icnológico se ha revelado de gran utilidad para interpretar cambios ambientales ocurridos en el pasado, sobre la base de la incidencia de estos en el comportamiento de los organismos bioturbadores. En los últimos años el estudio de las trazas fósiles ha sido una herramienta clave para abordar aquellos cambios asociados a extinciones en masa de diferente orden, con especial atención al límite Cretácico/Paleógeno (Rodríguez-Tovar and Uchman, 2004a, 2004b, 2006, 2008; Rodríguez-Tovar *et al*., 2004, 2006, 2011, 2016; Rodríguez-Tovar, 2005; Alegret *et al*., 2015, Monaco *et al*., 2015; Labandeira *et al*., 2016; Łaska *et al*., 2017; Lowery *et al*., 2018).

El objetivo de esta investigación es caracterizar la respuesta al impacto de la comunidad macrobentónica bioturbadora, el proceso de extinción, los primeros momentos de recuperación y el restablecimiento de la misma, sobre la base del análisis icnológico detallado de los sedimentos del Paleógeno temprano procedentes del Site M0077.

Icnología del límite K/Pg

Investigaciones previas han revelado la comparativamente menor incidencia del impacto asociado al límite K/Pg en la comunidad macrobentónica bioturbadora, con ausencia de extinciones significativas, aunque con cambios en la diversidad, abundancia e incluso adaptaciones en el comportamiento de los organismos y cambios paleobiológicos. En concreto, se ha revelado la colonización de substratos altamente contaminados representados por la capa del límite y la rápida recuperación inicial tras los cambios paleoambientales asociados al impacto (Rodríguez-Tovar and Uchman, 2004, 2006, 2008; Rodríguez-Tovar, 2005; Labandeira *et al*., 2016). El análisis icnológico de secciones marinas distales del K/Pg ha puesto de manifiesto la existencia de una icnoasociación relativamente diversa, compuesta principalmente por *Chondrites*, *Zoophycos*, *Planolites*, y *Thalassinoides*, con frecuentes *Alcyonidiopsis* y *Trichichnus*, localizada en los sedimentos justo por encima de la capa del límite. Esta icnoasociación caracteriza una comunidad de bioturbadores bien desarrollada en diferentes niveles sobre y en el interior del sedimento, adscrita a la icnofacies de *Zoophycos* (Labandeira *et al*., 2016). Sin embargo, no existen estudios icnológicos que aborden el desarrollo de la comunidad tras la primera fase de recuperación, durante el Paleoceno temprano.

Recuperación de la vida tras el impacto en el cráter de Chicxulub

Estudios icnológicos preliminares llevados a cabo en los sedimentos procedentes de la Expedición 364 del IODP, confirmaron la menor incidencia del impacto y la rápida recuperación inicial, incluso en la zona del impacto. La integración de datos geoquímicos, micropaleontológicos e icnológicos permitió estimar la rapidez, en torno a los pocos años, de la aparición de la vida en el cráter de Chicxulub (Lowery *et al*., 2018). En concreto, bioturbaciones discretas, incluyendo *Planolites* y *Chondrites*, se localizan en los 20 cm superiores de la Unidad Transicional, con un aumento en la diversidad y abundancia, incluyendo la primera aparición de *Palaeophycus*, en la base de la caliza que hay encima, indicando una rápida recuperación inicial y el establecimiento de una comunidad macrobentónica primaria a ~30 ka después del impacto.

Evolución de la comunidad macrobentónica bioturbadora tras el impacto

Un aspecto significativo en esta icnoasociación inicial, desarrollada durante los primeros 30 ka en el área de Chicxulub, es la ausencia de *Zoophycos*, uno de los icnotaxones frecuentes registrados en otras secciones del K/Pg. Este hecho revela que durante estos primeros 30 ka aún no había tenido lugar el restablecimiento completo de la comunidad macrobentónica bioturbadora. Sobre esta base, el estudio icnológico detallado, incluyendo el análisis de icnofábricas, de los sedimentos del Paleoceno post-impacto se revela clave para: caracterizar la variación de la icnodiversidad desde las fases iniciales de recuperación, establecer la evolución de la comunidad macrobentónica bioturbadora y evaluar el tiempo invertido en el restablecimiento de la misma. Se han diferenciado varias fases en la evolución de la comunidad macrobentónica tras el impacto en el área de Chicxulub:

Como se interpretó en el estudio preliminar, durante los primeros 30 ka tras el impacto tiene lugar una rápida recuperación (Fase de Recuperación Inicial), comenzando con el registro de pequeñas

trazas de *Planolites*.

A esta fase le sigue una primera fase de diversificación (Fase de Diversificación I) caracterizada por la mayor diversidad, abundancia y tamaño de las estructuras, que tiene lugar en torno a los 30 ka. En ese momento se establece una comunidad bien desarrollada que consta de organismos productores de *Planolites*, *Chondrites* y *Palaeophycus*, así como de infauna somera indeterminada que genera una textura moteada en el sedimento. La comunidad está dominada por organismos que ocupan la superficie y los primeros centímetros del interior del sedimento (niveles someros y medios).

Tras esta fase tiene lugar un período prolongado de estabilización de la comunidad (Fase de Estabilización), en el que se mantiene la diversidad (*Planolites*, *Chondrites* and *Palaeophycus*), acompañada de un incremento en la abundancia de trazas, y una generalizada textura moteada. Fluctuaciones menores en algunos parámetros ambientales, como oxigenación y nutrientes, pueden determinar cambios en la abundancia relativa entre los productores de trazas y, por tanto, variaciones en la traza dominante (*Planolites* vs *Chondrites*). El incremento sostenido durante este intervalo en la abundancia y tamaño de las trazas refleja el progresivo desarrollo de una comunidad estable en respuesta a condiciones ambientales favorables y constantes.

Después de esta prolongada fase de estabilización tiene lugar una nueva fase de diversificación (Fase de Diversificación II), caracterizada por la brusca aparición de *Zoophycos*.

A partir de este momento se registran los valores más altos de diversidad (*Zoophycos, Chondrites Planolites*, y *Palaeophycus*), abundancia y tamaño de las estructuras. La comunidad macrobentónica bioturbadora se mantiene así hasta el techo del intervalo estudiado, con el dominio del productor de *Zoophycos* (Fase de Consolidación/Dominancia). En este momento se puede interpretar el completo restablecimiento de la comunidad macrobentónica bioturbadora, que ocupa todos los niveles sobre y en el interior del substrato (someros, medios y profundos), asignada a las icnofacies de *Zoophycos*.

Agradecimientos

Esta investigación ha utilizado muestras y datos procedentes del IODP. La campaña 364 fue posible gracias al apoyo económico del *European Consortium for Ocean Research Drilling* (ECORD) y del ICDP. La investigación ha sido financiada por el Proyecto CGL2015-66835-P (Secretaría de Estado de I+D+I, España).

Bibliografía

Alegret, L., Rodríguez-Tovar, F.J., Uchman, A., 2015. How bioturbation obscured the Cretaceous-Palaeogene boundary record. Terra Nova 27, 225–230.

Labandeira, C.C., Rodríguez-Tovar, F.J., Uchman, A., 2016. The End-Cretaceous Extinction and Ecosystem Change. In: Mángano, G.M., Buatois, L. (Eds.), The Trace-Fossil Record of Major Evolutionary Events. Topics in Geobiology 40. Springer, Dordrecht, pp. 265–300.

Łaska, W., Rodríguez-Tovar, F.J., Uchman, A., 2017. Evaluating macrobenthic response to the Cretaceous-Palaeogene event: a high-resolution ichnological approach at the Agost section (SE Spain). Cretaceous Research 70, 96–110.

Lowery, C.M., et al., 2018. Rapid recovery of life at ground zero of the end-Cretaceous mass extinction. Nature 558, 288–291.

Monaco, P., Rodríguez-Tovar, F.J., Uchman, A., 2015. A delayed response of the trace fossil community at the Cretaceous-Paleogene boundary in the Bottaccione section, Gubbio, Central Italy. Geobios 48, 137–145.

Morgan, J.V et al. 2016. The formation of peak rings in large impact craters, Science 354, 878–882.

Morgan, J.V. et al. 2017. *Chicxulub: Drilling the K-Pg Impact Crater*. Proceedings of the International Ocean Discovery Program, 364 International Ocean Discovery Program, Col-

lege Station, TX, doi: 10.14379/iodp.proc.364.2017.

Renne, P.R. et al. 2013. Time scales of critical events around the Cretaceous-Paleogene Boundary, Science 339, 684–687.

Rodríguez-Tovar, F.J., 2005. Fe-oxide spherules infilling Thalassinoides burrows at the Cretaceous-Paleogene (K-Pg) boundary: evidence of a near contemporaneous macrobenthic colonization during the K-Pg event. Geology 33, 585–588.

Rodríguez-Tovar, F.J., Uchman, A., 2004a. Trace fossils after the K-T boundary event from the Agost section, SE Spain. Geological Magazine 141, 429–440.

Rodríguez-Tovar, F.J., Uchman, A., 2004b. Ichnotaxonomic analysis of the Cretaceous/ Palaeogene boundary interval in the Agost section, south east Spain. Cretaceous Research 25, 647–655.

Rodríguez-Tovar, F.J., Uchman, A., 2006. Ichnological analysis of the Cretaceous- Palaeogene boundary interval at the Caravaca section, SE Spain. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 242, 313–325.

Rodríguez-Tovar, F.J., Uchman, A., 2008. Bioturbational disturbance of the Cretaceous- Palaeogene (K-Pg) boundary layer: implications for the interpretation of the K-Pg boundary impact event. Geobios 41, 661–667.

Rodríguez-Tovar, F.J., Martínez-Ruiz, F., Bernasconi, S.M., 2004. Carbon isotope evidence of the Cretaceous-Palaeogene macrobenthic colonization at the Agost section (southeast Spain). Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 203, 65–72.

Rodríguez-Tovar, F.J., Martínez-Ruiz, F., Bernasconi, S.M., 2006. Use of high resolution ichnological and stable isotope data for assessing completeness of the K-Pg boundary section, Agost, Spain. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 237, 137–146.

Rodríguez-Tovar, F.J., Uchman, A., Orue-Etxebarria, X., Apellaniz, E., Baceta, J.I., 2011. Ichnological analysis of the Bidart and Sopelana Cretaceous/Paleogene (K/Pg) boundary sections (Basque Basin, W Pyrenees): refining eco-sedimentary environment. Sedimentary Geology 234, 42–55.

Rodríguez-Tovar, F.J., Uchman, A., M'Hamdi, A., Riahi, S., Ismail-Lattrache, K.B., 2016. Ichnological record of palaeoenvironment from the Cretaceous-Paleogene boundary interval at El Kef, Tunisia: the first study of old and new sections at the stratotype area. Journal of African Earth Sciences 120, 23–30.

Schulte, P. et al. 2010. The Chicxulub asteroid impact and mass extinction at the Cretaceous-Paleogene boundary. Science 327, 1214–1218.

PRIMER REGISTRO DE MAMÍFEROS TERRESTRES EN EL MIOCENO DEL SUROESTE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

R. Roldán[1], I. Bajo[2], J. Cárdenas[2], B. Martínez-Navarro[3,4,5], M.V. Maestre[2], D. Cristel Gómez Montblanch[6], M. Abad[7] & M.T. Alberdi[8]

1 C/ Las Tiendas n.º 12, 2º, 41500 Lucena (Córdoba). paleoalcala@gmail.com

2 Museo de la Ciudad. Área de Paleontología. C/Juez Pérez Díaz S/N. 41500 Alcalá de Guadaíra (Sevilla). paleoalcala@gmail.com

3Institut Catala de Paleoecologia Humana i Evolucio Social, Campus Sescelades, Edio Social, Campus Sescelades, Edicicio W3, 43007 Tarragona, España.

4 Departament d"Història i Geografia, Campus Catalunya URV, Avda. Catalunya, 43002, Tarragona, Spain

5 ICREA, Pg. Lluís Companys 23, 08010, Barcelona, Spain. bienvenido.martinez@icrea.cat

6 Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional. Universidad de Sevilla. C/Doña María de Padilla S/N, 41004, Sevilla. davidcristel@gmail.com

7 Universidad de Atacama, Acv. Copayapu 485, Campus UDA, Copiapó (Chile). manuel.abad@uda.cl

8 Museo Nacional de Ciencias Naturales, C/ José Gutiérrez Abascal 2, 28006 Madrid. mcnaa3j@mncn.csic.es

Introducción

Los yacimientos con vertebrados continentales de edad Turoliense, equivalente *grosso modo* a la parte alta del Mioceno superior marino (Tortoniense-Messiniense), son abundantes en el registro español, destacando los de la Fosa de Teruel, Los Mansuetos**,** Los Aguanaces, Concud, Rambla de Valdecebro y Los Algezares (Alcalá 1994). En el resto de España, el Turoliense se encuentra representado en las cuencas del Vallès-Penedès (Piera) (Agustí *et al.* 1985; Santafé y Casanovas 1982), Crevillente (Crevillente 2) (Alcalá y Montoya 1990) y Fortuna, en Murcia (Agustí et al., 1986).

Por el contrario, la localización de restos de vertebrados terrestres en facies marinas es poco frecuente en el Neógeno y su presencia se limita al Plioceno (Jiménez de Cisneros 1908, Sendra et al., 1992, Montoya et al., 2001). En este trabajo se describe, por primera vez, la presencia de fósiles de mamíferos continentales en depósitos deltaicos y marinos someros en el Mioceno superior de la Cuenca del Guadalquivir.

Contexto Geológico y estratigráfico

La zona de estudio se sitúa en Las Pajanosas, término municipal de Guillena (Sevilla). Esta zona forma parte del borde septentrional de la Cuenca del Guadalquivir, que actuó como margen pasivo sometido a flexión al final del Mioceno superior y que separa los materiales mesozoicos y paleozoicos de dicha Cuenca (González Delgado et al., 2004). Rico-Garcia et al. (2006) establecen en esta zona una edad Tortoniense superior, entre los eventos PF1 y PF2 de Delgado et al. (2004), entre el cron C4n1r y C3Br.2n. Durante la transgresión Tortoniense se produjo una expansión de los sistemas sedimentarios del Complejo Basal Transgresivo (Abad, 2007). El paleorrelive pre-cenozoico del borde ejerció un marcado control sobre la evolución sedimentaria de dichos sistemas. A lo largo de este borde, los sistemas

deltaicos se interdigitan con las áreas de sedimentación marina de naturaleza carbonatada y mixta (Borrego, 1986; Baceta y Pendón, 1999; Abad, 2007).

La serie estudiada en este sector presenta, de muro a techo, los siguientes tramos:

Tramo I: 2 m de arenas groseras limosas no seleccionadas, con abundantes niveles de óxidos.
Tramo II: 3 m de arenas limosas de grano medio beige-verdosas, con niveles de óxido y laminación paralela.
Tramo III: 12 m de arenas groseras limosas, con presencia de abundantes cantos redondeados heterométricos de 1-4 cm, menos abundantes a techo. Presenta laminación paralela.
Tramo IV: 3 m de calcarenitas limosas color beige, con abundantes ostréidos.
Tramo V: 1 m de limos arenosos, con presencia de abundantes restos de ostréidos y balánidos, en general poco bioturbados.
Tramo VI: 2 m de conglomerados y microconglomerados poligénicos, matriz-soportados, con clastos predominantemente angulosos y sub-angulosos, sobre todo de pizarras procedentes del desmantelamiento de los relieves cercanos del Devónico inferior. No presentan ordenamiento interno. Son abundantes los bioclastos, básicamente compuestos por *Balanus* sp. y *Crassotrea* sp., fragmentados y desgastados, con presencia ocasional de ejemplares completos, fracturados, pero sin desplazamiento. Las perforaciones en estos ejemplares son frecuentes (*Gastrochaenolites* isp*, Entobia* isp.). La colonización por parte de organismos bioincrustantes también es intensa, básicamente debida a *Balanus* sp. Se debe destacar en este tramo la presencia de varios molares aislados de *Hipparion*, así como varios fragmentos óseos sin determinar.
Tramo VII: 6 m de calcirruditas, con presencia de clastos de pequeño tamaño (1-2 cm). Los fósiles en este tramo son abundantes, principalmente los moluscos, los cuales se presentan en estado de molde salvo los de géneros de conchas calcíticas. Entre ellos destacan: *Glycymeris* sp., *Talochlamys multistriata*, *Pododesmus patelliformis*, *Sacostrea virleti*, *Crassostrea gryphoides*, *Spondylus crassicosta Arcopagia ventricosa*, *Cardium inducum*, *Pelecyora gigas*, *Peronaea planata Panopea glycymeris*, *Natica* sp., *Nerita plutonica*, y *Ficus* sp. También son abundante los cirrípedos como *Balanus* sp, y, de manera más esporádica, aparecen ejemplares de equinodermos (*Clypeaster portentosus*). Todos ellos pueden presentar perforaciones por *Gastrochaenolites* isp. y *Entobia* isp. En este tramo se han localizados los restos de los vertebrados objeto del presente estudio (*Hipparion* sp. y Cervidae indet.).
Tramo VIII: 6 m de calcarenitas blanquecinas, con presencia de *Clypeaster portentosus* en posición natural, junto a abundantes *Heterostegina*. La bioturbación es intensa hacia el techo, donde también son abundantes los moldes de moluscos junto a restos oxidados de vegetales. Se han identificado algunos moluscos como *Callista italica* y *Flabellipecten solarium*.

Fauna de mamíferos terrestres fósiles

El material recolectado actualmente en estudio, corresponde a varios ejemplares de mamíferos terrestres. El material, identificado como del género *Hipparion*, corresponde a una especie de tamaño grande y, al menos a dos individuos, siendo el primero un ejemplar juvenil representado por una pieza dentaria constituida por un germen molariforme del maxilar izquierdo. EI resto de material asignado a este género, que podría corresponder a un único individuo, lo constituye un fragmento de maxilar derecho mal preservado con tres piezas dentarias P2/, P3/ y P4/ en muy buen estado de conservación, y otras dos piezas dentarias mandibulares aisladas. También se han hallado los restos postcraneales de un esqueleto compuestos por las epífisis distales de un radio-ulna y de fémur izquierdo, y diversos fragmentos óseos aún por identificar.

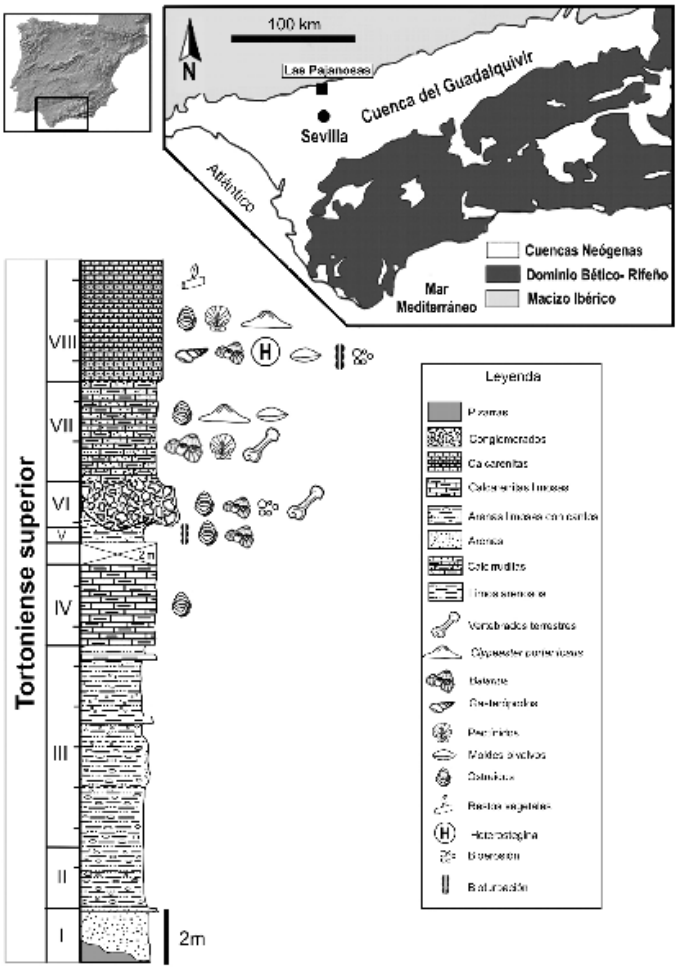

Figura 1. Localización geológica y columna litoestratigráfica del afloramiento estudiado

Destaca un gran bloque de calcirrudita en la que se conserva un conjunto de cinco vertebras dorsales y numerosos fragmentos de costillas, agrupados y próximos a su posición anatómica, que también se ha asignado a *Hipparion* sp. El resto del material está representado por un premolar inferior bien conservado y carente de raíz, perteneciente a la familia Cervidae.

Consideraciones Paleoambientales y tafonómicas

En el margen Norte de la cuenca se registra una primera etapa evolutiva en el Tortoniense medio/superior en que se instalan una serie de dispositivos deltaicos (probablemente bajo condiciones climáticas húmedas y cálidas) y que aportaban un gran volumen de sedimentos a la cuenca en un contexto de ascenso del nivel marino (Abad, 2007). La serie descrita refleja un proceso de somerización desde facies marinas someras/prodelta (tramo I a V) a facies de playa y de frente deltaico proximal (tramos VI y VII), interrumpida por un pulso de profundización brusco registrado por la presencia de calcarenitas con *Heterostegina* (Tramo VIII). En este contexto, durante episodios de lluvias intensas, se producían crecidas e inundaciones en los sistemas fluviales, que arrastraban materiales detríticos procedentes de los relieves cercanos y, en ocasiones, podían incluir cadáveres de grandes mamíferos continentales, transportándolos hasta las zonas de desembocadura, donde se mezclaban con los sedimentos marinos. El es-

tado tafonómico y el contexto sedimentológico descrito indican que los restos de vertebrados fueron incorporados a estos flujos de alta densidad y que experimentaron un rápido enterramiento en zonas marinas someras, lo que impidió su remoción posterior por acción del oleaje, corrientes, u organismos carroñeros.

Conclusiones

Se describe por primera vez la presencia de mamíferos terrestres en el Mioceno del SO de la Península Ibérica. Se registran los restos de, al menos, dos individuos de *Hipparion* sp., así como un ejemplar de Cervidae indet., en los afloramientos de Las Pajanosas (Sevilla). Dichos ejemplares fueron transportados desde zonas continentales por flujos de alta densidad y depositados en la zona próxima a la desembocadura, muy probablemente en momentos de grandes precipitaciones e inundaciones que afectaron a este sector del margen norte de la cuenca durante el Tortoniense superior. Este trabajo constituye una importante aportación a la correlación entre los pisos continentales y marinos en la Península Ibérica.

Agradecimientos

Los autores agradecen la ayuda prestada en este trabajo a los doctores Plinio Montoya, Jorge Morales, María Teresa Alberdi, Jordí Agustí e Ildefonso Armenteros, así como a D. Joaquín Sendra, y D. José Rodríguez Díaz. BMN está financiado por el proyecto MINECO CGL2016-80975-P, y por el grupo de investigación de la Generalitat de Catalunya GENCAT 2017SGR 859.

Bibliografía

Abad de Los Santos, M. 2007. La transgresión Tortoniense en el margen pasivo de la cuenca del Guadalquivir: respuesta estratigráfica e implicaciones paleontológicas. Tesis doctoral, Universidad de Huelva. 510 pp.

Agustí, J.1986. Nouvelles espèces de cricetidés vicariantes dans le Turolien moyen de Fortuna (prov. Murcia, Espagne). *Geobios*, vol. 19, n.º 1, 1986, pp. 5-11.

Agustí, J.; Cabrera, L; Moya-Sola, S.1985. Sinopsis estratigráfica del Neógeno de la fosa del Vallès Penedès. *Paleontologia i Evolució*, vol. 18, 195, pp. 57-84.

Alcalá Martínez, L. 1994. Macromamíferos neógenos de la fosa de Alfambra-Teruel. Teruel: Museo Nacional de Ciencias Naturales, 1994.

Alcalá, L.; Montoya, P. 1990. Las faunas de macromamíferos del Turoliense inferior español. *Paleontologia Evolució*, vol. 23, pp. 111-119.

Baceta, J.I. y Pendón, J.G., 1999. Estratigrafía y arquitectura de facies de la Formación Niebla, Neógeno superior, sector occidental de la cuenca del Guadalquivir. *Rev. Soc. Geol. España* 12, pp. 419-438.

Borrego, J., 1986. Sedimentación neógena en el borde septentrional de la Depresión del Guadalquivir, Sector de Aznalcollar (Sevilla). Tesis de Licenciatura. Universidad de Sevilla, Sevilla (inédita), 154 pp.

González-Delgado J.A. (coord), Civis, J., Dabrio, C.J., Goy, J.L., Ledesma, S., Pais, Sierro, F.J. y Zazo, C. (2004) Cuenca del Guadalquivir. En *Geología de España* (J.A. Vera Ed.), SGE-IGME, Madrid, pp 543-550.

Jiménez de Cisneros. D. 1908. Excursiones por el S y SW de la provincia de Alicante. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*. 8. 193-208.

Montoya, P.; Morales, J. y Sendra, J. 2001. Una mandíbula de *Lynx issiodorensis* (Croizet y Jobert, 1828) (Carnívora, Mammalia) en el Plioceno inferior de Cuevas de Almanzora (Almería, España). *Revista Española de Paleontología*, nº extraordinario octubre 2001, pp125-131.

Rico-García, A., Cárdenas Carretero, J., González Delgado, J.A., Civis, J., 2006, Estudio paleontológico preliminar del Tortoniense superior de "Las Pajanosas" (Sevilla, Cuenca del Guadalquivir). *Geogaceta,* 39, pp. 143-146.

Santafé, J. V.; Casanovas, M. L. 1982. Los Rinoceróntidos (Mammalia, Perissodactyla) del Turoliense del Penedés (Piera, Barcelona). *Butlletí Informatiu de l'Institut de Paleontologia de Sabadell*, vol. 14, 1982, pp. 39-47.

Sendra, J 1992. Aporte al conocimiento de la fauna vertebrada del Terciario del Sureste Peninsular. *Resúmenes de las VIII Jornadas de Paleontología*, pag. 149.

UNA SEMANA CULTURAL SOBRE DINOSAURIOS EN EDUCACIÓN INFANTIL Y PRIMARIA COMO EXPERIENCIA EDUCATIVA

R. Royo-Torres, A. Cobos & L. Alcalá

Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis. Avenida de Sagunto s/n Edificio Dinópolis, 44002 Teruel. royo@dinopolis.com; cobos@dinopolis.com; alcala@dinopolis.com

La investigación paleontológica de la Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis (FCPTD) se ha transferido a la sociedad de diversas maneras durante los últimos 20 años. La principal es a través de las exposiciones y programas públicos del parque paleontológico Dinópolis. Una segunda forma consiste en difundir los resultados, mediante una adaptación de los contenidos, a través de los medios de comunicación y/o redes sociales. Una tercera vía se plasma en las acciones museográficas que se realizan en los propios yacimientos paleontológicos (Cobos y Alcalá, 2018), utilizados como recursos educativos además de geoturísticos. Por último, para transmitir la ciencia paleontológica, también se desarrollan otras actividades como talleres y/o conferencias (Alcalá et al., 2010). La trayectoria de la FCPTD es muy amplia en la programación y ejecución de experiencias en el ámbito de la enseñanza, tanto en las aulas como también en el campo. Algunos ejemplos son el proyecto *e-dino*, cofinanciado por la FECYT (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología), que permitió implicar en talleres de paleontología en sus propias aulas a más de 30.000 estudiantes de diversas provincias durante los años 2009 a 2012, los talleres de paleontología impartidos en las propias instalaciones de Dinópolis-Teruel (especialmente adaptados a cada etapa educativa) y, finalmente, las actividades que se desarrollan en el campo: Geolodía, DINOtour con el paleontólogo, Día Internacional de los Museos, cursos universitarios como el de "Paleontología y Desarrollo" de la Universidad de Verano de Teruel (Universidad de Zaragoza) o colaboraciones con el Máster de Paleontología Avanzada de la Universidad Complutense de Madrid, entre otros. El objetivo principal de estas actividades trata de abordar una adecuada transposición didáctica de los resultados publicados en revistas científicas para trasladarlos a la sociedad educativa en general. Así, los conceptos y contenidos se adaptan para Educación Infantil, Primaria, Secundaria y para el ámbito universitario, diferenciando también entre el mensaje dirigido a estudiantes de

geología/paleontología con respecto a los de otros grados.

En este trabajo se expone una actividad llevada a cabo en colaboración con la Asociación de Madres y Padres de Alumnos/as del colegio de Educación Infantil y Primaria (CEIP) La Fuenfresca (Teruel) en el que la enseñanza de los dinosaurios de la provincia de Teruel protagonizó una semana cultural. Este tema despierta un alto grado de interés en los más pequeños, pero no forma parte del saber enseñar en los libros ni en los programas reglados (Mampel et al., 2015), a pesar de que es muy demandado en estas edades. Este proyecto pretendía suplir esta carencia y observar los resultados obtenidos. La actividad incluyó un trabajo previo durante el mes anterior a la semana cultural. En horario escolar, un paleontólogo de la FCPTD impartió charlas a todos los alumnos, adaptadas al currículo de cada curso, sobre la temática que debían trabajar posteriormente. Al mismo tiempo se donaron a la biblioteca del centro los libros divulgativos de temática paleontológica que edita la FCPTD (serie *¡Fundamental!*), para que los alumnos pudieran buscar información complementaria. Además, se colaboró en una sección especial de la biblioteca del centro ordenando todos los libros que ya tenían sobre paleontología y dinosaurios.

Durante la semana cultural los elementos principales de trabajo fueron los dinosaurios, pero a la vez se aprovechó la transversalidad (Pujol, 2007) para enseñar la geografía de Teruel (localidades donde se hallan los yacimientos), el concepto de tiempo geológico ¿por qué hallamos dinosaurios en unas edades y no en otras?, y el potencial de uso de los recursos endógenos de la provincia; este último aspecto es muy importante ya que permite concienciar a los alumnos sobre el patrimonio paleontológico y valorarlo (Cobos y Alcalá, 2018). También se abordó el significado de la iconografía de estos animales y su relación con el cine, mediante una colaboración con el periodista especializado Javier Millán. Además, se fomentó el trabajo colaborativo y la implicación de las familias, con la participación en diferentes concursos. De esta manera, la educación y la enseñanza se extendieron más allá del aula.

Entre los recursos generados por el alumnado al final de la actividad destacan los dibujos sobre reconstrucciones de todos los dinosaurios hallados en Teruel, con anotaciones sobre sus características. Asimismo, se realizaron maquetas centradas en el modo de vida de los dinosaurios (como la reproducción mediante huevos) o los ecosistemas en los que vivieron. Por último, se construyó un diorama con los tres periodos del Mesozoico (Triásico, Jurásico y Cretácico), para que cada niño aportara su dinosaurio y lo colocara en el periodo adecuado. Aragosaurus ischiaticus, el primer dinosaurio definido en España a partir de fósiles descubiertos en el municipio de Galve (Sanz et al., 1987), se utilizó para diseñar el logotipo de la actividad y confeccionar camisetas. Los profesores se implicaron confeccionando una maqueta de este saurópodo que actualmente preside la entrada del colegio. Entre los talleres que se impartieron destaca el de réplicas de fósiles con escayola y su posterior acabado realista, con el objetivo de explicar por qué se confeccionan y sus usos (Aberasturi et al., 2010). Para finalizar la semana cultural, los alumnos y sus familias visitaron con los paleontólogos de la Fundación varios yacimientos de dinosaurios de la provincia de Teruel situados en Ababuj, El Castellar y Galve. De esta manera, las familias se concienciaron sobre la importancia de estos recursos, no solo desde un punto de vista científico sino también como factor de desarrollo territorial para la provincia de Teruel (Cobos y Alcalá, 2018).

Contribución enmarcada en las actividades del Grupo de Investigación de Referencia E04_17R FOCONTUR, cofinanciado por el Departamento de Innovación, Investigación y Universidad (Gobierno de Aragón) y fondos FEDER Aragón 2014-2020 "Construyendo Europa desde Aragón"

Diorama construido por estudiantes y sus familias del CEIP La Fuenfresca (Teruel) con el asesoramiento de los paleontólogos de la Fundación-Dinópolis.

Dibujo de Turiasaurus riodevensis, el dinosaurio más grande de Europa, realizado por una niña de 2º curso de Educación Infantil en el CEIP de la Fuenfresca (Teruel).

y en las actuaciones paleontológicas del Departamento de Educación, Cultura y Deporte del Gobierno de Aragón y del proyecto PGC2018-094034-B-C22 del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades del Gobierno de España.

Bibliografía

Aberasturi-Rodríguez, A. y González-Tomás, A. (2010). Taller de replicado paleontológico –falsificadores-. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. 18.2, 210 -215.

Alcalá L., González A. y Luque L. (2010). Los talleres paleontológicos como recurso didáctico interactivo. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. 18.1., 119-124.

Cobos, A., Alcalá, L. (2018). Palaeontological heritage as a resource for promoting geotourism in the rural setting: El Castellar (Teruel, Spain). Geoheritage 10(3): 405-414.

Mampel, L., Cortes-Gracia, A. L. y Alcalá, L. (2015). Imágenes sobre dinosaurios en libros de texto de Enseñanza Secundaria Obligatoria. Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, 29, 173-193.

Pujol, R. Mª. (2007). Didáctica de las ciencias en la educación primaria. Síntesis Educación, 351 p.

Sanz, J.L., Buscalioni, A.D., Casanovas, M.L., Santafé, J.V. (1987). Dinosaurios del Cretácico Inferior de Galve (Teruel, España). Estudios Geológicos Volumen Extraordinario, Galve-Tremp: 45–64.

GESTIONANDO EL PATRIMONIO PALEONTOLÓGICO SOBRE LA ÚNICA BASE DE LA CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA: PARADIGMA DE UN ERROR METODOLÓGICO

F.J. Ruiz Sánchez[1], C. de Santisteban Bové[1], R. Marquina Blasco[1], A. Fagoaga Moreno[1] & L. Sánchez López[1]

1 Departamento de Botánica y Geología, Universitat de València, Avda. Dr. Moliner s/n. 46100 Burjassot. Valencia. España. francisco.ruiz@uv.es, carlos.santisteban@uv.es, rafael.marquina@uv.es, ana.fagoaga@uv.es.

Resumen

La evaluación de la incidencia de proyectos, programas, etc., sobre el patrimonio cultural se regula por la Ley 4/98 del Patrimonio Cultural Valenciano, la Orden de la Generalitat Valenciana de 3 de enero de 2005 (contenido mínimo de los estudios de impacto ambiental) y el Decreto 208/2010, por el que se regula el contenido de la Memoria de Impacto Patrimonial (MIP). La gestión que del patrimonio paleontológico se realiza en los procedimientos de evaluación del impacto ambiental en la *Comunitat Valenciana* se basa casi exclusivamente en la consulta de la cartografía geológica hecha por el IGME. Para la evaluación de la arqueología, la MIP incluye un procedimiento de evaluación de la actuación proyectada en el que se incluye un seguimiento, más o menos pormenorizado, incluyendo el inventario de los bienes arqueológicos presentes en la zona. Por el contrario, la evaluación del patrimonio paleontológico se ciñe exclusivamente a un simple estudio cartográfico en el que se valora la inclusión de la zona objeto de análisis, dentro o fuera de las definidas como zonas de bajo potencial paleontológico, áreas que coinciden casi exclusivamente con los materiales del Cuaternario. Metodológicamente el procedimiento es claramente erróneo y susceptible de ser rechazado de plano por diversos motivos. Ni la cartografía es lo suficientemente exhaustiva y precisa, ni el patrimonio paleontológico puede ser restringido sobre la base de su asignación de edad.

Introducción

De acuerdo a lo dispuesto en el art. 11 de la Ley 4/98 del Patrimonio Cultural Valenciano, la Orden de 3 de enero de 2005, de la Generalitat Valenciana (contenido mínimo de los estudios de impacto ambiental-EIA), fija que los EIA identificarán y valorarán los impactos, tanto en la solución propuesta como sus alternativas, incorporando el informe vinculante de conformidad

del proyecto con la normativa de protección del patrimonio cultural (Memoria de Impacto Patrimonial-MIP, según el Decreto 208/2010) (Ruiz-Sánchez, 2018). Según el Decreto 208/2010 (contenido mínimo MIP), para valorar la posible incidencia del proyecto, plan o programa, obra o actividad sobre el patrimonio arqueológico será preceptivo llevar a cabo una prospección arqueológica, que deberá contemplar la totalidad del ámbito de afección del proyecto evaluado, incluyendo todas las obras auxiliares asociadas, y deberá incluir la prospección de un entorno mínimo de 50 metros desde el límite de afección (ampliable a 2000 metros en las actuaciones lineales como pueden ser carreteras, gasoductos, etc.) (Ruiz-Sánchez, 2018). Así mismo, el contenido mínimo de la MIP para valorar el impacto sobre el patrimonio paleontológico deberá incluir la consulta previa de la cartografía que delimita las áreas de bajo potencial paleontológico (ABPP, LPP en inglés) de la *Comunitat Valenciana*, y si el proyecto se ubica íntegramente en estas áreas solo se deberá incluir justificación documentada de esta circunstancia en el estudio de impacto ambiental (Ruiz-Sánchez, 2018).

Las ABPP se reparten por el medio natural de las tres provincias en que se divide administrativamente la *Comunitat Valenciana* (Castellón, Valencia y Alicante), y que basados en los mapas geológicos 1:200.000 (Gutiérrez et al., 1984; AMA, 1987; Robles et al., 1991) se corresponden casi exclusivamente a los depósitos del Cuaternario (Figura 2) (Ruiz-Sánchez, 2018).

Metodología

Para la integración de las cartografías de las áreas de bajo potencial paleontológico y la de yacimientos paleontológicos en *Comunitat Valenciana* se ha utilizado el software ArcGIS 10.3 de la empresa Esri Inc. La cartografía de bajo potencial paleontológico ha sido descargada desde la web de la Conselleria de Educación, Cultura y Deporte de la Generalitat Valenciana, compilando para ello la correspondiente a las provincias de Castellón, Valencia y Alicante en una sola capa. Los datos sobre yacimientos fósiles de la *Comunitat Valenciana* forman parte de una base de datos compilada por los autores (PaleoVal). Los sistemas geográficos de referencia (SGR) utilizados corresponden a los EPSG 25830 (Sistema de coordenadas proyectadas y Datum ETRS89) para la cartografía de áreas de bajo potencial paleontológico, y EPSG 4236 (Sistema de coordenadas esféricas y Datum WGS84) para la de yacimientos paleontológicos.

Resultados

Integrada la información cartográfica sobre áreas de bajo potencial paleontológico en la *Comunitat Valenciana* y la de yacimientos paleontológicos de la base de datos PaleoVal pueden observarse que, sobre un total de 598 yacimientos, un gran porcentaje de ellos se ubican dentro de las áreas definidas como de bajo potencial paleontológico (Figura 1).

En concreto, 94 de 598 (15,72%) yacimientos son de edad anterior al Cuaternario, y 57 de 598 (9,53%) del Cuaternario, y como los anteriormente citados, se ubican en esas áreas de bajo potencial paleontológico. Utilizar únicamente el carácter "edad" de los materiales geológicos sobre los que se desarrollarán las actuaciones, unido al hecho de la gran cantidad de nuevos afloramientos que pueden aparecer en el territorio valenciano, hacen de esta metodología una ineficaz y peligrosa herramienta de evaluación del impacto sobre el patrimonio paleontológico de estos proyectos, que en nada puede favorecer a la conservación del patrimonio paleontológico en la *Comunitat Valenciana*. Al igual que ocurre con la arqueología, un procedimiento ad hoc de evaluación de este posible impacto debe ser implementado por la administración valenciana a fin de asegurar un procedimiento eficaz y objetivo de evaluación del riesgo.

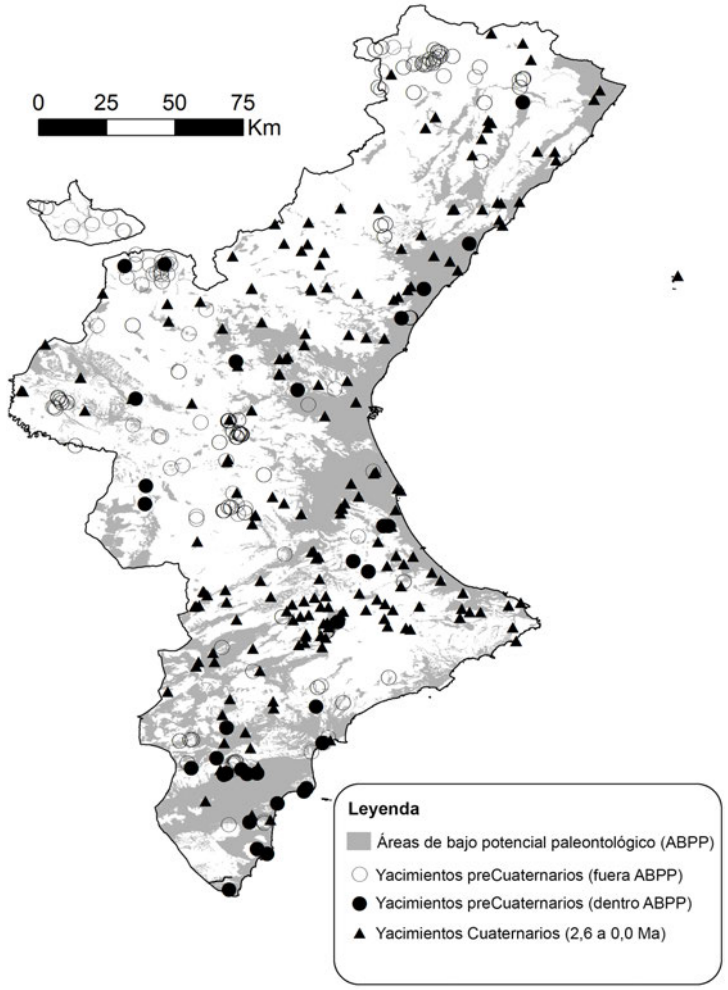

Figura 1. Yacimientos en la Comunitat Valenciana y su relación con las Áreas de bajo potencial paleontológico. Modificado de Ruiz-Sánchez et al., 2019 (in press).

Bibliografía

Agència del Medi Ambient-AMA. 1987. Mapa geocientífico de la Provincia de Alicante a escala 1:200.000. Conselleria d'Administracions Públiques (Generalitat Valenciana), Alicante.

Gutiérrez, G., Elizaga, E., Goy, J.L., Nieto, M. & Robles, F. 1984. Mapa geológico de la provincia de Valencia. Diputación Provincial de Valencia, Valencia.

Robles, F., López, J.L., Goy, J.L. & Zazo, C. 1991. Mapa geológico de la Provincia de Castellón 1:200.000. Generalitat Valenciana, Valencia.

Ruiz-Sánchez, F.J. 2018. Principio de precaución y agravios comparativos en la gestión de la arqueología y la paleontología por parte de las administraciones: el caso de la Comunidad Valenciana. PH: Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, 94, 301-303.

ESPECIES DEL CONODONTO *SIPHONODELLA* EN LA FORMACIÓN CHAPPEL DE TEXAS (TOURNAISIENSE, CARBONÍFERO)

I. Sánchez-Cela, S. Blanco-Ferrera & J. Sanz-López

Departamento de Geología, Universidad de Oviedo, Arias de Velasco s/n, 33005 Oviedo, Spain: uo233299@uniovi.es; blancosilvia@uniovi.es

Los conodontos son piezas del aparato de alimentación de un cordado o de un vertebrado extinto. Los elementos característicos para la identificación de las especies son los dos que ocupan la posición P1 en el orden Ozarkodinida. Los elementos P1 de *Siphonodella*, un género de ozarkodínido de la familia Elictognathidae, muestran una radiación evolutiva entre el Devónico final y el Misisípico Inferior (Carbonífero) y son utilizados para definir e identificar zonas bioestratigráficas (Sandberg et al., 1978). En los últimos tiempos se ha detectado una gran variación morfológica en *Siphonodella* (Becker et al., 2013) y comenzado a diferenciar los cambios morfológicos durante la ontogenia, el significado taxonómico del *rostrum* y las diferencias entre el par de elementos P1, izquierdo y derecho (Zhuravlev y Plotitsyn, 2017). Tradicionalmente, la taxonomía se había basado en el contorno y ornamentación de la plataforma, la estructura del rostrum en el lado oral, y la morfología de la quilla y la fósula en el lado aboral. El término *rostrum* es traducido aquí al castellano como escote o escotadura, y corresponde a la parte ventral de la plataforma que está ornamentada por crestas rostrales entre surcos con longitud y orientación variable con respecto a la carena (Fig. 1).

La utilización del término cresta rostral (rostral ridge) introduce la ambigüedad por coincidencia con el lado rostral o externo del elemento (hacia la abertura bucal del animal) según la orientación biológica de Purnell et al. (2000). Por ello, pensamos que resulta aconsejable utilizar el término de cresta ventral para aquella situada en el escote (Fig. 1). Las crestas ventrales suelen estar desarrolladas en los morfotipos evolucionados, mientras que las especies más antiguas muestran el borde de la plataforma elevado o levantado. Las formas más evolucionadas de Siphonodella tienen un escote complejo, en donde las crestas ventrales pueden ir surgiendo de manera diferenciada en el elemento izquierdo y derecho, usualmente desde el área adyacente a la carena y hacia el margen de la plataforma. La secuencia de aparición de las cres-

tas ventrales puede ser deducida de las hipótesis de ontogenia. Para ello, Plotitsyn y Zhuravlev (2016) propusieron un acercamiento a la edad del conodonto a partir de secciones de la pieza en las que contaron las láminas internas agrupadas en conjuntos. Asumieron que cada conjunto de láminas correspondía a un período de crecimiento estacional (interpretado como anual por Zhang et al., 1997). Plotitsyn y Zhuravlev (2016) relacionaron el número de conjuntos de láminas con la longitud de la plataforma, que así constituye una aproximación a la edad de la pieza.

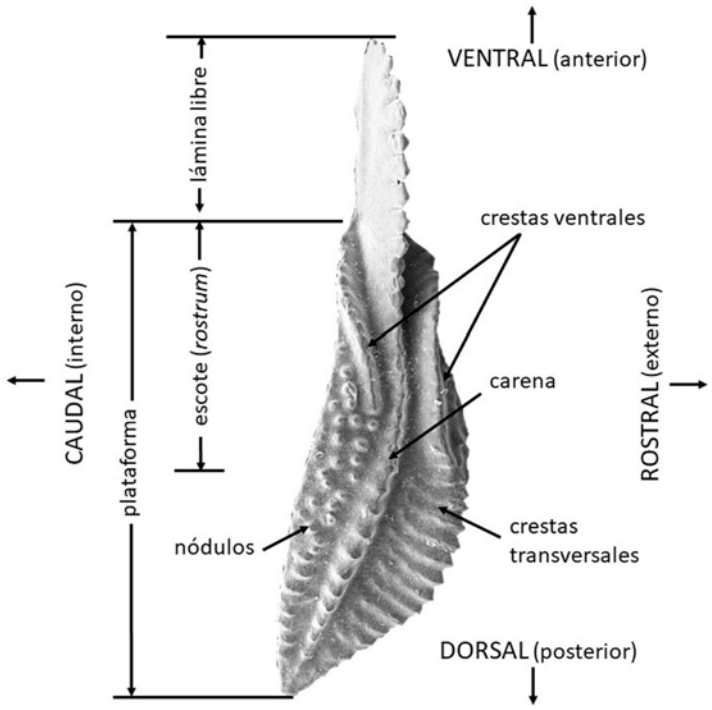

Figura 1. Vista oral de un elemento P1 izquierdo de *Siphonodella cooperi* con la terminología utilizada.

La utilización del término cresta rostral (r*ostral ridge*) introduce la ambigüedad por coincidencia con el lado rostral o externo del elemento (hacia la abertura bucal del animal) según la orientación biológica de Purnell et al. (2000). Por ello, pensamos que resulta aconsejable utilizar el término de cresta ventral para aquella situada en el escote (Fig. 1). Las crestas ventrales suelen estar desarrolladas en los morfotipos evolucionados, mientras que las especies más antiguas muestran el borde de la plataforma elevado o levantado. Las formas más evolucionadas de *Siphonodella* tienen un escote complejo, en donde las crestas ventrales pueden ir surgiendo de manera diferenciada en el elemento izquierdo y derecho, usualmente desde el área adyacente a la carena y hacia el margen de la plataforma. La secuencia de aparición de las crestas ventrales puede ser deducida de las hipótesis de ontogenia. Para ello, Plotitsyn y Zhuravlev (2016) propusieron un acercamiento a la edad del conodonto a partir de secciones de la pieza en las que contaron las láminas internas agrupadas en conjuntos. Asumieron que cada conjunto de láminas correspondía a un período de crecimiento estacional (interpretado como anual por Zhang et al., 1997). Plotitsyn y Zhuravlev (2016) relacionaron el número de conjuntos de láminas con la longitud de la plataforma, que así constituye una aproximación a la edad de la pieza.

El material estudiado de *Siphonodella* corresponde a una sección clásica descrita por Hass (1959) en

la elevación del Llano (Texas, Estados Unidos). En concreto, se trata de la sección tipo de la Formación Chappel cerca de San Saba. La sucesión es condensada (57,5 cm de espesor) y está compuesta por calizas *packstone* a *grainstone*. Se han estudiado seis muestras con un peso entre 2,25 y 4,8 kg. Los conodontos son abundantes, en parte por la resedimentación y la reelaboración de los mismos. La reiterada exposición de los fósiles ha causado cambios en la coloración de algunos, aunque estuvieran enterrados en condiciones de diagénesis superficial. *Siphonodella* es sólo abundante en la primera muestra. La presencia de *Gnathodus delicatus*, *G. cuneiformis* y *G. punctatus* en la capa basal de la sección y de *Scaliognathus anchoralis* en el techo, indica un intervalo de Tournaisiense medio a superior.

Diversidad de formas modernas de *Siphonodella* en la Formación Chappel

Hass (1959) identificó elementos muy abundantes de la especie *Siphonodella cooperi* Hass, 1959, escasos de *S. obsoleta* Hass, 1959, *S. quadruplicata* (Branson y Mehl, 1934) y retrabajados de *S. duplicata* (Branson y Mehl, 1934). La muestra basal estudiada contiene en segundo lugar *S. quadruplicata*, aunque la relación formas izquierdas/derechas sugiere una fuerte selección de los elementos durante la sedimentación y retrabajamiento. Además, hemos identificado dos especies hasta ahora desconocidas en el área del Llano, *Siphonodella crenulata* (Cooper, 1939) y *S. wilberti* Bardasheva, Bardashev, Weddige y Ziegler, 2004 (la última también retrabajada).

Siphonodella quadruplicata tiene un complejo escote con un número de crestas ventrales que puede llegar a seis en los ejemplares mayores (*S. sexplicata* Branson y Mehl, 1934, nombre inválido). *Siphonodella duplicata* var. A fue diferenciada por Hass (1951, lám. 1, figs. 8), Hass (1959, lám. 49, figs. 17–18) en Arkansas y Texas. Klapper (1966) la consideró un estadio ontogenético inmaduro de *S. quadruplicata*, pero otros autores aceptaron el taxón como válido y bajo los nombres de *S. duplicata* sensu Hass por Sandberg, Ziegler y Leuteritz, 1978 o *S. hassi* Ji, 1985. Becker et al. (2016) explicaron que ya existía una subespecie distinta ocupando el nombre, S. cooperi hassi Thompson y Fellows, 1970, por lo que propusieron la especie nueva *S. jii*. Estos autores incluyeron los dos elementos ilustrados por Hass (1959, lám. 49, figs. 17–18) como el holotipo de *S. jii*. Zhuralev y Plotitsyn (2017, 2018) concluyeron que los elementos ilustrados por Hass (1959) como *S. duplicata* var. A eran un estadio inmaduro que encajaba en la ontogenia de *S. quadruplicata* reconstruida desde muestras de las regiones polares y subpolares de los Urales. La secuencia de formación de crestas ventrales en la ontogenia reconstruida es especialmente interesante. La primera cresta ventral se desarrolla en el lado externo (rostral) del elemento izquierdo, pero en el interno (caudal) del elemento derecho, para luego formarse la siguiente en las mitades opuestas, y seguir con la secuencia alternante a cada lado. Las muestras tejanas aquí estudiadas confirman que *S. duplicata* var. A encaja en la ontogenia de *S. quadruplicata*. Sin embargo, unos pocos ejemplares maduros de la Formación Chappel tienen dos crestas ventrales subparalelas a ligeramente convergentes con la carena, en particular la interna con la parte doblada de la carena. Estos ejemplares son similares al holotipo de *S. hassi* ilustrado por Ji (1985, lám. 2, figs. 5–6) y con los elementos que informalmente Zhuralev y Plotitsyn (2017) denominaron "*S. hassi*". Además, estos elementos muestran el desarrollo de una primera cresta ventral sobre el lado interno (caudal) del escote, tanto en el elemento izquierdo como en el derecho. A continuación, la cresta ventral externa (rostral) se desarrolla y diferencia del margen externo elevado. Este taxón ya fue descrito como S. wilberti Bardasheva, Bardashev, Weddige y Ziegler, 2004 en Tajiquistán.

Este trabajo es una contribución al PIGC 652. Los autores agradecen el apoyo del Proyecto de inves-

tigación CGL2016-78738-P del Ministerio de Economía y Competitividad, así como la ayuda en la recolección y tratamiento de las muestras de James E. Barrick (Lubbock) y Lance L. Lambert (San Antonio).

Bibliografía

Bardasheva, N.P., Bardashev, I.A., Weddige, K., y Ziegler, W., 2004. Stratigraphy and conodonts of the Lower Carboniferous of Shishkat section (southern Tien Shan, Tajikistan). Senckenbergiana lethaea 84: 225–301.

Becker, R.T., Hartenfels, S., Aboussalam, Z.S., Tragelehn, H., Brice, D. and El Hassani, A., 2013. The Devonian-Carboniferous boundary at Lalla Mimouna (Northern Maider)—a progress report. International Field Symposium "The Devonian and Lower Carboniferous of northern Gondwana", El Hassani, A., Becker, R.T., y Tahiri, A. (Eds.). Documents de L'Institut Scientifique, Rabat 26:109–120.

Becker, R.T., Kaiser, S.I., y Aretz, M., 2016. Review of chrono-, litho- and biostratigraphy across the global Hangenberg Crisis and Devonian-Carboniferous boundary. Devonian climate, sea level and evolutionary events, Becker, R.T., Konigshof, P., y Brett, C.E., (Eds.). The Geological Society of London, Bath, Special Publication 423: 355–386.

Branson, E.B. y Mehl, M.G. 1934. Conodonts from the Bushberg sandstone and equivalent formations of Missouri. The University of Missouri Studies 8: 265–299.

Cooper, C.L. 1959. Conodonts from a Bushberg-Hannibal Horizon in Oklahoma. Journal of Paleontology, 13: 379–422.

Hass, W.H., 1951. Age of the Arkansas Novaculite. Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists 25; 2526–2541.

Hass, W.H., 1959. Conodonts from the Chappel Limestone of Texas. U.S. Geological Survey Professional Paper 294-J: 385–399.

Ji, Q. 1985. Study on the phylogeny, taxonomy, zonation and biofacies of Siphonodella (Conodonta). Bulletin of the Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences 11: 51–78.

Klapper, G.1966. Upper Devonian and Lower Mississippian conodont zones in Montana,Wyoming, and South Dakota. The University of Kansas, Paleontological Contributions, Lawrence, Paper 3, 43 pp.

Plotitsyn, A.N., y Zhuralev, A.V. 2016. Morphology of the early ontogenetic stages of advanced siphonodellids (conodonts, Early Carboniferous). Vestnik of Institute of Geology of Komi Science Center of Ural Branch RAS 8: 3–8.

Purnell, M.A., Donoghue, P.C.J., y Aldridge, R.J. 2000. Orientation and anatomical notation in conodonts. Journal of Paleontology 74: 113–122.

Sandberg, C. A., Ziegler, W., Leuteritz, K., y Brill, S.M. 1978. Phylogeny, speciation, and zonation of Siphonodella (Conodonta, Upper Devonian and Lower Carboniferous. Newsletters on Stratigraphy 7: 102–120.

Thompson, T.L., y Fellows, L.D. 1970. Stratigraphy and conodont biostratigraphy of Kinderhookian and Osagean rocks of southwestern Missouri and adjacent areas. Missouri Geological Survey andWater Resources, Rolla, Report of Investigations 45, 263 pp.

Zhang, S., Aldridge, R.J., y Donoghue, P.C.J. 1997. An Early Triassic conodont with periodic growth? Journal of Micropaleontology 16: 65–72.

Zhuralev, A.V., y Plotitsyn, A.N. 2017. The symmetry of the rostrum as a key to taxonomy of advanced Siphonodella (Conodonta, Early Carboniferous). Stratigraphy 14: 457–474.

Zhuralev, A.V., y Plotitsyn, A.N. 2018. Taxonomical reassignment of some siphonodellids (conodonts, Early Carboniferous) from W. Hass's collection. Newsletter on Carboniferous Stratigraphy 34: 31–34.

REGISTRO DE *METAXYTHERIUM SUBAPENNINUM* (BRUNO, 1839), EL ÚLTIMO SIRENIO DEL MEDITERRÁNEO EN EL PIACENCIENSE DE CUEVAS DEL ALMANZORA (CUENCA DE VERA, ALMERÍA, ESPAÑA)

J.R. Sendra[1] & M. Reolid[2]

1 Instituto Cavanilles de Biodiverditat i Biología Evolutiva, Universitat de València, Apdo. Correos 22085, 46071 Valencia. Sendra@uv.es.

2 Departamento de Geología, Campus Las Lagunillas sn, Universidad de Jaén, 23071 Jaén, Spain

Introducción

El norte de la Cuenca de Vera, en el sector de Cuevas del Almanzora, tiene unas características especiales, tanto geológicas como paleontológicas, que la diferencian del resto. Durante los trabajos paleontológicos realizados, particularmente en los dos últimos años, se ha registrado aquí la presencia de *Metaxytherium subapenninum* (Bruno, 1839). Esta especie podía alcanzar entre 4 y 5 m de longitud. En facies distales del abanico deltaico marginal, se ha recuperado un ejemplar parcialmente articulado con partes craneales y postcraneales. Este ejemplar, localizado en facies tan poco frecuentes para este tipo de restos fósiles, muestra las características biológicas de un adulto de edad muy avanzada. La edad geológica del fósil la encuadramos en el Piacenciense (Plioceno superior).

Contexto geológico

La Cuenca de Vera es una de las cuencas intramontañosas neógenas de la zona oriental de las Cordilleras Béticas. Su orientación submeridiana difiere de la de cuencas adyacentes, como las de Sorbas y Nijar-Carboneras, entre otras (Barragán *et al.*, 1990). La tectónica postmessiniense, junto con la desecación, produjeron la compartimentación de la cuenca. En los depósitos sedimentarios pliocénicos de Cuevas del Almanzora se encuentra una gran variedad de vertebrados fósiles, con especial presencia de mamíferos marinos, tanto cetáceos como sirenios. En los últimos años se ha avanzado en su estudio, centrándonos en este trabajo en los sirenios, concretamente en este ejemplar, recuperado en colaboración con las universidades de Jaén, Málaga y Valencia. Las últimas etapas marinas de la Cuenca de Vera se pueden reconocer en la Formación Cuevas, con facies de plataforma abierta, y la Formación Espíritu Santo, con facies de abanico deltaico tipo Gilbert.

Ejemplar estudiado

De forma excepcional, de momento, ha aparecido un ejemplar parcialmente articulado que la erosión y la actividad de expoliadores estaban destruyendo. El ejemplar al que hacemos referencia se localizó en la parte baja del prodelta, inmediatamente por debajo de dos estratos de gravas asociadas precisamente al frente de progradación de dicho abanico deltaico, presentando

además cantos imbricados, una clara señal de orientación por corrientes. Esta es la parte de transición entre la Fm Cuevas y la Fm Espíritu Santo. El hallazgo resulta atípico dado que la mayoría de niveles con concentraciones de sirenios en la Cuenca de Vera corresponden a facies más circalitorales. Los icnogéneros predominantes son *Ophiomorpha* y *Teichichnus*, propios de fondos inestables con variación de corrientes y abundancia de materia orgánica en suspensión. Los dos niveles de gravas, de unos 15 y 25 cm de potencia, se pueden localizar por todo el borde norte de la cuenca, en los alrededores de Cuevas del Almanzora.

A techo de estas gravas aparecen grandes fragmentos de material vegetal lignificado procedente de las áreas emergidas, que incluyen estróbilos de coníferas y fragmentos de carbón vegetal (*charcoal*) de incendio. En cuanto a vegetación marina y de transición, se han encontrado representantes tanto de fanerógamas marinas (géneros *Posidonia* y *Zostera*) y de manglares (géneros *Rhizophora* y *Avicennia*) (Sendra et al., 2000; Sendra, 2013a). La abundancia de restos vegetales marinos es congruente con las necesidades de estos animales herbívoros, que suelen pacer sobre todo en praderas de fanerógamas marinas.

Interpretamos que este ejemplar fue arrastrado por las corrientes de las zonas circalitorales que ocuparía como hábitat. Los indicadores de corrientes adyacentes al yacimiento así lo indican. El ejemplar fue arrastrado con la mayor parte del tejido muscular y conectivo, dado que diversas partes esqueléticas de la caja torácica y del cráneo se encuentran agrupadas, pero no en conexión anatómica. Asimismo, hemos observado una bioerosión atribuible al carroñeo de pequeños seláceos y otros peces, que dejaron sus marcas sobre los huesos. No obstante, algún gran carroñero rompió y dispersó partes craneales. Otra característica tafonómica observada es que en los mordiscos preservados aparecen mineralizaciones ferruginosas. Se interpreta que estos óxidos fueron originalmente de pirita, precipitada como consecuencia de la descomposición anaeróbica de los restos de materia orgánica tras su enterramiento. El deterioro de la materia orgánica en condiciones anaeróbicas favoreció la consolidación del sedimento en forma de cobertura cementada (Sendra, 2013b).

En este estudio atenderemos a las características presentes en la hemimandíbula izquierda (Fig.1), cuya limpieza está más avanzada. El proceso de limpieza de esta rama mandibular es lento debido a que en su parte media tiene un espesor de sólo un milímetro, por lo que está sujeta con un engasado, y conserva tanto el proceso coronoides como el cóndilo articular, que se suelen perder en estos fósiles debido a su escaso desarrollo por su adaptación a la alimentación tranquila en vegetales, que no ofrecen resistencia. El cuerpo mandibular (Fig. 1A), o rama horizontal, está completo, y además la sínfisis mandíbular se encuentra unida a la parte delantera de la hemimandíbula derecha. La rama horizontal izquierda presenta tres molares muy desgastados. Dorsoventralmente es ancha, presentando una protuberancia bajo el foramen mentoniano. Este foramen está a la altura del principio del doblez de la sínfisis mandibular, en el borde superior de la rama horizontal. Es un foramen muy grande, con un surco anterior inclinado ventralmente. En la parte labial, el foramen maxilar se abre debajo del m3. Las crestas, cúspides y demás estructuras dentales no se pueden observar apenas, debido al alto desgaste de los dientes (Fig. 1B). Los caracteres taxonómicos observables, su tamaño y la edad (Piacenciense) permiten asignarlo a la especie *Metaxytherium subapenninum,* determinada por *Sorbi et al.* (2012). Este ejemplar se situaría cronológicamente al final del Piacenciense, siendo por lo tanto uno de los tres más cercanos al final del Plioceno junto a los ejemplares PU MR-P 172, del Museo de Geología y Paleontología de la Universidad de Turín, y el MC (sin número) del Museo Cravieri de Bra (ambos de Italia). El otro ejemplar español, MACPM (sin número), fue recogido por coleccionistas y depositado en el Museo de la Asociación Cultural Paleontológica Murciana (Murcia), y se ha datado con un rango muy amplio por falta de datos, dentro del Zanclayense, entre 1,5 y 3 millones de años anterior al ejemplar de Cuevas del Almanzora. De este modo el ejemplar estudiado es el último sirenio de la Península Ibérica y uno de los últimos de Europa (y por ende de nuestro planeta) por el momento.

Paleontología sistemática

Clase MAMMALIA Linneo, 1758
Orden SIRENIA Illiger, 1811
Familia DUGONGIDAE Gray, 1821
Subfamilia HALITHERINAEE (Carus, 1868) Abel, 1913
Género *METAXYTHERIUM* Christol 1840
Especie *M. subapenninum* (Bruno, 1839)

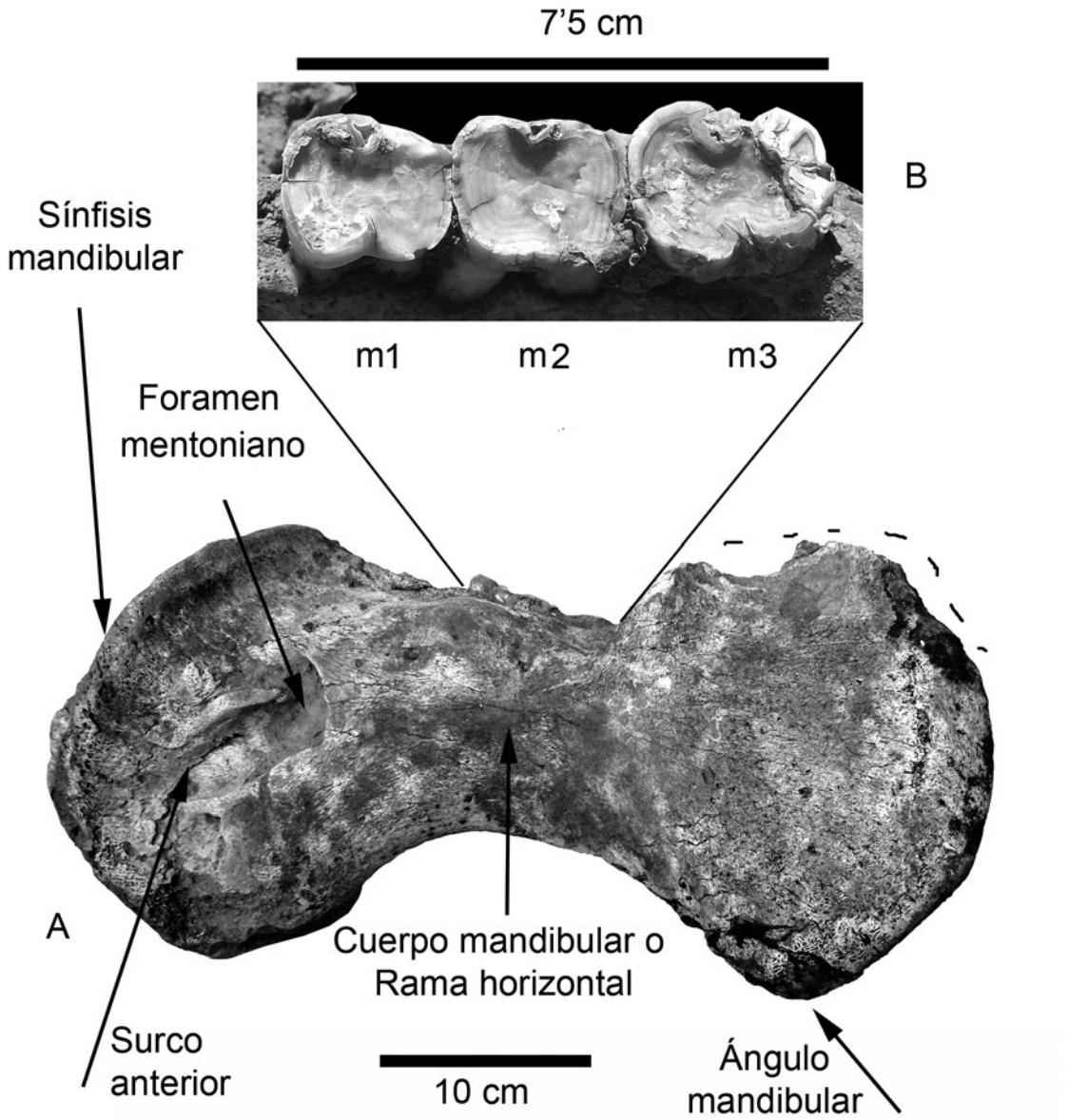

Figura. 1) Mandíbula. A) Cuerpo mandibular en vista labial. En el extremo señalado con trazos discontinuos se encuentra la rama mandibular con el proceso coronoides y el proceso articular, que están en restauración. Se señalan algunos de los caracteres anatómicos específicos. B) Detalle de la dentición (tres molares). Nótese el alto grado de desgaste de los elementos dentales, que incluso dejan al descubierto la estructura anular de la dentina. Anatomía según *Kaiser* (1974) y *Sorbi et al.* (2012).

Agradecimientos

Los autores agradecen al Ilmo. Ayuntamiento de Cuevas del Almanzora el apoyo económico para el desarrollo de este proyecto y a la Junta de Andalucía (Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio) el respaldo burocrático y tramitaciones oportunas. Se agradece también la participación del investigador Jesús Reolid (Universidad de Granada) y de numerosos alumnos que han colaborado en las excavaciones procedentes de las universidades de Jaén, Málaga y Valencia. Por último, y no menos importante, al SEPRONA por sus tareas de vigilancia y persecución de los delincuentes y expoliadores del Patrimonio Natural.

Bibliografía

Barragán, G., Montenat, C., Ott D'Estevou, P.H., 1990. The Vera Basin. Paleontologia I Evolució, Mem. Esp. 2, 35-43.

Kaiser, Hans E. 1974. Morphology of the Sirenia. S. Karger, ed. 76 pp.

Sendra, J.R., 2013a. Nuevos datos sobre la presencia de manglares (Familias Avicenniaceae y Rhizophoraceae) en el Plioceno superior de Cuevas del Almanzora, Cuenca de Vera, Almería. XXIX Jornadas de Paleontología. Libro de Resúmenes, Córdoba, pp. 123 – 124.

Sendra, J.R. 2013b. Tafonomía de la producción de coberturas cementadas en mamíferos marinos. XXIX Jornadas de Paleontología. Libro de Resúmenes, Córdoba, pp. 121 – 122.

Sendra, J. 2018. The important Pliocene fossil record of Cuevas del Almanzora (Almería, Spain): general overwiew. En: Yacimientos paleontológicos excepcionales de la peninsula Ibérica. Nuno Vaz, Artur A. Sá e IGME editores. Cuadernos del Museo Geominero 27, 231-237.

Sendra, J., De Renzi, M., Fortea, F.A., 2000. La flora vascular marina del Konservat Fossil-Lagerstätte del Plioceno superior de Cuevas del Almanzora (Almería, España). Libro de Resúmenes del I Congreso Ibérico de Paleontología, pp. 142-144.

Sorbi, S.; Domning, D.P.; Vaianni, S.C. & Bianucci, G. 2012. Metaxytherium subapenninum (Bruno, 1839) (Mammalia, Dugongidae), the latest sirenian of the Mediterranean Basin. Journal of Vertebrate Paleontology 32, 686-707.

EVOLUCIÓN DEL VUELO PROPULSADO EN LAS AVES BASALES DURANTE EL MESOZOICO

F.J. Serrano[1,2,3], L.M. Chiappe[2], P. Palmqvist[3], B. Figueirido[3] & J.L. Sanz[4]

1 Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Madrid

2 Natural History Museum of Los Ángeles County, California (U.S.A)

3 Departamento de Ecología y Geología, Universidad de Málaga, Málaga

4 Unidad Paleontología, Dpto. Biología, F. Ciencias, Universidad Autónoma de Madrid, Madrid

Introducción

Con más de 10.000 especies presentes en la mayoría de hábitats del planeta, las aves representan el grupo más diversificado de tetrápodos en la actualidad. El desarrollo del vuelo propulsado ha jugado un papel fundamental en el éxito evolutivo de este grupo, proporcionando una serie de ventajas respecto a otros grupos (v.g. dispersión de las poblaciones, migración estacional, elusión de depredadores, amplias áreas de forrajeo, etc). Los linajes modernos de aves, todos pertenecientes al clado Neornithes, radiaron durante el Cenozoico tras la extinción en masa del límite KP (Lindow 2011). El resto de linajes avianos se extinguieron hace 65 millones de años, junto al resto de dinosaurios, y a otros muchos animales y plantas. Las aves tempranas no neornitas fueron abundantes en los ecosistemas de finales del Jurásico y, especialmente, durante el Cretácico, mostrando también caracteres que indican claramente algún tipo de ventaja aerodinámica (Serrano et al. 2018).

Nuestro conocimiento sobre la explotación del medio aéreo que ocurrió durante la transición entre dinosaurios no avianos y aves ha aumentado considerablemente en los últimos años (Brussatte 2017). Sin embrago, apenas se conoce cómo evolucionó el vuelo dentro del clado Aves. El objetivo de este trabajo es explorar la evolución del vuelo propulsado durante la fase temprana de la historia de las aves, desde el período en que vivió *Archaeopteryx* (150 Ma) hasta el final del registro de la Biota de Jehol (120 Ma).

Material y Métodos

Para este estudio se usaron 26 fósiles de 19 especies de aves mesozoicas distribuidas en la base del clado Aves. Las estimaciones y comparaciones se realizaron usando una amplia base de datos de aves modernas, representando un amplio rango ecológico, filogenético y de tamaños (Serrano et

al. 2017). Se realizaron tres tipos de análisis para inferir la capacidad de vuelo propulsado en las aves mesozoicas: 1) análisis discriminante de la morfología de los elementos alares (DA) para aproximar la estrategia de vuelo (i.e., vuelo aleteado corto o poco frecuente, vuelo aleteado sostenido o vuelo combinado de aleteo y planeo; 2) 'mapeo' de los principales cambios morfológicos obtenidos sobre la filogenia de las aves basales (i.e., filomorfoespacio), que requirió una reconstrucción de estados ancestrales mediante *square-changed parsimony*; 3) predicción de la capacidad para mantener un vuelo aleteado mediante la estimación de la eficiencia (i.e., potencia generada versus potencia requerida para el vuelo aleteado) a velocidad de crucero (Serrano et al. 2019).

Resultados y Discusión

El DA reclasificó correctamente el 81.1% de las aves modernas muestreadas. Las aves mesozoicas fueron clasificadas dentro de cada categoría como se muestra en la tabla 1.

La principal variación morfológica dada por el DA

Tabla 1. Clasificación de las aves mesozoicas según el análisis discriminante (DA). El valor p indica la probabilidad de pertenencia a (1) vuelo aleteado corto o poco frecuente, (2) vuelo aleteado sostenido, y (3) vuelo combinado de aleteo y planeo

Specie	Specimen	Inferred flight strategy	*p* (1)	*p* (2)	*p* (3)
Archaeopteryx lithographica	HMN 1880/1881	limited-term flapping	**0.997**	0.002	0.000
A. lithographica	WDC-CSG-100	limited-term flapping	**0.991**	0.008	0.002
A. lithographica	11th specimen	limited-term flapping	**0.867**	0.080	0.054
Jeholornis prima	IVPP V13353	flap-assisted gliding	0.267	0.052	**0.681**
J. prima	LPM 0193	flap-assisted gliding	0.001	0.037	**0.962**
Sapeornis chaoyangensis	DNHM 3078	flap-assisted gliding	0.017	0.131	**0.852**
S. chaoyangensis	BMNHC-PH106	flap-assisted gliding	0.006	0.034	**0.960**
Jinguofortis perplexus	IVPP V24194	flap-assisted gliding	0.001	0.053	**0.946**
Eoconfuciusornis zhenghi	IVPP V11977	limited-term flapping	**0.999**	0.001	0.000
Confuciusornis sanctus	BMNHC-PH931	limited-term flapping	**0.960**	0.014	0.027
C. sanctus	BMNHC-PH933	limited-term flapping	**0.998**	0.001	0.002
C. sanctus	BMNHC-PH987	limited-term flapping	**0.998**	0.000	0.001
Protopteryx fengningensis	BMNHC-PH1060	flap-assisted gliding	0.030	0.447	**0.523**
P. fengningensis	BMNHC-PH1158	sustained flapping	0.008	**0.590**	0.402
Orienantius ritteri	PH 1156	sustained flapping	0.026	**0.694**	0.279
O. ritteri	PH 1154	sustained flapping	0.006	**0.703**	0.291
Eopengornis martini	STM24-1	sustained flapping	0.033	**0.879**	0.087
Parapengornis eurycaudatus	IVPP V18687	flap-assisted gliding	0.013	0.161	**0.826**
Eoenantiornis buhleri	IVPP V11537	limited-term flapping	**0.608**	0.372	0.019
Longirostravis hani	IVPP V11309	sustained flapping	0.051	**0.928**	0.021
Junornis houi	BMNHC-PH919	sustained flapping	0.002	**0.499**	0.499
Bohaiornithidae indet.	CUGB P1202	sustained flapping	0.246	**0.727**	0.028
Archaeornithura meemannae	STM7-145	limited-term flapping	**0.771**	0.148	0.081
Archaeorhynchus spathula	IVPP V14287	flap-assisted gliding	0.214	0.271	**0.515**
Hongshanornis longicresta	D2945/6	limited-term flapping	**0.982**	0.017	0.001
Yixianornis grabaui	IVPP V12631	limited-term flapping	**0.974**	0.024	0.002
Bellulornis rectusunguis	IVPP V17970	flap-assisted gliding	0.009	0.044	**0.948**

fue la relación entre la longitud de la ulna y el húmero, así como, la relación entre la longitud de la cresta deltopectoral respecto al olecranon. Representando esta variación sobre la filogenia de las aves mesozoicas se observa que hay un incremento en la longitud de la ulna respecto al húmero desde la condición plesiomórfica. Este incremento se corresponde con aves que son clasificadas como aleteadoras-planeadoras. Desde aquí se observa un incremento en el olecranon respecto a la cresta deltopectoral, que corresponde con aves clasificadas como aleteadoras sostenidas.

Los resultados muestran que *Archaeopteryx* solo sería capaz de un vuelo aleteado breve, lo que coincide con hallazgos histológicos recientes (Voeten et al. 2018). La reconstrucción de estados ancestrales muestra que la eficiencia se incrementó desde los grupos más basales hasta los grupos más derivados. La capacidad para mantener un vuelo aleteado sostenido no apareció hasta el clado de los Ornithothoraces. Esto estaría apoyado por la aparición de otras novedades morfológicas en este grupo que permitirían soportar un mayor estrés en las alas (v.g. mano más compacta, disposición moderna de las barbas de las plumas; Feo et al. 2015; Chiappe and Meng 2016). Para los grupos más basales (posteriores a *Archaeopteryx*), el vuelo prolongado solo fue posible combinando periodos de aleteo con periodos de planeo.

En base a los resultados obtenidos, proponemos que el vuelo evolucionó en una fase temprana de la historia de las aves, como una secuencia de tres estadíos: desde formas aleteadoras poco voladoras, las aves pudieron desarrollar vuelos prolongados combinando fases de aleteo y planeo, y, posteriormente, mediante un aleteo continuo.

Bibliografía

Brusatte, S. L. (2017). A Mesozoic aviary. Science, 355(6327), 792-794.

Chiappe, L.M., Meng, Q., 2016. Birds of Stone. Johns Hopkins University Press, Baltimore, Md.

Feo, T. J., Field, D. J., & Prum, R. O. (2015). Barb geometry of asymmetrical feathers reveals a transitional morphology in the evolution of avian flight. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 282(1803), 20142864.

Lindow, B.E., 2011. Bird evolution across the K–Pg boundary and the basal neornithine diversification. In: Dyke, G., Kaiser, G. (Eds.), Living Dinosaurs. Wiley-Blackwell, Oxford.

Serrano, F. J., Palmqvist, P., Chiappe, L. M., & Sanz, J. L. (2017). Inferring flight parameters of Mesozoic avians through multivariate analyses of forelimb elements in their living relatives. Paleobiology, 43(1), 144-169.

Serrano, F. J., Chiappe, L. M., Palmqvist, P., Figueirido, B., Long, J., & Sanz, J. L. (2019). The effect of long-term atmospheric changes on the macroevolution of birds. Gondwana Research, 65, 86-96.

Voeten, D. F., Cubo, J., De Margerie, E., Röper, M., Beyrand, V., Bureš, S. & Sanchez, S. (2018). Wing bone geometry reveals active flight in Archaeopteryx. Nature communications, 9(1), 923.

FAMENNIAN (UPPER DEVONIAN) CONODONTS FROM THE VI-I AND CP SECTIONS (SPANISH CENTRAL PYRENEES): PRELIMINARY DATA

G. Silvério[1], J.-C. Liao[1], M. Escribano[1] & J. I. Valenzuela-Ríos[1]

1 Departament of Botany and Geology, University of Valencia, c/Dr. Moliner 50, E-46100 Burjassot, Spain.

Conodont studies from the Compte and Villech sections recognized the presence of all Devonian Stages in both areas. Here, we collected samples from a narrow interval, spanning from the Lower through Middle Famennian (Upper Devonian) sequences in order to compare their conodont content and to allow a preliminary correlation between both sections. According to the results, the Villech section presents a much higher number of conodonts. The conodont record differs in both sections, being the species *Polygnathus nodocostatus* very common in Villech and almost absent in Compte, and the species *Polygnathus triphyllatus* common in Compte and not recorded in Villech. Also, the Villech part of the studied section has *Icriodus* specimens whereas correlatable strata in Compte has none. According to the conodont taxa, there are two biozones represented in both sections, *gracilis* (Lower Famennian) and *marginifera* (Middle Famennian), being the boundary between these two biozones the criteria for correlating the sequences.

Introduction

Over the past few decades a series of studies on conodont stratigraphy in the Compte and Villech sections (Ziegler, 1959; Boersma, 1973; Gouwy *et al.*, 2016, 2017; Liao, 2014; Liao & Valenzuela-Ríos, 2008; Martínez-Pérez, 2010; Martínez-Pérez & Valenzuela-Ríos, 2014; Martínez-Pérez *et al.*, 2011; Valenzuela-Ríos, 2017; Valenzuela-Ríos & Liao, 2012; Valenzuela-Ríos *et al.*, 2005; Valenzuela-Ríos *et al.*, 2015; Valenzuela-Ríos *et al.*, 2017; Slavík *et al.*, 2016) have proven the existence of Lower to Upper Devonian sequences in these sections, separated by major faults that frequently overlap parts of the sequence, resulting in a discontinuous series that has to be, subsequently, arranged by conodont biochronostratigraphy.

The Compte section, according to Valenzuela-Ríos *et al.* (2017), is subdivided into two sections, CP (Eifelian to Famennian) and CP-1 (Lochkov-

ian to Emsian). This study focused on the first. The Villech section is more affected tectonically and several sections are studied (Valenzuela-Ríos, 2017). Here, we analyse the Upper Devonian part of the Vi-I section The Upper Devonian is composed, in both sections, of three successive formations, Comabella, La Mena and Barousse. The analyzed strata belong to the La Mena Fm.

The aim of this study is to sample parts of La Mena Fm. of these two sections in order to correlate them using conodont stratigraphy and assess the possible differences that both sequences present.

Geographic and Geological Setting

Both sections are part of the Spanish Central Pyrenees, the mountain range that separates Spain from France, stretching in an ESE-WNW direction. The CP section is located at about 9.5 km SW of Sort, whereas the Vi-I section is located about 3 km SSW of Martinet.

Despite the complexity of the tectonic history of the area, there is a great abundance of outcrops that allow a good recognition of the structure and stratigraphy. From the structural studies done in the Central Pyrenees (see Clariana, 2017, and references therein), the deformation of the Paleozoic units in the Pyrenees took place in three steps. The first one happened during the Carboniferous and Permian with the Variscan Orogeny, which folded those units with the maximum compression oriented N-S. A second stage led to the development of these folds into major thrusts that mostly detached the units towards the south, as it was the south crust that subducted under the northern one (García-Sansegundo *et al.*, 2011). These merging thrusts (nappes) inverted most of the Paleozoic sequences of the South Pyrenees. The final stage occurred during the Alpine Orogeny (last 200 Ma), which generated major E-W and ESE-WNW faults, of left detachment, segmenting the nappes and overlapping older sequences over younger ones.

Even so, the stratigraphy is recognizable and the metamorphism is virtually inexistent, allowing a good recognition of the original facies and fossil content of the strata. The Upper Devonian (the focus of this study) of both sections is characterized by grey, pinkish and reddish well-bedded and nodular limestones, assigned to the Compte subfacies (Mey, 1967; Boersma, 1973; Zwart, 1979).

Material and Early Results

A total of 23 samples (11 in Compte and 12 in Villech) were taken in this study, covering the base and top of most beds. The clearest difference between the sequences is the color, being the Villech one a dark red, whereas in Compte, the sequence has a lighter red, almost brownish, color. That difference is well marked on the residue from the sample processing.

The conodont record from Vi-I section include *Polygnathus bilobatus*, *Po. glaber*, *Po. nodocostatus*, *Po. rhomboideus*, *Palmatolepis acuta*, *Pa. schindewolfi*, *Icriodus chojnicensis* and *I. cornutus*. *Icriodus* is only present in this section, as well as *Po. bilobatus* and *Po. rhomboideus*. The *Polygnathus*/*Palmatolepis* (*Po.*/*Pa.*) ratio is of 24 %. As for the CP section, the conodonts are *Po. glaber*, *Po. medius*, *Po. nodocostatus*, *Po. triphyllatus*, *Pa. acuta* and *Pa. schindewolfi*. *Po. medius* and *Po. triphyllatus* are only recorded in CP section. The *Po.*/*Pa.* ratio is of 42 %.

Biostratigraphic Conclusions

The conodont fauna obtained is assigned to two Famennian biozones, the *gracilis* (Lower Famennian) and *marginifera* (Middle Famennian) zones. The first occurrence of *Po. bilobatus* marks the base of the Middle Famennian in the Vi-I section, whereas *Po. medius* does in the CP section. The presence of *Po. triphyllatus* in the CP section is also an evidence for the proximity to the limit between

the two biozones (Spalletta *et al*., 2017). It is with this limit, present in both sequences (base of layer 108, in Vi-I, and base of layer 95b, in CP), that the correlation between them has been made.

The abundance of *Polygnathus triphyllatus* in CP and the absence of *Icriodus* in this part of the sequence might suggest that this sequence was deposited in deeper conditions than the ones from Vi-I, but further work has to be done to fully understand the paleoenvironmental setting of these two sections.

Acknowledgements

We thank the Applied Paleontology Master students, University of Valencia, 2018/19 edition, for their help in the field and laboratory. This work represents a contribution to the UNESCO-IGCP 652 project: "Reading geologic time in Palaeozoic sedimentary rocks".

References

Boersma, K. TH. 1973. Devonian and Lower Carboniferous conodont biostratigraphy, Spanish Central Pyrenees. Leidse Geologische Mededelingen, v. 49(2): pp. 303-377.

Clariana, P. 2017. Geological features of Variscan Pyrenees. International Conodont Symposium 4, Valencia: pp. 13-29.

García-Sansegundo, J., Poblet, J., Alonso, J., Clariana, P. 2011. Hinterland-foreland zonation of the Variscan orogen in the Central Pyrenees: comparison with the northern part of the Iberian Variscan Massif. In: Poblet, J. & Lisle, R. (eds): Kinematic Evolution and Structural Styles of Fold-and-Thrust Belts. Geological Society, London, Special Publications, v. 349: pp.169–184.

Gouwy, S., Liao, J.-C., Valenzuela-Ríos, J. I. 2016. Graphic correlation of the upper Eifelian to lower Frasnian (Middle-Upper Devonian) conodont sequences in the Spanish Central Pyrenees and comparison with composite standards from other areas. Palaeontologia Electronica, 19.3.40A: pp. 1-18.

Gouwy, S., Liao, J.-C., Valenzuela-Ríos, J. I., Martínez-Pérez, C. 2017. Eeifelian-Famennian conodont succession in the Villech sections. International Conodont Symposium 4, Valencia: pp. 82-88.

Liao, J.-C. 2014. Bioestratigrafía con conodontos del Givetiense y Frasniense del Pirineo Central Español. Ph.D. thesis dissertation, Complutense University of Madrid, 533 pp.

Liao, J.-C., Valenzuela-Ríos, J. I. 2008. Givetian and early Frasnian conodonts from the Compte section (Middle–Upper Devonian, Spanish Central Pyrenees). Geol. Quart., v. 52(1): pp. 1–18.

Martínez-Pérez, C. 2010. Conodontos del Emsiense (Devónico Inferior) del Pirineo Central Español. Ph.D. thesis dissertation, University of Valencia, 376 pp.

Martínez-Pérez, C., Valenzuela-Ríos, J. I. 2014. New Lower Devonian Polygnathids (Conodonta) from the Spanish Central Pyrenees, with comments on the early radiation of the group. Journal of Iberian Geology, v. 40(1): pp. 141-155.

Martínez-Pérez, C., Valenzuela-Ríos, J. I., Navas-Parejo, P., Liao, J.-C., Botella, H. 2011. Emsian (Lower Devonian) Polygnathid (Conodont) succession in the Spanish Central Pyrenees. Journal of Iberian Geology, v. 37(1): pp. 45-64.

Mey, P. H. W. 1967. Evolution of the Pyrenean Basins during the Late Paleozoic 1157-1166. In OSWALD, D. H., (ed.) International Symposium on the Devonian System. 1376 pp. Alberta Society of Petroleum Geologists, Calgary.

Slavík, L., Valenzuela-Ríos, J. I., Hladil, J., Chadimová, L., Liao, J.-C., Hušková, A., Calvo, H., Hrstka, T. 2016. Warming or cooling in the Pragian? Sedimentary record and petrophysical logs across the Lochkovian–Pragian boundary in the Spanish Central Pyrenees. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, v. 449: pp. 300-320.

Spalletta, C., Perri, M., Over, D., Corradini, C. 2017. Famennian (Upper Devonian) conodont zonation: revised global standard. Bulletin of Geosciences, v. 92(1): pp. 31–57.

Valenzuela-Ríos, J. I. 2017. The Devonian in the Villec Area. International Conodont Symposium 4, Valencia: pp. 73-74.

Valenzuela-Ríos, J. I., Liao, J.-C. 2012. Color/facies changes and Global Events, a hoax? A case study from the Lochkovian (Lower Devonian) in the Spanish Central Pyrenees. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, v. 367-368: pp. 219-230.

Valenzuela-Ríos, J. I., Liao, J.-C., Martínez-Pérez, C. 2017.

The Devonian in the Compte sections. International Conodont Symposium 4, Valencia: pp. 89-91.

Valenzuela-Rios, J. I., Liao, J.-C., Martínez-Pérez, C. Castelló, V., Botella, H. 2005. Datos preliminares sobre los conodontos y restos de peces del Lochkoviense (Devónico Inferior) de Compte-I (Valle del Noguera Pallaresa, Pirineos. In J. A. Gámez, E. Liñán y J. I. Valenzuela-Ríos; (eds.), Memorias de las VIII Jornadas Aragonesas de Paleontología: "La cooperación Internacional en la Paleontología española. Homenaje al Profesor Peter Carls". 131-145. Institución Fernando el Católico, Zaragoza.

Valenzuela-Ríos, J. I., Slavík, L., Liao, J.-C., Calvo, H., Hušková, A., Chadimová, L. 2015. The middle and upper Lochkovian (Lower Devonian) conodont successions in key peri-Gondwana localities (Spanish Central Pyrenees and Prague Synform) and their relevance for global correlations. Terra Nova, v. 27: pp. 409-415.

Ziegler, W. 1959. Conodonten aus Devon und Karbon Südwesteuropas und Bemerkungen zur bretonischen Faltung (Montagne Noire, Massif v. Mouthoumet; Spanien Pyrenäen. Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Monatshefte, v. 7: pp. 289-309.

Zwart, H. 1979. The geology of the Central Pyrenees. Leidse Geologische Mededelingen, v. 50(1): pp. 1-74.

THE EPIVILLAFRANCHIAN *BISON SCHOETENSACKI* SAMPLE FROM THE VALLPARADÍS SECTION

L. Sorbelli[1], M. Cherin[2], D. M. Alba[1] & J. Madurell-Malapeira[1]

1 Institut Català de Paleontologia Miquel Crusafont, Universitat Autònoma de Barcelona, Edifici ICTA-ICP, c/ Columnes s/n, Campus de la UAB, 08193 Cerdanyola del Vallès, Barcelona, Spain.

2 Dipartimento di Fisica e Geologia, Università di Perugia, Via A. Pascoli, 06123 Perugia, Italy.

Introduction

The Bovidae are one of the largest families of artiodactyls. Since the Pliocene, one of the most successful groups within this family have been the Bovinae, and in particular the tribe Bovini, represented mostly by three genera: *Leptobos*, *Bison*, and *Bos*. The evolution of *Bison* is still unclear, given the difficulty to distinguish early *Bison* remains from those of their putative ancestors. Nowadays, it is commonly accepted that *Bison* evolved from *Leptobos* (e.g., Masini, 1989; Martínez-Navarro et al., 2007), an extinct genus that included smaller and slenderer forms compared with the more derived *Bison* species. The earliest and most primitive *Bison* species are known from Southeast Asia (Tong et al., 2017). *Bison* (*Eobison*) *sivalensis* from India (3.4 Ma) and *B. (E.) palaeosinensis* from China (2.6 Ma) share some features with the most derived *Leptobos* species and are quite different from the later *Bison* species. Flerov (1979) combined the early bison species into a separate subgenus (*Eobison*) due to their primitive morphology. It has been proposed that the more derived subgenus *Bison* (*Bison*) (or *Bison* s.s.) originated from *Eobison* in Eastern Europe toward the end of the Villafranchian and subsequently reached Central Europe, where it evolved into overall larger animals (Flerov, 1979). However, this hypothesis has been questioned by the evidence of large and slender bison in northeastern Europe during the post-Olduvai/pre-Jaramillo Early Pleistocene (Sher, 1997).

The first European bison might be *B.* (*E.*) *georgicus* from Dmanisi (Georgia), dated to 1.76 Ma (Bukhsianidze, 2005). The oldest records in southwestern Europe are those of *Bison* sp. from the post-Olduvai/pre-Jaramillo Early Pleistocene (ca. 1.5 Ma) of Venta Micena (Guadix Baza Basin, Spain; Martínez-Navarro et al., 2007, 2011), *B.* (*E.*) *degiulii* from Italy (Masini, 1989), and *B.* cf. (*E.*) *degiulii* from the Mygdonia Basin (Greece; Kostopoulos et al., 2018). In the Epivillafranchian,

the first members of the subgenus *Bison* appear: the long-legged *Bison* (*B.*) *menneri*, followed some time later by the relatively stouter *B.* (*B.*) *schoetensacki*, which rapidly dispersed over Europe, and, since the beginning of the Middle Pleistocene, the massive *B.* (*B.*) *priscus* (Sala, 1986; Sher, 1997). Here we report the main features of the large bovid fossil remains from the Vallparadís composite section to justify their taxonomic attribution and shed new light on the early evolution of *Bison* s.s. in Europe.

Geological Context

The bovid specimens reported here are part of the rich collection of large mammal fossils recovered from the Torrent de Vallparadís composite section of Terrassa (Vallès-Penedès Basin, Iberian Peninsula), which includes the paleontological sites of Cal Guardiola (CGR) and Vallparadís Estació (EVT). This section, chronologically ranging from 1.2 to 0.6 Ma, has a thickness of 20 m (Madurell-Malapeira et al., 2010, 2014, 2017). Paleobotanical and sedimentological data suggest that the paleoenvironment was characterized by a river or river-marsh ecosystem with mixed deciduous forests and open grasslands (Madurell-Malapeira et al., 2010). The Vallparadís Section is one of the few localities in Europe that records within a single section the Early-Middle Pleistocene Transition, characterized by major climatic changes at a global scale, and its effects on the composition of mammalian assemblages of this continent (Madurell-Malapeira et al., 2010; Strani et al., 2019).

Materials and Methods

The bovid collection from the Vallparadís Section includes 209 specimens. The fossils recovered from EVT layers are the most numerous with 177 elements, while the CGR sample is composed of 32 remains. These fossils come from both the Early Pleistocene and early Middle Pleistocene layers. The postcranial elements are well preserved (Fig. 1). Unfortunately, taphonomic factors like bone-cracking activity of the hyena *Pachycrocuta brevirostris*, widespread in these sites, has not allowed a good preservation of skulls (Madurell-Malapeira et al., 2017). For this reason, out study mainly focuses on the long bones, particularly metapodials and astragali, which are abundantly preserved and display taxonomically diagnostic features (Sher, 1997).

Most of the analyzed bovid remains display typical characters of the genus *Bison*. The fore- and hindlimb bones, in particular, are characterized by stout proportions and a relatively large size comparable to that of Late Pleistocene *Bison*. However, a few metapodials are more slender and smaller than the rest of the sample, suggesting that at least two bovid species might be recorded at the Vallparadís Section, the less abundant one being characterized by a smaller size and less massive structure. Morphological differences in the postcranial skeleton among *Bison* species are relatively scarce, so morphometric data of the metapodials were analyzed (including variables such length, width, and depth of the shaft, and width and depth the proximal and distal epiphyses). The relationships between overall bone length and both proximal and distal widths reflect the slenderness/stoutness of the specimens and are very useful for taxonomic purposes. Principal component analyses based on the aforementioned metrical variables were performed and the ratio between length and distal width of the metapodials was computed for the studied sample and compared with published data on *Eobison* and *Bison* s.s. species, as well as *Leptobos etruscus*.

Results

Our analyses clearly show that the bison from Vallparadís Section falls within the cluster of the large and stout *B.* (*B.*) *schoetensacki* and *B.* (*B.*)

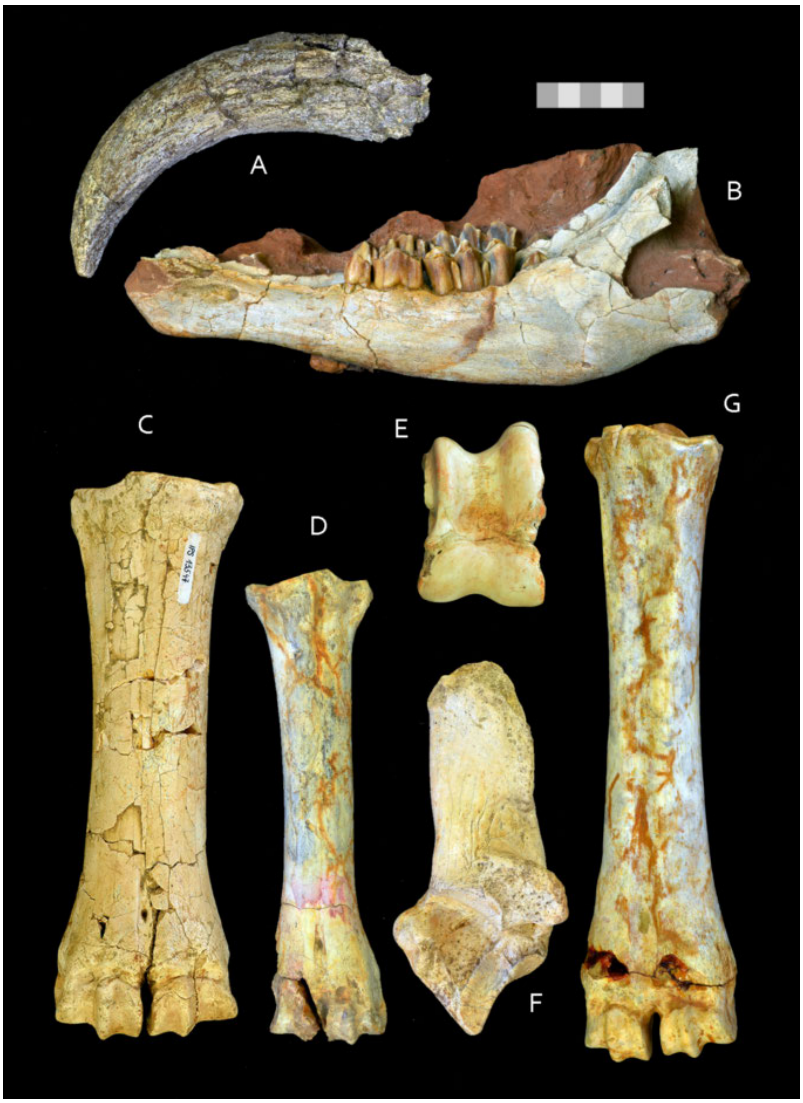

Fig.1. Remains of Bison (Bison) schoetensacki (A-C, E-G) and Bovidae indet. (D) from the Vallparadís Section: A. Fragment of horn core (IPS92970); B. Mandible (unerupted m3 and teeth virtually unworn) (IPS92968); C. Metacarpal (IPS13547); D. Metacarpal (IPS92908); E. Astragalus (IPS92953); F. Calcaneus (IPS92947); G. Metatarsal (IPS92934). Scale bar: 5 cm.

priscus, overlapping with both of them, except for a few specimens mentioned above that fall outside the *Bison* scatter. Most of the Vallparadís Section specimens cluster together, although less homogeneously than those of *B.* (*B.*) *menneri* from Untermassfeld or *L. etruscus* from Olivola and Senèze. According to these results, it is possible to recognize several distinct clusters divided into two large groups: (1) long and slender-legged bovids, including *L. etruscus* and *B.* (*B.*) *menneri*; (2) shorter and stouter-legged bovids, including *Eobison*, extant *B.* (*B.*) *bonasus,* and the cluster composed of the large-sized *B.* (*B.*) *schoetensacki* and *B.* (*B.*) *priscus*. The bison from Vallparadís Section overlaps with the latter group in PC1 (74% of the variance) and with the lower range of its PC2 (20,9 % of the variance) values. It is noteworthy that several specimens from the Vallparadís Section exceed the size and stoutness of *B.* (*B.*) *schoetensacki* populations from other European sites. This underlines the necessity of revising the hypodigm of this species, often confused with the partially coeval *B. (B.)*

menneri and *B. (B.) priscus*, and supports that a large and stout species of *Bison* s.s. populated the European continent before 1.0 Ma.

Conclusions

The Vallparadís Section, chronologically constrained from 1.2 to 0.6 Ma and with multiple bison-bearing horizons, records one of the first occurrences of *B.* (*B.*) *schoetensacki* in Mediterranean Europe at layer CGRD2 of Cal Guardiola local section (ca. 1.1 Ma). Up to date, the oldest site with the attested presence of *B.* (*B.*) *schoetensacki* in Europe is Le Vallonnet, in southern France, dated to 1.2–1.1 Ma (Michel et al., 2017). The presence of at least three metacarpals with slender proportions and relatively small size in the Vallparadís Section bovid sample also testifies the presence of a second bovid species, but deciphering the taxonomic identity of this second taxon is beyond the scope of this work.

REFERENCES

Bukhsianidze, M., 2005. The fossil bovidae of Dmanisi. Unpublished Postgraduate Thesis, Università degli Studi di Ferrara, Dipartimento delle Risorse Naturali e Culturali.

Flerov, K.K., 1979. Systematic and evolution. [In: European bison, morphology, systematic, evolution and ecology. V. E. Sokolov, ed]. Izdatelstvo Nauka, Moskva, pp.1-112.

Kostopoulos, D.S., Maniakas, I. and Tsoukala, E., 2018. Early bison remains from Mygdonia Basin (Northern Greece). Geodiversitas, 40(3), pp.283-320.

Madurell-Malapeira, J., Minwer-Barakat, R., Alba, D.M., Garcés, M., Gómez, M., Aurell-Garrido, J., Ros-Montoya, S., Moyà-Solà, S. and Berástegui, X., 2010. The Vallparadís section (Terrassa, Iberian Peninsula) and the latest Villafranchian faunas of Europe. Quaternary Science Reviews, 29(27-28), pp.3972-3982.

Madurell-Malapeira, J., Ros-Montoya, S., Espigares, M.P., Alba, D.M. and Aurell-Garrido, J., 2014. Villafranchian large mammals from the Iberian Peninsula: paleobiogeography, paleoecology and dispersal events. Journal of Iberian Geology, 40(1), pp.167-178.

Madurell-Malapeira, J., Alba, D.M., Espigares, M.P., Vinuesa, V., Palmqvist, P., Martínez-Navarro, B. and Moya-Sola, S., 2017. Were large carnivorans and great climatic shifts limiting factors for hominin dispersals? Evidence of the activity of Pachycrocuta brevirostris during the Mid-Pleistocene Revolution in the Vallparadís Section (Vallès-Penedès Basin, Iberian Peninsula). Quaternary International, 431, pp.42-52.

Martínez-Navarro, B., Pérez-Claros, J.A., Palombo, M.R., Rook, L. and Palmqvist, P., 2007. The Olduvai buffalo Pelorovis and the origin of Bos. Quaternary research, 68(2), pp.220-226.

Martínez-Navarro, B, Ros-Montoya, S., Espigares, M. P., Palmqvist, P. 2011. Presence of the Asian origin Bovini, Hemibo ssp. aff. Hemibos gracilis and Bison sp., at the early Pleistocene site of Venta Micena (Orce, Spain). Quaternary International, 243, 54-60.

Masini, F., 1989. I Bovini Villafranchiani dell'Italia. Unpublished Postgraduate Thesis, Università consorziate Modena, Bologna, Firenze, Roma.

Michel, V., Shen, C.C., Woodhead, J., Hu, H.M., Wu, C.C., Moullé, P.É., Khatib, S., Cauche, D., Moncel, M.H., Valensi, P. and Chou, Y.M., 2017. New dating evidence of the early presence of hominins in Southern Europe. Scientific Reports, 7(1), p.10074.

Sala, B., 1986. Bison schoetensacki Freud. from Isernia la Pineta (early Mid-Pleistocene, Italy) and revision of the European species of bison. Palaeontographia Italica, 74, pp.113-170.

Sher, A.V., 1997. An Early Quaternary bison population from Untermassfeld: Bison menneri sp. nov. In: Kahlke RD (ed) Das Pleistozän von Untermassfeld bei Meiningen (Thüringen), Teil 1. Monographien des Römisch-Germaisches Zentralmuseum Mainz 40: 101-180.

Strani, F., DeMiguel, D., Alba, D.M., Moyà-Solà, S., Bellucci, L., Sardella, R. and Madurell-Malapeira, J., 2019. The effects of the "0.9 Ma event" on the Mediterranean ecosystems during the Early-Middle Pleistocene transition as revealed by dental wear patterns of fossil ungulates. Quaternary Science Reviews, 210, pp.80-89.

Tong, H.W., Chen, X. and Zhang, B., 2017. New fossils of Bison palaeosinensis (Artiodactyla, Mammalia) from the steppe mammoth site of Early Pleistocene in Nihewan Basin, China. Quaternary International, 445, pp.250-268.

INFLUENCIA DE LOS CICLOS CLIMÁTICOS DE ALTA FRECUENCIA EN LA DISTRIBUCIÓN DE LA FLORA DEL TRÁNSITO EOCENO-OLIGOCENO DE LA CUENCA DEL EBRO ORIENTAL

A. Tosal[1], L. Valero[2], J. Sanjuan1[,3] & C. Martín-Closas[1]

1 Departament de Dinàmica de la Terra i de l'Oceà, Facultat de Ciències de la Terra, Institut de Recerca de la Biodiversitat (IRBio), Universitat de Barcelona. Martí i Franqués s/n. 08028 Barcelona.

2 Département des Sciences de la Terre, Université de Genève, 1205 Ginebra, Suiza

3 Department of Geology. American University of Beirut-AUB, 11-0236, Beirut, Líbano

En el límite Eoceno-Oligoceno tuvo lugar uno de los cambios climáticos más importantes del Cenozoico. En el centro y norte de Europa se han llevado a cabo un número considerable de reconstrucciones paleoclimáticas del Tránsito Eoceno-Oligoceno (TEO) y la mayoría de ellas se han basado en macroflora (Mosbrugger et al., 2005; Eldrett et al., 2009; Hren et al., 2013). Sin embargo, este cambio climático, al sur de Europa y particularmente en la Península Ibérica aún es poco conocido (Fernández-Marrón, 1973; Cavagnetto y Anadón, 1996, Sanz de Siria, 1996; Barrón et al., 2010). En este trabajo, se analizan los parámetros paleoclimáticos de dos localidades paleobotánicas (Sarral y Cervera) situadas en el sector oriental de la Cuenca del Ebro a partir del método CLAMP (*Climate Leaf Analysis Multivariate Programe*). Estas dos localidades han sido datadas por métodos magnetostratigráficos (Barberà et al., 2001) y biostratigráficos (Sanjuan et al., 2016). La localidad paleobotánica de Sarral es de edad priaboniense (34,4 Ma), mientras que Cervera es de edad rupeliense (32 Ma) abarcando el cambio climático del tránsito Eoceno-Oligoceno. La comparación de los resultados obtenidos en ambas localidades muestra una bajada de la temperatura y un incremento de la estacionalidad y de la precipitación entre el Priaboniense superior y el Oligoceno inferior. Los cambios en la temperatura y estacionalidad coinciden con la tendencia general previamente descrita para el TEO (Utescher et al., 2015). No obstante, el incremento de la pluviometría presenta una tendencia opuesta a la esperada. Estos resultados combinados con los estudios previos de sedimentología, tafonomía y paleoecología realizados en estas localidades (Tosal y Martín-Closas, 2016; Tosal et al., 2018) permiten proponer una hipótesis para comprender estos resultados anómalos. A partir del estudio sedimentológico detallado de las localidades estudiadas se observa que la posición estratigráfica de los niveles ricos en hojas corresponde a fases opuestas de ciclos de somerización lacustre, que pertenecerían a su vez a diferentes estadios de pre-

cesión orbital. Así, la flora priaboniense de Sarral representaría los estadios secos de dichos ciclos de precesión, proporcionando una pluviometría relativamente baja. Por otro lado, la flora rupeliense de Cervera se localizaría dentro del estadio húmedo de un ciclo similar mostrando una pluviometría más alta.

Los resultados paleoclimáticos junto con los análisis de facies, tafonómicos y paleoecológicos permiten un mayor conocimiento de la distribución paleoambiental de las plantas en estas dos localidades. Asimismo, los resultados paleoclimáticos permiten interpretar las diferencias paleoambientales entre estas localidades. Por ejemplo, el clima relativamente más seco del Priaboniense de Sarral habría inducido a las lauráceas a crecer en los biotopos más húmedos de la zona, como por ejemplo las orillas de un lago o los márgenes de ríos, de donde obtendrían la humedad necesaria para desarrollarse. Por el contrario, el aumento de la pluviometría durante el Oligoceno inferior de Cervera habría permitido a las lauráceas alejarse de estas zonas húmedas y crecer más allá de la vegetación ripícola formando pequeñas laurisilvas. Por otro lado, la vegetación de tipo sabana crecía en las zonas más alejadas de los paleolagos. Este bioma muestra un aumento de su biodiversidad en el Oligoceno inferior de Cervera en comparación al Priaboniense de Sarral. Esta comunidad estaría dominada en Cervera por especies pertenecientes a las fabales, *Rhus* (por ejemplo, *Rhus asymmetrica* Tosal et al., 2019) y *Rhamnus* mientras que en Sarral únicamente dominarían las fabales y *Zizyphus*.

En conclusión, los resultados paleoclimáticos de las dos localidades estudiadas obtenidos con el método CLAMP muestran que los ciclos de alta frecuencia probablemente relacionados con ciclos orbitales de precesión, influyen de manera muy significativa en la tendencia global de un cambio climático de largo plazo como es el caso del TEO. Estos ciclos serían determinantes para comprender las diferencias entre floras locales, pero enmascaran ciertos parámetros climáticos con un orden de ciclicidad a más largo plazo. Por otra parte, este estudio resalta la necesidad de análisis multidisciplinares para interpretar correctamente el paleoclima. La integración de la cicloestratigrafía, sedimentología, tafonomía y paleoecología son cruciales para entender el contexto climático de una localidad paleobotánica durante el cambio climático global de largo plazo.

Agradecimientos

Este estudio ha estado financiado por el proyecto CGL2015-69805-P del Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO) y por el Fondo Europeo para el Desarrollo Regional (FEDER). También se ha beneficiado del proyecto 2017SGR-824 del AGAUR (Agencia de Gestión de Ayudas Universitarias y de Investigación) y de la beca pre-doctoral 2016FI_B 00019 de la Generalitat de Catalunya.

Bibliografía

Barberà, X., Cabrera, L., Marzo, M., Parés, J.M., 2001. A complete terrestrial Oligocene magnetobiostratigraphy from the Ebro Basin, Spain. Earth and Planetary Science Letters, 187(1), 1–16.

Barrón, E., Rivas-Carballo, R., Postigo-Mijarra, J.M., Alcalde-Olivares, C., Vieira, M., Castro, L., Pais, J., Valle-Hernández, M., 2010. The Cenozoic vegetation of the Iberian Peninsula: a synthesis. Review of Palaeobotany and Palynology, 162, 382–402.

Cavagnetto, C., Anadón, P., 1996. Preliminary palynological data on floristic and climatic changes during the Middle Eocene-Early Oligocene of the eastern Ebro Basin, northeast Spain. Review of Palaeobotany and Palynology, 92, 281–305.

Eldrett J.S., Greenwood, D. R., Harding, I.C., Huber M., 2009. Increased seasonality through the Eocene to Oligocene transition in northern high latitudes. Nature, 459, 969–973.

Fernández-Marrón, M.T., 1973. Reconstrucción del paleo-

clima del yacimiento oligocénico de Sarreal (Tarragona), a través del estudio morfológico de los restos foliares. Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Geología), 71 (3–4), 243–258.

Hren. M.T., Sheldon, N. D., Grimes, S. T., Collinson, M. E., Hooker, J. J., Bugler M., Lohmann, K.C., 2013. Terrestrial cooling in Northern Europe during the Eocene–Oligocene transition, 110(19), 7562–7567.

Mosbrugger, V., Utescher, T., Dilcher D. L., 2005. Cenozoic continental climatic evolution of Central Europe. Proceedings of the National Academy of Sciences, 102 (42), 14964–14969.

Sanjuan, J., Martín-Closas, C., 2016. Bioestratigrafía de carofitas del Eoceno superior y Oligoceno inferior de la Cuenca del Ebro oriental. Geogaceta, 60, 75–78.

Sanz de Siria, A., 1996. Estudio paleoecológico y paleoclimático de la macroflora oligocena de Cervera (Lleida, España). Treballs del Museu de Geologia de Barcelona, 5, 143–170.

Tosal, A., Martín-Closas, C., 2016. Taphonomy and palaeoecology of the Oligocene flora from Cervera (Catalonia, Spain) and their implication in palaeoclimatic reconstruction. Review of Palaeobotany and Palynology. 233, 93–103.

Tosal, A., Sanjuan, J., Martín-Closas, C., 2019. Foliar adaptations of Rhus sp. nov. from the Oligocene of Cervera (Catalonia, Spain). Palaeoclimatic implication, Review of Palaeobotany and Palynology, 261, 67–80.

Tosal, A., Sanjuan, J., Cartanyà, J., Martín-Closas, C., 2018. Taphonomy and palaeoecology of the uppermost Eocene flora from Sarral (Eastern Ebro Basin): Palaeoclimatic implications. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 497, 66–81.

CONODONTO-BIOESTRATIGRAFÍA DE ALTA RESOLUCIÓN EN EL LOCHKOVIENSE (DEVÓNICO INFERIOR) DE LOS PIRINEOS, CAMBIOS CLIMÁTICOS, CICLOS DE MILANKOVITCH

J.I.Valenzuela-Ríos & J.-C. Liao

Departamento de Botánica y Geología, Universidad de Valencia; c/ Dr. Moliner 50; 46100 Burjasot; jose.i.valenzuela@uv.es; jau.liao@uv.es

La secuencia sedimentaria del Lochkoviense (Devónico inferior) expuesta en ocho secciones de los Pirineos Centrales Españoles ha demostrado ser fundamental y de referencia para la subdivisión del Lochkoviense en tres subpisos. Los detallados estudios, capa a capa, del contenido paleontológico de los estratos de estas secciones apoyan las interpretaciones filogenéticas y evolutivas de varios linajes de conodontos que son la base para el establecimiento de un sistema jerárquico de unidades bio-cronoestratigráficas de referencia mundial. Estas unidades no presentan ni huecos ni solapes entre ellas. El sistema nomenclatorial utilizado para nombrarlas se basa en Murphy (1977) y ha sido aplicado con éxito tanto en el Lochkoviense medio (Valenzuela-Ríos & Murphy, 1997; Valenzuela-Ríos et al., 2015; Murphy & Valenzuela-Ríos, 1999, 2017) como en el Lochkoviense superior (Valenzuela-Ríos, 1994; Valenzuela-Ríos et al., 2015). Este sistema se basa en el reconocimiento de eventos evolutivos y los utiliza para limitar, y nombrar, la base y techo de cada una de las unidades consideradas. Este modo de proceder tiene la ventaja de conferir estabilidad a la subdivisión zonal, proporcionarle un significado claro, sin ambigüedades y dotarle de flexibilidad para poder acomodar los nuevos resultados de la investigación sin afectar al significado original de las unidades descritas.

La aplicación de esta metodología a las secciones pirenaicas permite establecer y reconocer unidades estratigráficas, cuya duración temporal estimada es, para algunos intervalos, inferior a 200.000 años.

Los sedimentos del Lochkoviense inferior se depositaron, en La mayoría de las secciones, en un ambiente marino tranquilo somero y euxínico que durante el Lochkoviense medio pasó a un ambiente con mayor contenido en oxígeno y el desarrollo de una rampa carbonatada hemipelágica, donde son frecuentes las facies de aguas someras por debajo del nivel de acción de las olas (Valen-

zuela-Ríos & Liao, 2012; 2017). Esto se tradujo en un cambio de sedimentación desde arcillas negras con intercalaciones de unas pocas capas de calizas negras ricas en cefalópodos ortocónicos, escasez de fauna bentónica y ausencia de bioturbación (Lochkoviense inferior) a capas de calizas claras (5-20 cm) separadas por interestratos margosos y arcillosos de colores claros (2-4 cm) con abundante fauna bentónica, bioturbación y frecuente presencia de superficies de "hard-ground" en los techos de las capas de caliza (Lochkoviense medio y superior). Este cambio en la dinámica oceánica podría estar ligado a un cambio climático intra-Lochkoviense, pero este tipo de estudios combinados no han podido acometerse todavía por falta de la financiación necesaria para su desarrollo.

Durante el Lochkoviense medio se registran numerosos Bioeventos que forman una de las bases más sólidas para la correlación global. En concreto, los pasos evolutivos registrados en cuatro géneros (*Ancyrodelloides*, *Lanea*, *Flajsella* y *Masaraella*) complementados con los registros de *Kimognathus* e *Icriodus* proporcionan la más alta resolución biocronoestratigráfica que se conoce para la subdivisión detallada y posterior correlación dentro del Devónico Inferior. En el Lochkoviense superior los pasos evolutivos dentro de los géneros *Masaraella* y *Pedavis* junto con los eventos de innovación del género *Icriodus* permiten una subdivisión y correlación global de este intervalo.

Los primeros estudios combinados de bioestratigrafía con conodontos de alta resolución y métodos geofísicos y petrológicos (Susceptibilidad Magnética y estudios de láminas delgadas) han identificado por primera un cambio climático en el tránsito del Lochkoviense al Praguiense en el Pirineo (Slavík et al., 2016).

El conocimiento actual de las secciones pirenaicas permite la integración de la alta resolución biocronoestratigráfica alcanzada (y mejorable para determinados intervalos, especialmente en el Lochkoviense inferior), con el registro de Geo y Bioeventos y con la existencia de un patrón de alternancia, bien datado, en la secuencia sedimentaria de calizas y margas que sugieren cambios del nivel del mar. Todo ello confiere a estas secciones las condiciones ideales para comenzar con trabajos centrados en técnicas cicloestratigráficas que permitan analizar el papel de los factores astronómicos en los cambios ya observados en las secuencias pirenaicas.

Agradecimientos

Este trabajo constituye una contribución al Proyecto PICG-652 "Reading geologic time in Palaeozoic sedimentary rocks". Representa una contribución del GIUV2017-395.

Bibliografía

Murphy, M.A. 1977. On time-stratigraphic units. Journal of Paleontology 51 (2): 213-219.

Murphy, M.A. & Valenzuela-Ríos, J.I. 1999. Lanea new genus, lineage of Early Devonian conodonts. Bolletino della Società Paleontologica Italiana, 37 (2/3): 321-334.

Murphy, M. A. & Valenzuela-Ríos, J.I. 2017. Reconstruction of the skeletal apparatus of Flajsella Valenzuela-Ríos and Murphy 1997 (Devonian conodont). Stratigraphy, 14: 285-297.

Slavík, L.; Valenzuela-Ríos, J.I.; Hladil, J.; Chadimová, L.; Liao, J-C.; Hušková, A.; Calvo, H. & Hrstka, T. 2016. Warming or cooling in the Pragian? Sedimentary record and petrophysical logs across the Lochkovian–Pragian boundary in the Spanish Central Pyrenees. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology , 449: 300-320.

Valenzuela-Ríos, J.I. 1994. The Lower Devonian conodont Pedavis pesavis and the pesavis Zone. Lethaia 27 (3): 199-207.

Valenzuela-Ríos, J. I. & Liao, J.-C. 2012. Color change and Global Events, a hoax? A case study from the Lochkovian (Lower Devonian) in the Spanish Central Pyrenees. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 367-368: 219-230.

Valenzuela-Ríos, J.I. & Liao, J.-C.(2017. Middle and upper Lochkovian (Lower Devonian) at Segre 5 section. Berichte des Institutes für Erdwissenschaften, Karls-Franzes-Universität Graz, 23:65-67.

Valenzuela-Ríos, J.I. & Murphy, M. A. 1997. A new zonation of middle Lochkovian (Lower Devonian) conodonts and evolution of Flajsella n. gen. (Conodonta).In: G. Klapper, M.A. Murphy and J.A. Talent (eds), "Paleozoic Sequence Stratigraphy and Biogeography: Studies in Honor of J. Granville ("Jess") Johnson", Memoir of the Geological Society of America Special Paper 321: 131-144.

Valenzuela-Ríos, J.I.; Slavík, L.; Liao, J-C.; Calvo, H.; Hušková, A. & Chadimová, L., 2015. The middle and upper Lochkovian (Lower Devonian) conodont successions in peri-Gondwana key localities (Spanish Central Pyrenees and Prague Synform) and their relevance for global correlations. Terra Nova 27: 409-415.

ACCESIBILIDAD A LAS COLECCIONES PALEONTOLÓGICAS: LA BASE DE DATOS DE TIPOS DEPOSITADOS EN CATALUÑA

V. Vicedo[1], L. Troya[1], R. Robles-Salcedo[1], J.F. Carrasco[2], P. Adserà[2], C. Puig[3] & X. Berástegui[3]

1 Departament de Paleontologia, Museu de Ciències Naturals de Barcelona, Passeig Picasso, s/n, 08003 Barcelona

2 Museo Geológico del Seminario de Barcelona, c/ Diputació 231, 08007 Barcelona

3 Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya, Parc de Montjuïc, 08038 Barcelona

Resumen

El trabajo coordinado entre el ICGC (Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya), el MGSB (Museu Geològic del Seminari de Barcelona) y el MCNB (Museu de Ciències Naturals de Barcelona) ha posibilitado la creación de una base de datos de los tipos paleontológicos depositados en ambos museos, accesible en la red. El proyecto, promovido por el ICGC, se inició el año 2010 entre el ICGC i el MGSB y luego, en 2015, el MCNB se sumó al mismo. El proyecto pretende consolidarse como una herramienta interoperativa, cuyo objetivo no se restrinja al simple intercambio de información, sino que aspira a convertirse en una herramienta que complemente la difusión del contenido de las colecciones científicas, también las custodiadas en otras instituciones, y llegue a ser un instrumento útil para la compleja empresa de protección del patrimonio paleontológico.

Introducción

Las colecciones paleontológicas del Museu de Ciències Naturals de Barcelona (MCNB) y del Museo Geológico del Seminario de Barcelona (MGSB) pueden ser consideradas como dos de las principales colecciones de paleontología de Cataluña en términos numéricos, históricos y de diversidad taxonómica. Dichas colecciones constituyen un patrimonio de relevancia nacional e internacional ya que los tipos paleontológicos pueden considerarse como elementos clave, por tratarse de especímenes únicos y de referencia.

Por una parte, el MCNB, heredero del Museo Martorell de Arqueología e Historia Natural y del Museo de Geología de Barcelona, sucesivamente, posee un valioso patrimonio paleontológico con colecciones insignia como las de Lluís Marià Vidal i Carreras (Barcelona, 1842 - 1922) y gran parte de la de José Fernández de Villalta i Comella (Barcelona, 1913 - 2003), así como —parcialmente—

las colecciones relacionadas con la elaboración del Mapa Geológico de Cataluña a escala 1/100.000 (1919-1923), entre muchas otras (Gómez-Alba, 1997, Masriera, 2006). Todas estas colecciones históricas, junto con la actividad científica actual desarrollada por los científicos, técnicos y colaboradores del MCNB, han librado y libran material tipo que se conserva y gestiona desde el Departamento de Paleontología.

Por otra parte, el MGSB, fundado en 1874, cuya principal actividad ha sido siempre los trabajos de Paleontología, también custodia valiosas colecciones históricas, fruto del trabajo de eminentes geólogos como Jaume Almera i Comas (Vilassar de Mar, 1845 - Barcelona, 1919), fundador del MGSB y discípulo de José Joaquín Landerer (Valencia, 1841-Tortosa, 1922), y de su sucesor Josep Ramon Bataller i Calatayud (la Pobla del Duc, 1890 - Barcelona, 1962). Almera fue el encargado de los trabajos para la confección del Mapa Geológico y Topográfico, de la provincia de Barcelona a escala 1:40.000. Actualmente, la colección de material tipo sigue creciendo por las donaciones de investigadores y por la actividad de los científicos del propio Museo. La tipoteca del MGSB, donde se exponen los holotipos, fue promovida por Lluís Via (1910-1991) y Sebastián Calzada, actual director del museo, en el año 1987 y cuyos catálogos se han divulgado adecuadamente (Calzada & Urquiola, 1992 y 1997, Vilella y Calzada, 2007 y Adserà y Calzada, 2009).

Las dos instituciones custodian un rico patrimonio, no sólo paleontológico, sino también bibliográfico y cartográfico, que resalta su particular trascendencia en la Geología de Cataluña y su repercusión en la escena internacional. Atender las necesidades documentales y de conservación y divulgación es, en el contexto socio-económico actual, más importante que nunca. En este sentido, el proyecto de una base de datos de tipos consultable en internet se erige como un elemento clave para acercar las colecciones a los investigadores y al público en general, y para darles un uso práctico de carácter técnico que va más allá del interés pedagógico y científico tradicional. El ICGC, valorando este uso técnico y en el marco de sus funciones definidas en la ley de creación del Instituto Geológico de Catalunya (Artículo 3.2.q, Ley 19/2005, de 27 de diciembre), se ha propuesto difundir todos los datos relativos a los tipos paleontológicos que se encuentran depositados en Cataluña.

El Proyecto Interoperativo ICGC- MGSB-MCNB

El ICGC, en sus trabajos de cartografía geológica y, para el buen desarrollo de las funciones que les son propias, ha puesto especial interés en la agrupación de toda la información relacionada con los especímenes más valiosos del patrimonio paleontológico: los tipos. Para ello, se ha fijado como principal objetivo la realización de una base de datos armonizada. La concentración de esta información en un mismo recurso en línea, que permita el acceso libre a la información, cumple con dos objetivos. El primero, disponer de la información actualizada y depurada de los yacimientos para complementar los estudios cartográficos y de protección de patrimonio frente a los proyectos que se ubican en suelo no urbanizable; y el segundo, contribuir a dar mayor difusión a esta valiosa parte del patrimonio paleontológico. El proyecto contempla la limitación en la difusión de los datos asociados a tipos, especialmente los referidos a la ubicación y características exactas de los yacimientos.

En una fase inicial del proyecto, se constituyó un portal web donde se publicó la información de los ejemplares catalogados como "holotipos", partiendo de la realización de una base de datos que recopilaba los diversos Catálogos de Holotipos, publicados por el MGSB, que se actualizan periódicamente (ver referencias). Actualmente, el proyecto está en una segunda fase en la que, ya

armonizadas las bases de datos de los dos museos, se está llevando a cabo una revisión del recurso *online* en internet para integrar los datos de la colección de tipos del MCNB.

Las bases de datos como punto de partida

La correcta gestión de las colecciones requiere, hoy día, la informatización y digitalización de todos los datos asociados a los ejemplares. Poner al día la ingente cantidad de información asociada no ha sido, ni es, tarea sencilla y requiere de una planificación y ejecución ordenada del trabajo. Las bases de datos informáticas existentes en el MCNB y en el MGSB han sido la base a partir de la cual se ha desarrollado el proyecto. En el caso del MCNB, aunque el grado de inventario y documentación de la colección no alcanza el 100% de la misma, se ha considerado el material sobre el cual se tenía algún tipo de referencia (registros informáticos, fichas en papel, referencias bibliográficas, etc.).

La misma historia de las instituciones museísticas, que arrastran desde prácticamente su fundación una falta de financiación adecuada, ha hecho que no se haya estado trabajando en calidad de datos durante mucho tiempo. También hay que tener en cuenta que la informática, como medio de gestión, ha aparecido hace relativamente poco tiempo con respecto a la vida de los museos. En el caso concreto del MCNB, con el objetivo de revertir esta situación, se está invirtiendo actualmente una considerable cantidad de recursos en la optimización de dichas bases de datos, encaminada a completar la información y a atomizarla para su óptima explotación. Por lo que respecta a los tipos, esta inversión ha tenido su primer resultado recientemente con la publicación del listado de los tipos de la colección J.F. de Villalta del MCNB (Troya et al., 2016).

¿Holotipos o Tipos Portanombre? Un trabajo bibliográfico exhaustivo en el MCNB

Una de las principales dificultades que nos hemos encontrado en el MCNB durante el proceso de documentación es la confusión que ha habido clásicamente entre el concepto de holotipo y el de tipo nomenclatural. En este sentido, el trabajo se ha centrado en discriminar los auténticos tipos nomenclaturales o tipos portanombre, que son los que justifican el nombre científico de una especie, del resto de tipologías en las que se clasifica el material tipo. Tradicionalmente se ha hecho un mal uso del término "Holotipo", otorgando esta categoría a los especímenes simplemente figurados en la descripción original, sin tener en cuenta que, en ausencia de designación explícita, todos los ejemplares sobre los que un autor establece un taxón nominal de nivel de especie constituyen colectivamente el tipo portanombre (holotipo si es un único ejemplar o sintipos si es un conjunto). El proceso de tipificación para la aplicación de un nombre científico es un requisito que viene establecido en las normas y recomendaciones de los Códigos Internacionales de Nomenclatura Botánica y Zoológica. No obstante, en artículos antiguos, e incluso aún en algunos modernos, no se seguía un criterio común y cada autor o autora definía los taxones con criterios diferentes. Algunos/as usaban dibujos, otros/as publicaban fotografías, e incluso se dan casos en los que no aparece ningún material figurado en el artículo. Se añade el hecho de que en el texto no se señalaba cuál era el holotipo, cuáles los paratipos, etc., tal y como actualmente exige, en el caso de las disciplinas zoológicas, la Comisión Internacional de Nomenclatura Zoológica (conocida por sus siglas en inglés *ICZN*).

Por eso, para documentar correctamente el material tipo *sensu lato* se ha tenido que hacer un trabajo de investigación y documentación riguroso que ha consistido, esencialmente, en la búsqueda de las publicaciones originales y ajustar, en algunos casos, la clasificación tipológica en función de los criterios establecidos por los códigos internacio-

nales. Así, y para que sirva de ejemplo, algunos especímenes que estaban descatalogados como material tipo han sido incorporados a la base de datos después de la revisión, pues debían considerarse como serie sintípica –el holotipo no estaba explícitamente distinguido en la publicación original.

Conclusiones y Perspectivas de Futuro

Hasta la fecha, se han contabilizado más de 1.400 especímenes tipos portanombre entre las dos instituciones, MGSB y MCNB. La base de datos de tipos de Cataluña gestionada y servida desde el ICGC, pretende consolidarse como un proyecto vivo a largo plazo con la actualización periódica de su contenido y tiene previsto incluir, en un futuro, la información de las colecciones de otras instituciones del territorio. Las universidades y otros centros de investigación son firmes candidatos a ser integrados en el equipo de trabajo, aportando la información relativa al contenido de tipos en sus colecciones paleontológicas.

Agradecimientos

Agradecemos de manera especial a la *Oficina de Suport a la Iniciativa Cultural*, del *Departament de Cultura (Generalitat de Catalunya)*, la ayuda económica recibida en forma de subvención al MCNB en el marco del programa de concesión de ayudas para el inventario y documentación de los bienes culturales que integran los museos catalanes.

Bibliografía

Adserà P. y Calzada S. 2009. Holotipos y neotipos depositados en el MGSB (2000-2008) y adenda al Catálogo y a los Suplementos. Scripta MGSB, Series Palaeontologica, 8, 28 pp. Barcelona.

Calzada, S. y Urquiola, M. 1992. Catálogo de los holotipos conservados en el Museo Geológico del Seminario de Barcelona. Trabajos del MGSB, 223, 127 pp. Barcelona.

Calzada, S. y Urquiola, M. 1997. Primer Suplemento al Catálogo de Holotipos del Museo Geológico del Seminario de Barcelona. Scripta MGSB, 228**,** 40 pp. Barcelona

Gómez-Alba, J. 1997. Catálogo razonado de los vertebrados fósiles de España del Museo de Geología de Barcelona (1882- 1982). Treballs del Museu de Geologia de Barcelona, 6, 296 pp.

Masriera, A. 2006. El Museu Martorell, 125 anys de Ciències Naturals (1878-2003). Monografies del Museu de Ciències Naturals, 3.

Troya, L., Vicedo, V. y Robles-Salcedo, R. 2016. Listado de tipos de la colección paleontológica J. Fernández de Villalta conservada en el Museo de Ciencias Naturales de Barcelona. Geo-Temas, 16 (1): 713-716.

Vilella J. y Calzada S. 2007. Segundo Suplemento al Catálogo de Holotipos del Museo Geológico del Seminario de Barcelona. Scripta MGSB, Series Palaeontologica Num. 3, 36 pp. Barcelona.

MONTAJES DE ESQUELETOS DE SAUROPODOMORFOS COMO HERRAMIENTA PARA EVALUAR HIPÓTESIS CIENTÍFICAS

D. Vidal

Grupo de Biología Evolutiva, UNED. Facultad de Ciencias, Paseo Senda del Rey 9. 28040 Madrid. Madrid. España. eoalulavis@gmail.com

Los montajes de esqueletos fósiles han sido, durante los dos últimos siglos, una atracción muy popular en museos de historia natural y ciencias naturales. El primer vertebrado fósil que recibió un nombre científico, *Megatherium americanum*, también fue reconstruido como un montaje físico usando los fósiles originales (López Piñero, 1988). Este montaje, llevado a cabo por el pionero valenciano Juan Bautista Bru, fue crucial en el estudio del fósil, algo patente incluso en el título de una sección en el trabajo original de Bru: "Descripción del esqueleto en particular, según las observaciones hechas al tiempo de armarle y colocarle en este Real Gabinete".

No obstante, algunos investigadores se han pronunciado en contra de los montajes esqueléticos, tanto de fósiles originales como réplicas. El principal argumento en contra de montar un esqueleto fósil original tiene que ver con su conservación: condiciones cambiantes de temperatura y humedad, así como las vibraciones del caminar de los visitantes a su paso por las exhibiciones pueden dañar a largo plazo ejemplares únicos, a veces de forma permanente (Horner y Lessem, 1993). Además, los montajes hacen que los huesos originales sean de más difícil acceso para los investigadores (Horner & Lessem, 1993). El montaje de réplicas también ha sido criticado: los huesos pueden montarse de manera poco realista, por tanto extendiendo nociones sobre los animales que no están sustentadas por evidencia científica (Dingus, 1995; Horner & Lessem, 1993).

No obstante, muchos casos han demostrado, durante más de un siglo, que esqueletos montados siguiendo un criterio riguroso son clave para entender el plan corporal, biomecánica e incluso homología anatómica de algunos huesos. Asimismo, muchos conceptos erróneos o interpretaciones equivocadas se han debatido en la literatura científica durante décadas debido a montajes esqueléticos pobremente ejecutados.

Un ejemplo del primer caso lo encontramos con los montajes de *Diplodocus carnegie* que fueron regalados por el filántropo Andrew Carnegie a más de una docena de instituciones en todo el mundo. Este montaje, con base en los ejemplares CM84 y CM94 del Carnegie Museum (suplementado con dos ejemplares adicionales para partes menores), fue ejecutado reconstruyendo a *Diplodocus* como un animal cuadrúpedo graviportal de extremidades columnares, como habían postulado eminencias decimonónicas como Richard Owen, Edward D. Cope u Othniel C. Marsh. Sin embargo, algunos científicos norteamericanos (Hay, 1908) y europeos (Tornier, 1909) reaccionaron al montaje con cierto escepticismo, proponiendo que puesto que *Diplodocus* era un reptil, debería reptar como tal. Aunque tal deducción era coherente con el contexto filogenético de los dinosaurios tal cual se concebía a comienzos del siglo XX, la hipótesis de los saurópodos reptantes fue refutada contundentemente por William Holland del museo Carnegie, quien había supervisado todos los montajes de *Diplodocus*.

En su elegante respuesta, Holland llevó a cabo un experimento con uno de las réplicas del esqueleto de *Diplodocus*, intentando articular los huesos para conseguir las posturas dibujadas por Hay y Tornier (Holland 1910). En este proceso, Holland descubrió que para obtener esta postura 1) el fémur se tendría que desarticular del acetábulo y de la tibia y fíbula, que 2) las líneas de acción de la mayor parte de musculatura de las piernas serían completamente ineficientes hasta el punto de no ser funcionales y que 3) la comprimida y profunda caja torácica del animal, completamente distinta de la de cocodrilos y lagartos, alcanzaría el suelo antes de que el animal flexionara completamente las rodillas. Holland usó este dato para ridiculizar con sarcasmo los trabajos de Hay y Tornier, incidiendo en que para poder caminar los saurópodos habrían tenido que desplazarse por trincheras previamente excavadas. Holland también hizo hincapié en que realizar experimentos con replicas 1:1 de fósiles de animales tan grandes era una tarea ardua, y al alcance de unos pocos. El experimento fue no obstante de gran utilidad para refutar la hipótesis de Hay y Tornier.

El mismo montaje esquelético de *Diplodocus* sin embargo ayudó también a extender una idea incorrecta: que los dinosaurios saurópodos arrastraban la cola. Tanto el *Diplodocus* de Carnegie como el apatosaurino del American Museum of Natural History (AMNH 460), el *Brontosaurus* del Yale Peabody Museum (YPM 1980) o el apatosaurino en el Field Museum of Natural History (FMNH P 25112) fueron montados arrastrando la cola, imitando el *high walk* de los cocodrilos actuales. Un análisis de estos montajes, tanto de aquellos que no han cambiado como de las fotografías de aquellos que han sido remontados, muestra que muchas vértebras caudales se desarticularon para conseguir esa caída suave de la cola. Como los dinosaurios "debían" arrastrar sus colas, las vértebras se desarticularon deliberadamente para llegar a esta noción preconcebida. Cuando Charles Gilmore dirigió el montaje de un ejemplar de *Diplodocus* (USNM 10865) para la Smithsonian Institution, se dio cuenta de que al articular las vértebras caudales no se producía una caída suave pero abrupta de la cola como en el *Diplodocus* del Carnegie Museum. Por ello, ejecutó un montaje con la cola mucho más elevada, aunque arrastrándose en su porción final (Gilmore, 1932). Con el paso de los años, los montajes de principios del siglo XX se desmontaron para ser erigidos de nuevo en base a la evidencia tanto osteológica como icnológica, que mostraba que los dinosaurios no arrastraban la cola (Dingus, 1995; Carpenter, Madsen, y Lewis, 1994), y por tanto llevándola más elevada aún que el montaje del *Diplodocus* USNM 10865 de Gilmore.

Aunque es un hecho que los montajes esqueléticos han sido una herramienta útil para contrastar hipótesis, también han servido para extender nociones equivocadas no basadas en la evidencia

disponible. Esto pone de manifiesto la necesidad de establecer unos criterios básicos a la hora de ejecutar estos montajes:

1. Usar el ejemplar más completo disponible como la base del montaje. Si otros ejemplares se usan para complementar elementos ausentes, debe siempre identificarse la procedencia de los huesos.

2. Los huesos deben mantenerse siempre articulados. Aunque en los dinosaurios saurópodos parece que el cartílago no preservado probablemente afectara a las capacidades de movimiento, mantener los huesos articulados siempre es evidencia de la posibilidad de adoptar una postura, minimizando la especulación.

3. Trabajar siempre sobre el esqueleto completo. Algunos estudios en módulos anatómicos aislados han tenido que ser reinterpretados a la hora de reconstruir el módulo como parte del esqueleto completo. Cualquier montaje de un esqueleto completo construido a partir de un gran número de esqueletos parciales será, hasta que aparezca un individuo más completo, una hipótesis, no evidencia directa.

4. Evitar las nociones preconcebidas. Esto es algo que nos facilita la tecnología digital: los esqueletos pueden articularse por parejas de huesos, ocultando los huesos previamente articulados. Haciendo esto, el resultado solo puede contemplarse una vez montado todo el esqueleto, minimizando la influencia de las nociones preconcebidas. De esta manera, las posturas en articulación neutra y en los análisis de rango de movimiento serán un producto de la propia anatomía con una mínima influencia de nociones preconcebidas.

Bibliografía

Carpenter, K., Madsen, J., & Lewis, A. 1994. "Mounting of fossil vertebrate skeletons". In P. Leiggi & P. May (Eds.), Vertebrate Paleontological Techniques vol. 1 (pp. 285–322). NY: Cambridge University Press.

Dingus, L. 1995. Next of Kin: Great Fossils at the American Museum of Natural History. Rizzoli International Publications.

Gilmore, C. W. 1932. "On a newly mounted skeleton of Diplodocus in the United States National Museum". Proceedings of the United States National Museum, 81, 1–21. https://doi.org/10.5479/si.00963801.81-2941.1

Hay, O. P. 1908. "On the Habits and Pose of the Sauropod Dinosaurs, especially of Diplodocus." The American Naturalist, 42(502), 672–681.

Holland, W. J. 1910. "A Review of Some Recent Criticisms of the Restorations of Sauropod Dinosaurs Existing in the Museums of the United States, with Special Reference to that of Diplodocus carnegii in the Carnegie Museum". The American Naturalist, 44, 259–283.

Horner, J. R., & Lessem, D. 1993. The Complete T. rex. Simon & Schuster.

López Piñero, J. M. 1988. "Juan Bautista Bru (1740-1799) and the description of the genus Megatherium". Journal of the History of Biology, 21(1), 147–163. https://doi.org/10.1007/BF00125797

Tornier, G. 1909. "Wie war der Diplodocus carnegii wirklich gebaut?" Sitzungsberichte Der Gesellschaft Naturforschender Freunde Zu Berlin, 4, 193–209.

SINEMURIAN (LOWER JURASSIC) GASTROPODS OF THE LUSITANIAN BASIN

I. Vitón [1], M.J. Comas-Rengifo[1] & R. Paredes [1,2]

1 Departamento de Geodinámica, Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, Avenida José Antonio Novais, 12, 28040, Madrid. iviton@ucm.es; mjcomas@geo.ucm.es.

2 Museu da Ciência da Universidade de Coimbra, Largo Marquês de Pombal, 3000-272, Coimbra & MARE - Marine and Environment Research Centre, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra. ricardo.paredes@uc.pt.

Gastropoda is an important mollusc group with a long evolutive history, from Cambrian to present, considered as an extinction resistant group (Kaim et al., 2010). Despite of its diversity and abundance, they have been the object of little systematics and stratigraphy analyses. In this work, the results on the Sinemurian gastropods of the Lusitanian Basin (Portugal) are presented, as well as its comparison with other European basins taxa records. The systematic approach was applied according to Cox (1960), Camacho & Del Río (2008) and Gatto & Monari (2010).

The specimens are from museum reference collections in Portugal and new sampled material collected by members of the Research Group *Procesos Bióticos Mesozoicos* (UCM), by detailed sampling stratigraphic work. The material from museums mainly came from Portuguese Geological Commissions that took place in 1887 and 1903 (Carneiro et al., 2014), which is kept mostly in the Museu Geológico (Lisboa) and in the Museu da Ciência da Universidade de Coimbra. From these collections, a total of 307 specimens have been examined, coming from 14 sites, localized in the coast (S. Pedro de Moel and Peniche) and inland (Coimbra outskirts), (Fig. 1A). On the other hand, 97 specimens were collected by UCM researchers, these came from complementary fossil sites in S. Pedro de Moel (SPM) area. The sites at North (Penedo do Cabo - SPM) belong to Coimbra Fm (Obtusum Chronozone), and the ones at South (Praia da Polvoeira - PO and Praia da Pedra do Ouro - OU) are stratigraphically higher (Oxynotum Chronozone) and belong to the upper part of the Coimbra Fm and the lower part of Água de Madeiros Fm (Fig. 1B).

Two taphofacies are recognised in these sections. Taphofacies type-1, with evidences of quick burial and high sedimentation rate (mudstone), in which gastropod specimens partially filled with sediment and recrystallized are present. Taphofacies type-2, characterised by a wackestone-packstone with

slow burial and low sedimentation rate processes, in these layers the inner moulds dominates.

The total 404 analysed specimens belong to 16 taxa (14 genera representing 4 orders). The results show an increase in diversity of the gastropod associations throughout Sinemurian, specifically from Obtusum to Oxynotum chronozones (Fig. 1C).

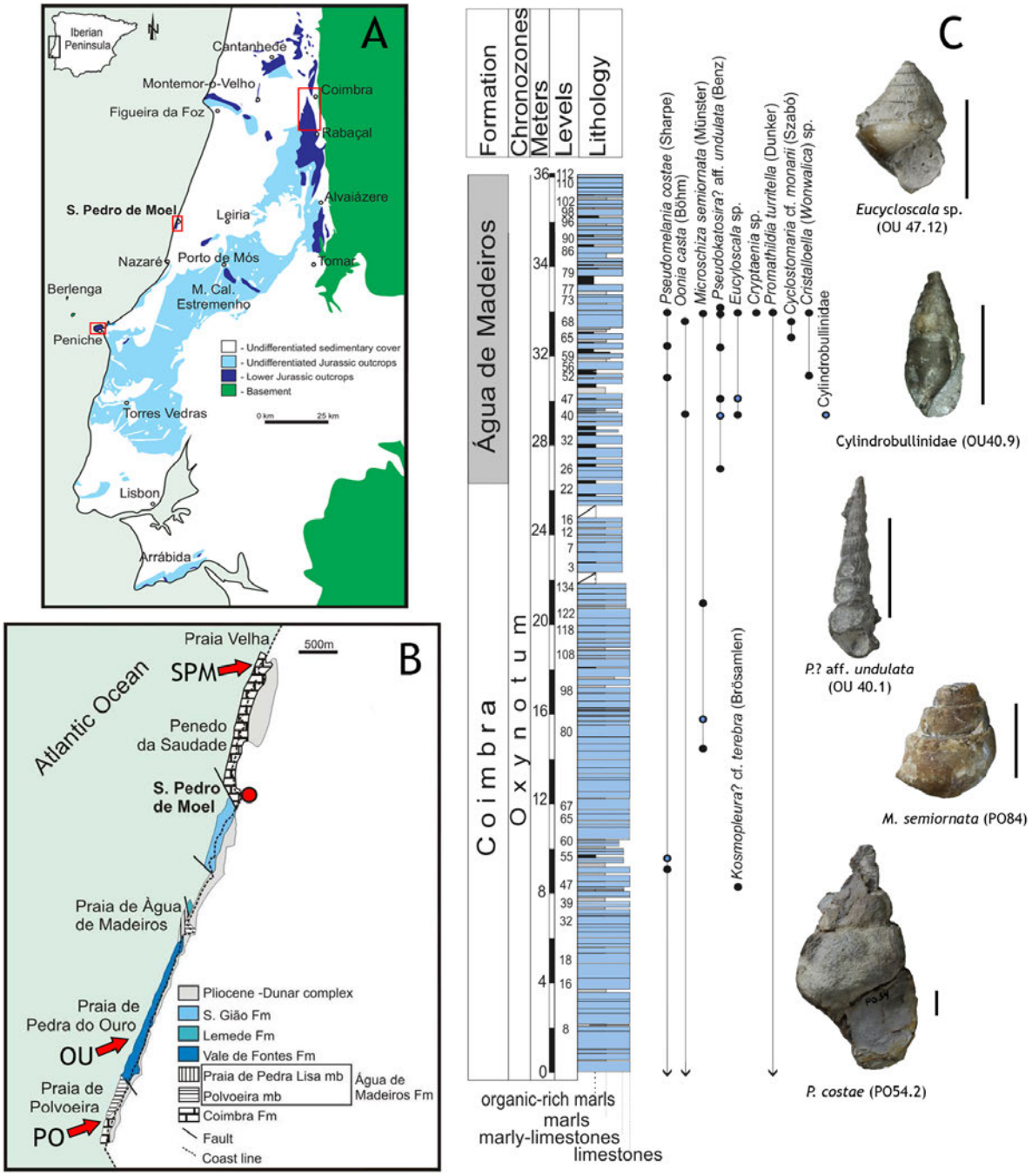

Figure 1. A. Localization of the three main areas: Coimbra, São Pedro de Moel and Peniche; B. Localization of São Pedro de Moel fossil sites (SPM=Penedo do Cabo; OU=Pedra do Ouro; PO=Praia Polvoeira) (modified from Paredes et al., 2016); C. Stratigraphic distribution of the gastropod species in Praia Polvoeira (PO) and Praia Pedra do Ouro (OU) fossil sites (modified from Duarte et al., 2014). Scale bars: 1 cm.

Pseudomelania costae and *Oonia casta* are the most frequent species, with a wide geographic and stratigraphic distribution, identified in both Obtusum and Oxynotum chronozones.

In contrast, *Nerinella ficalhoi*, *Cristalloella* (*Cristalloella*) and *Cylindrobullina* sp. were recognised only in the Obtusum Chronozone; *Microschiza semiornata*, *Pseudokatosira?* aff. *undulata*, *Kosmopleura?* cf. *terebra*, *Eucycloscala* sp., *Cyclostomaria* cf. *monarii*, *Cristalloella* (*Wonwalica*) sp. and *Cylindrobullininae* indet., in the Oxynotum Chronozone.

Some of these taxa (*N. ficalhoi*, *P. costae* y *O. casta*) are characteristic of Lusitanian Basin, whereas the others show similarities with those recorded in Luxembourg and SW Germany Upper Hettangian, and Germany and Austria Sinemurian. The review of these gastropods associations has updated the taxonomic identification of the specimens included in Choffat (1903) and Mouterde & Rocha (1981) publications.

Acknowledgements

To Museu Geológico management, Dr. Ramalho and his collaborators, for their attention during the stay in the museum. To Museu da Ciência (Coimbra University) management, for lending the Sinemurian gastropod collection. This work is a contribution to the project CGL2015-66604-R (MINECO) and to the UCM group 910431 "Procesos Bióticos Mesozoicos".

Bibliography

Camacho, H.H. & Del Rio, C.J. 2008. Gastropoda. In: Invertebrados fósiles (H.H. Camacho, M. Longobucco, Eds.). Vázquez Mazzini Editores, Buenos Aires, 323-376.

Carneiro, A., Mota, T. S., Leitão, V. 2014. O Chão que Pisamos — A Geologia ao Serviço do Estado (1848-1974). Edições Colibri/CIUHCT, Lisboa, 251.

Choffat, P. 1903. L'Infralias et le Sinémurien du Portugal. Comunicações da Comissão do Serviço Geológico de Portugal, 5, 49-114.

Cox, L.R. 1960. Gastropoda. General characteristics of Gastropoda. In: Treatise on invertebrate paleontology (R.C. Moore, Ed.). Geological Society of America, Inc. & University of Kansas Press, Nueva York, 85-168.

Duarte, L.V., Silva, R.L., Duarte, C.B., Azerêdo, A.C. & Comas-Rengifo, M.J. 2008. Litostratigrafia do Jurássico Inferior da região de S. Pedro de Moel (Bacia Lusitânica, Portugal). In: A Terra, Conflitos e Ordem. Homenagem ao Professor Ferreira Soares (P.M. Callapez, R.B. Rocha, J.F. Marques, L.S. Cunha, P.M. Dinis, Eds.), Museu Mineralógico e Geológico da Universidade de Coimbra, Coimbra, 175-185.

Duarte, L.V., Silva, R.L., Azêredo, A.C., Paredes, R. & Rita, P. 2014. A Formação de Coimbra na região de S. Pedro de Moel (Oeste de Portugal). Caracterização litológica, definição litostratigráfica e interpretação sequencial. Comunicações Geológicas, 101, Especial I, 421-425.

Gatto, R. & Monari, S. 2010. Pliensbachian gastropods from Venetian Southern Alps (Italy) and their palaeobiogeographical significance. Palaeontology, 53(4), 771-802.

Kaim, A., Nützel, A., Bucher, H., Brühwiler, T. & Goudemand, N. 2010. Early Triassic (Late Griesbachian) gastropods from South China (Shanggan, Guangxi). Swiss Journal of Geosciences, 103 (1), 121-128.

Mouterde, R. & Rocha, R.B. 1981. Atlas des fossiles caractéristiques du lias portugais. I-Lias inférieur. Ciências da Terra (UNL), 6, 49-76.

GUÍA DE LA EXCURSIÓN 1

LOS PRINCIPALES YACIMIENTOS PALEONTOLÓGICOS DE LA CUENCA DE BAZA

B. Martínez-Navarro[1,2,3], J.M. García-Aguilar[4], A. Guerra-Merchán[4], A. Granados[4], M.P. Espigares[4], S. Ros-Montoya[4] & P. Palmqvist[4]

1 IPHES, Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social, C/ Marcel.lí Domingo s/n, Campus Sescelades, Edifici W3, 43007 Tarragona, Spain

2 Area de Prehistoria, Universitat Rovira i Virgili (URV), Avda. Catalunya 35,43002 Tarragona, Spain

3 ICREA, Pg. Lluís Companys 23, 08010 Barcelona, Spain

4 Departamento de Ecología y Geología, Universidad de Málaga, Campus de Teatinos, 29071 Malaga, Spain

Introducción

La cuenca de Baza, de unos 750 km^2 de extensión, se sitúa en el S de España (Fig. 1), al NE de la depresión de Guadix-Baza. Representa una singularidad única a escala mundial, debido a tres razones. En primer lugar, hasta el momento se han localizado en ella casi un centenar de yacimientos paleontológicos de vertebrados de edad Plio-Pleistoceno (ver revisión en Maldonado-Garrido et al., 2017; Martínez-Navarro et al., 2018), algunos de los cuales contienen un registro paleobiológico de extraordinario interés, como Baza-1 (4,2 Ma: Rusciniense) o Venta Micena (1,6 Ma: Villafranquiense superior), mientras que otros incluyen algunas de las evidencias de actividad humana más antiguas de Europa occidental: Barranco León (nivel D) y Fuente Nueva-3 (ambos datados en 1,4 Ma: Villafranquiense superior); Huéscar 1 (0,8-1,0 Ma: Epivillafranquiense) y Cúllar-Baza 1 (0,7 Ma, en el límite superior del Epivillafranquiense). Esta riqueza arqueopaleontológica ha sido fruto de diversas campañas de investigación y excavaciones, llevadas a cabo desde hace más de 50 años, y ha permitido elaborar modelos paleoecológicos detallados a partir de un extenso catálogo de especies fósiles.

En segundo lugar, esta cuenca muestra uno de los registros sedimentarios continentales de edad Plio-Pleistoceno más potentes del mundo, con un espesor acumulado visible cercano a 600 m, compuesto por materiales originados en medios lacustres y fluviales, según una compleja arquitectura estratigráfica y numerosas relaciones laterales y verticales de facies (Vera, 1970; Peña, 1985; Anadón et al, 1986; Soria, 1993; Ruiz-Bustos, 1994; Viseras, 1991; García-Aguilar y Martin, 2000; García-Aguilar y Palmqvist, 2011; Viseras et al., 2014). En tercer lugar, la cuenca muestra un gran dinamismo tectónico, expresado en una compleja red de fracturas que ha condicionado la generación de surcos subsidentes y la aparición hasta la actualidad de numerosos seísmos y surgencias hidroter-

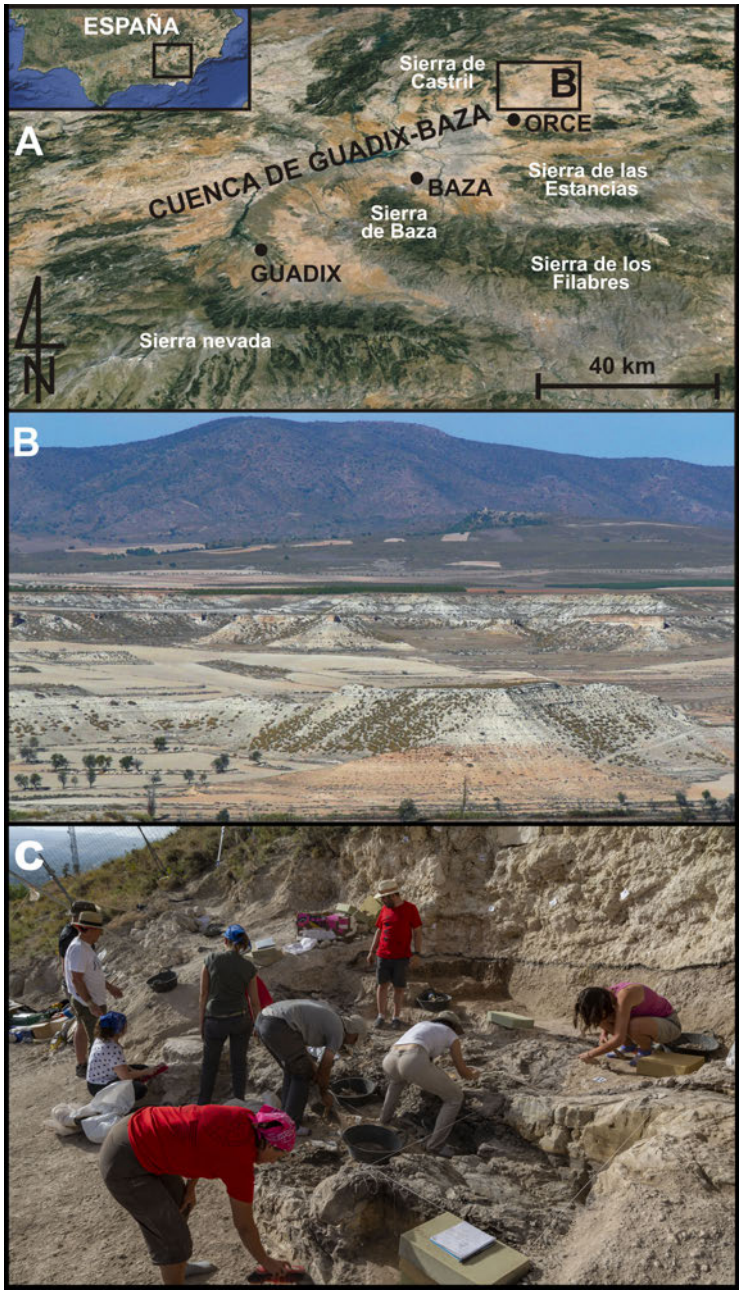

Figura 1. Localización geográfica de la cuenca de Guadix-Baza (A), paisaje típico del sector de Orce (B), que muestra al fondo los relieves que constituyen el borde Norte de la cuenca de Baza y, en primer plano, los depósitos cuaternarios asociados a relieves de cerros-testigo e imagen del yacimiento plioceno Baza-1 (C).

males (Cruz Sanjulián et al., 1972; Cruz Sanjulián y García-Rossell, 1972, 1975; Sanz de Galdeano, 1983, 1990, 2008; Diputación de Granada, 1990; Sanz de Galdeano y Vera, 1991, 1992; Sanz de Galdeano et al., 2007, 2012).

Contexto Geológico

Desde un punto de vista geológico, la cuenca de Baza se halla en el interior de la Cordillera Bética, limitando al N con relieves de sustrato pertenecientes a las Zonas Externas de esta cadena mon-

tañosa, mientras que los relieves del S pertenecen a las Zonas Internas (Fig. 2). Al O conecta con la cuenca de Guadix y al SE con la cuenca del Corredor del Almanzora. Por otro lado, la hoya de Baza se puede considerar como una cuenca intramontañosa con sedimentación continental, evolucionada a partir de un ambiente sedimentario marino que se desarrolló durante el Mioceno superior (Rodríguez Fernández, 1982; Sanz de Galdeano y Vera, 1992; Platt et al., 2013). La transformación de la cuenca marina a continental se produjo hace entre 7,5 y 7,0 Ma, a causa de importantes movimientos tectónicos regionales, que ocasionaron su levantamiento y desconexión con mar mediante la actuación de un complejo sistema de fracturas (Soria, 1993; García-Aguilar, 1997; Playá et al, 2000). De esta manera, la cuenca se transformó en endorreica y fue elevándose isostáticamente a una tasa de ~200 m/Ma (Braga et al., 2003), a la vez que experimentaba una intensa subsidencia respecto a las sierras circundantes. Estas circunstancias facilitaron la acumulación de un excepcional registro de sedimentos continentales, potente y relativamente continuo, hasta situarse su glacis en la actualidad a una altura de 1000 m s.n.m.

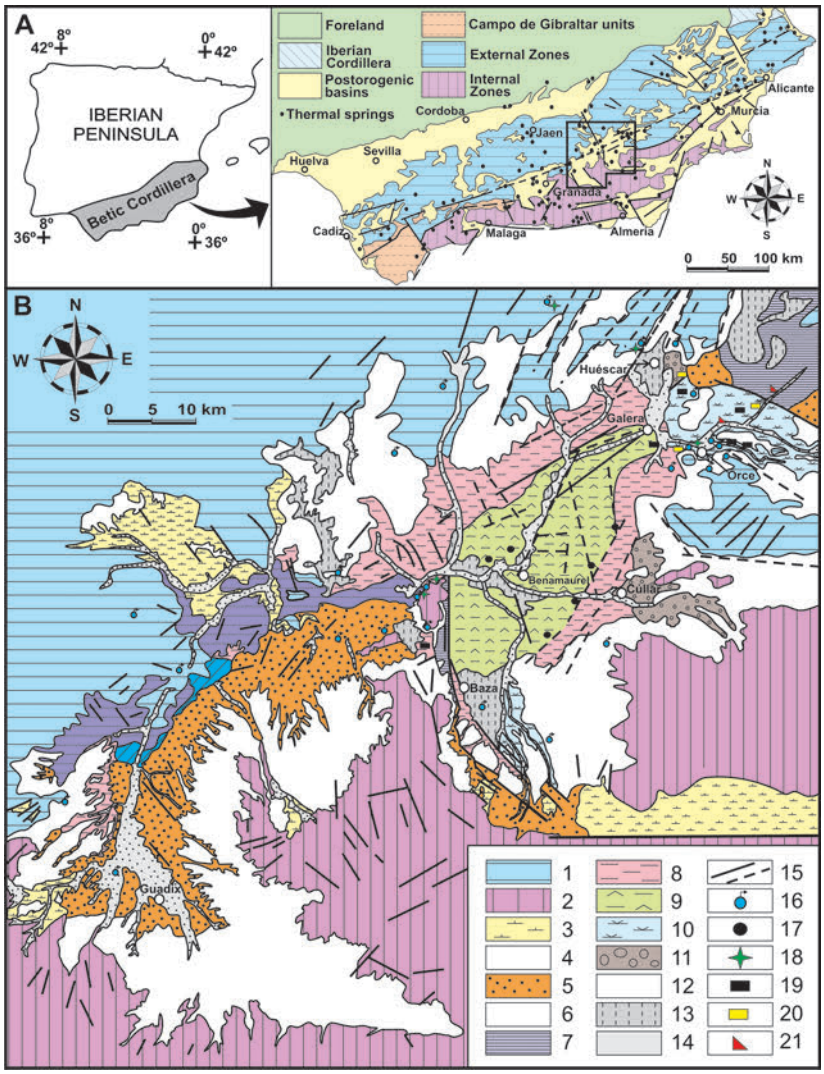

Figura 2. A: Contexto geológico de la depresión de Guadix-Baza en la cordillera Bética. Los puntos indican las surgencias termales activas hoy en día (N = 122). B: Mapa tecto—sedimentario de la depresión, donde se indican los puntos que conservan evidencias geoquímicas, mineralógicas o litológicas de actividad hidrotermal durante el Neógeno-Cuaternario. La cartografía se ha actualizado de García-Aguilar et al. (2014) y García-Aguilar et al. (2015). 1. Zonas Externas; 2. Zonas Internas; 3. Depósitos marinos tortonienses; 4. Depósitos aluviales y lacustres turolienses; 5. Depósitos aluviales y fluviales del Plio-Pleistoceno; 6. Depósitos lacustres del Plioceno en el sector Gorafe-Huélago; 7. Depósitos lacustres del Turoliense superior-Rusciniense en la cuenca de Baza; 8. Depósitos fluviolacustres del Villafranquiense medio; 9. Margas lacustres y evaporitas del Villafranquiense medio; 10. Depósitos lacustres del Villafranquiense superior; 11. Depósitos aluviales y lacustres del Pleistoceno medio; 12. Superficie del glacis de edad Pleistoceno superior; 13. Terraza fluvial holocena; 14. Sedimentos fluviales modernos; 15. Fallas (líneas continuas; las discontinuas indican las fallas cubiertas por sedimentos, inferidas a partir de fotografía aérea); 16. Surgencias termales activas hoy día; 17. Depósitos de azufre; 18. Edificios travertínicos; 19. Niveles negros; 20. Arcillas magnésicas; 21. Silexitas.

El sistema de fracturas presente en el conjunto de la región comprende cuatro familias de direcciones N50º-70ºE (accidente Cádiz-Alicante), N150º-170ºE, N10º-30ºE y N110º-120ºE, muy activas desde el punto de vista tectosedimentario, generando además la aparición de numerosas surgencias termales actuales en la cuenca de Baza y en zonas cercanas (Fig. 3), así como fenómenos sísmicos a lo largo del Plio-Pleistoceno, marcados por la presencia de paleosismitas (Alfaro et al., 1997 y 2000; García-Aguilar, 1997), y hasta momentos recientes, como son los numerosos terremotos históricos registrados en la región con una intensidad superior a VI: 1531 en Baza, Benamaurel y Orce; 1778 en Guadix; 1883 en Baza; 1897 en Galera; 1913 en Huéscar y 1964 en Galera y Orce. De estos terremotos, destaca el sucedido en 1531, que con una intensidad IX causó 310 muertos en la ciudad de Baza y el derrumbe de la localidad de Benamaurel. Todos estos terremotos se relacionan con la existencia en la depresión de fallas activas (Fig. 3).

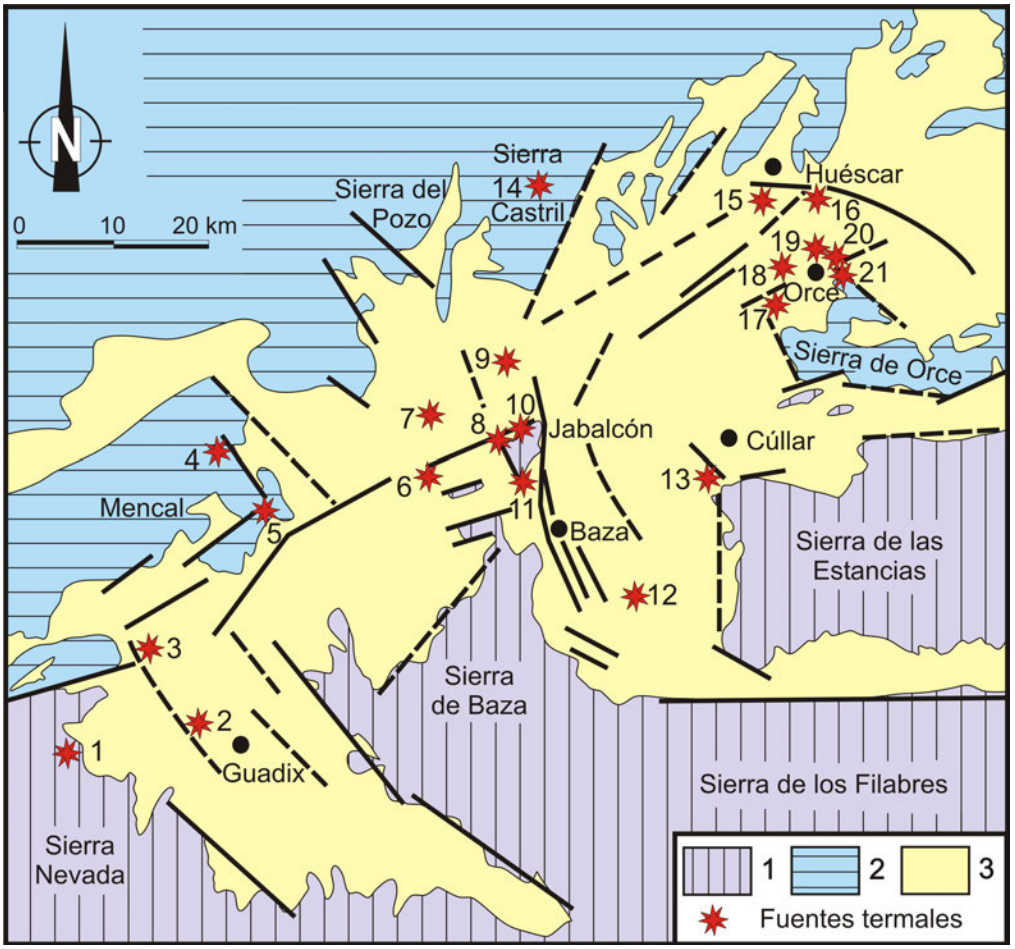

Figura 3. Mapa esquemático de fallas y alineaciones morfo-tectónicas de la depresión de Guadix-Baza, elaborado mediante reconocimiento en el campo y análisis de imágenes de satélite. 1.- Zonas Internas; 2.- Zonas Externas; 3.- Sedimentación neógeno-cuaternaria. Posición de las surgencias hidrotermales: 1.- Manantial de Los Buñuelos; 2.- Manantial de Baños de Graena; 3.-Manantial de Fuente Alta; 4.- Fuente de la Balsa del cerro de Alicún; 5.- Baños de Alicún de las Torres; 6.- Fuente del Cortijo del Cura; 7.- Fuente del Cortijo Buenavista; 8.- Manantial de Fuencaliente; 9.- Fuente del Cortijo de Fique Alto; 10.- Baños de Zújar; 11.- Manantial de Panadero; 12.- Manantial del Cortijo del Curcás; 13.- Fuente La Serrá; 14.- Fuente de Tubos; 15.- Manantial de Parpacén; 16.- Manantial de Fuencaliente (Huéscar); 17.- Fuente El Vaho; 18.- Fuente de la balsa de Alquería; 19.- Manantial de Fuencaliente (Orce); 20.- Fuente El Marchal; 21.- Fuente Almorzara.

En la evolución sedimentaria de esta depresión se reconocen dos grandes etapas. La primera, de edad Mioceno superior, se caracteriza por el dominio de ambientes marinos, depositándose conglomerados y calcarenitas en ambientes deltaicos y de plataforma hacia los bordes, con desarrollo local de arrecifes de corales (afloramiento de Bodurria en el sector SE), mientras que hacia el centro de la cuenca se depositaban margas en ambientes más profundos (Rodríguez Fernández, 1982; Guerra Merchán, 1992). Sus afloramientos se localizan actualmente en zonas perimetrales de la cuenca (Fig. 2).

Hacia finales del Mioceno la región quedó emergida y adquirió un carácter endorreico hasta el final del Pleistoceno medio, con dominio de ambientes continentales aluviales, fluviales y lacustres. Tradicionalmente, en el registro sedimentario continental se han distinguido tres formaciones geológicas que fueron definidas en Vera (1970), entre las cuales se dan cambios laterales y verticales de facies: "Formación Guadix", de carácter aluvial y fluvial, que aflora principalmente en la cuenca de Guadix; "Formación Gorafe-Huélago", correspondiente a ambientes lacustres carbonatados localizados en el sector NO de la cuenca de Guadix; y "Formación Baza", que representa los depósitos en lagos carbonatados y margoso-evaporíticos que ocuparon una gran extensión en la cuenca de Baza (Fig. 2).

Contexto Estratigráfico y Tectosedimentario

Desde un punto de vista tectosedimentario, en el registro plio-pleistoceno de la cuenca de Baza se pueden establecer cuatro grandes unidades (García-Aguilar y Martín, 2000; García-Aguilar y Palmqvist, 2011), limitadas por hiatos y/o discordancias que representan etapas de escasa o nula sedimentación e intensa actividad tectónica (Fig. 4). La primera unidad, de edad Plioceno (aproximadamente entre 5,3 y 2,8 Ma, incluyendo el Ruscieniense y la parte baja del Villafranquiense inferior), tiene un espesor visible que supera el centenar de metros, localizándose sus afloramientos en zonas perimetrales de la cuenca (Baza, Galera, Huéscar y Orce). Esta unidad se caracteriza por depósitos aluviales (conglomerados y brechas) en sus bordes, los cuales cambian lateralmente hacia el centro de la cuenca a una alternancia de margas (o calcilutitas) y calizas, que corresponden a un escenario de sedimentación lacustre carbonatada. En esta unidad destacan intercalaciones de niveles negros arcillosos, mucho de los cuales constituyen yacimientos paleontológicos. El yacimiento emblemático en la cuenca correspondiente a esta unidad es el de Baza-1, datado en 4,5-4,0 Ma (Ros-Montoya et al., 2017; Piñero et al., 2017).

Para esta etapa, distintas evidencias sedimentológicas y tectónicas indican la existencia de un surco deposicional alineado en dirección N50º-70ºE, coincidente con la orientación de la falla Cádiz-Alicante. La tectónica favoreció una notable subsidencia, condicionando localmente el desarrollo de estructuras tipo *slumpings*. La superficie de la cuenca de Baza sería bastante inferior a la actual y estaría ocupada por un gran lago con influencia aluvial limitada desde los bordes. Las zonas exteriores a estos lagos habrían desarrollado ecosistemas similares a las actuales sabanas africanas, tal y como se ha deducido en el yacimiento de Baza-1. En este lago se producía una gran cantidad de sedimento carbonatado en un contexto paleoclimático general cálido y húmedo que, tras su depósito, se convertiría en margas y calizas según modelos cíclicos gobernados por factores astronómicos (ciclos de Milankovitch de 40 y 100 Ka), que inducían de modo periódico estados de mayor profundidad (*highstand*, asociados al depósito de margas) alternantes con estados de menor profundidad (*lowstand*), caracterizados por el depósito de calizas y margocalizas.

La segunda unidad incluye el Plioceno terminal y la parte baja del Pleistoceno inferior (entre 2,8-2,1

Ma, equivalente a la parte alta del Villafranquiense inferior y el Villafranquiense medio). Su espesor es variable, oscilando desde unos 60-70 m hacia los bordes hasta unos 250-300 m hacia el centro de la cuenca. Los sectores marginales se caracterizan por una alternancia de margas y areniscas con intercalaciones de conglomerados, mientras que hacia el interior de la cuenca domina una alternancia de margas y yesos, apareciendo esta última litología en niveles de potencia centimétrica como yesos seleníticos o microcristalinos (García-Aguilar et al., 2013). En esta unidad también se reconocen intercalaciones de niveles arcillosos oscuros que suelen contener fauna de micromamíferos, siendo el yacimiento de Fuente Nueva-1 en la Cañada de Vélez en Orce el más importante de esta Unidad, ya que presenta también macrofauna (Ros-Montoya et al., 2016, y referencias incluidas).

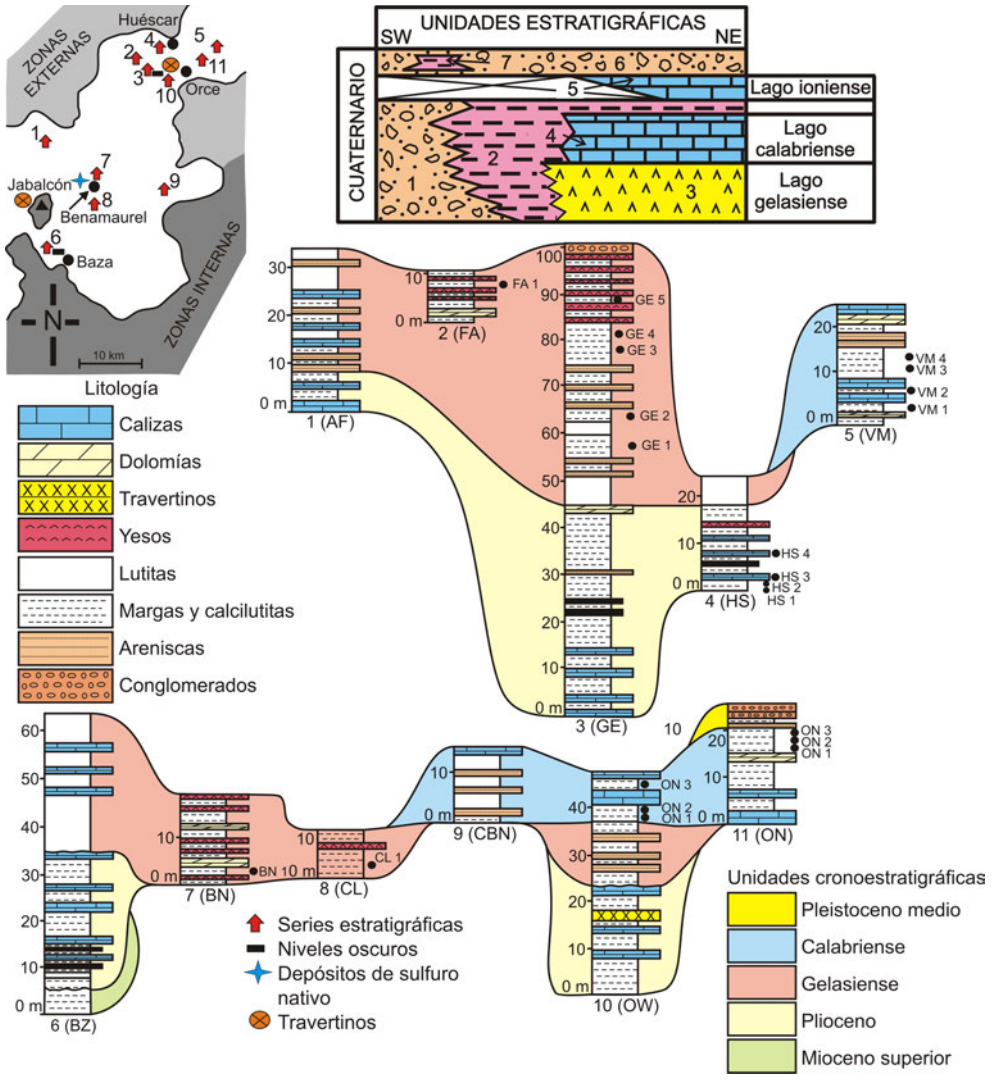

Figura 4. Esquema estratigráfico para el relleno continental y series estratigráficas seleccionadas en la cuenca de Baza. Unidades estratigráficas: 1.- Depósitos aluviales y fluviales; 2.- Depósitos fluvio-lacustres; 3.- Depósitos lacustres evaporíticos; 4.- Depósitos lacustres carbonatados; 5.- Depósitos palustres. Series estratigráficas: AF: Arroyo del Fique; BN: Benamaurel; BZ: Baza; CBN: Cúllar-Baza Norte; CL: Cortijo de la Legua; FA: Fuente Amarga; GE: Galera Este; HS: Huéscar Sur; ON: Orce Norte; OW: Orce Oeste; VM: Venta Micena. Se indica la localización de niveles arcillosos oscuros y los principales depósitos de sulfuro nativo y travertinos.

Esta segunda etapa se caracteriza por un modelo sedimentario tipo *playa-lake* concéntrico, de modo que las zonas exteriores del mismo se hallaban ocupados por sistemas aluviales distales, sobre todo en su borde O, algunos de los cuales provenían de la cuenca vecina de Guadix. En el centro de la cuenca, y actuando de nivel de base, se hallaba un extenso lago muy somero, de carácter salino, que depositaba de modo alternante niveles de margas (estado de nivel alto de la lámina de agua) y niveles de yeso (estado de nivel bajo). El escenario paleoclimático en esta etapa es de tipo semiárido, con oscilaciones cíclicas dentro de la banda de frecuencias de Bond, que habrían supuesto periodos alternantes de inundación y desecación en el lago central del orden de cientos a miles de años, ligados respectivamente al depósito de margas o areniscas y yesos (García-Aguilar et al., 2013).

Entre esta unidad y la anterior tuvo lugar una etapa compresiva NE-SO, la cual habría generado un hiato sedimentario, datado entre 3,1 y 2,7 Ma mediante criterios magnetoestratigráficos. Las consecuencias de esta actividad tectónica se reconocen principalmente en el borde NE de la cuenca, donde se observa una clara discordancia entre estas dos unidades, y en los depósitos de la unidad anterior, que aparecen débilmente plegados. Posteriormente a la etapa compresiva, durante el depósito de esta unidad, la dinámica de los sistemas de fracturación N150º-170ºE y N10º-30ºE produjeron una rápida extensión lateral SO-NE, alcanzando la depresión unas dimensiones más parecidas a la actual, y el desarrollo de un gran depocentro en el centro de la cuenca de Baza. La actividad tectónica en esta etapa indujo la formación de fallas normales sinsedimentarias, basculamientos, discordancias locales y paleosismitas (Castillejar y Galera). Además, los sedimentos de esta unidad muestran numerosos indicadores de actividad hidrotermal, como los depósitos de azufre nativo (Benamaurel), los de sílex amorfo (Castillejar, Galera y Fuente Nueva) y, sobre todo, una gran cantidad de sulfatos en forma de yeso balatino, selenítico o microcristalino. La presencia de este importante volumen de sulfatos se ha interpretado en un primer análisis como debida a la inyección de fluidos hidrotermales desde capas profundas de la cuenca, formadas en parte por sustrato subbético (facies Trías-Keuper), que es pródigo en materiales salinos (yesos).

La tercera unidad comienza en el tránsito Villafranquiense medio-superior, hace unos 2,0 Ma, y se extiende hasta el Epivillafranquiense, hace unos 0,8 Ma. Sus depósitos se concentran en el sector Orce-Venta Micena, con espesores visibles de hasta 35 m, caracterizados por margas, calcilutitas y calizas depositadas en un medio lacustre, que en sentido proximal cambian a facies de conglomerados y arenas aluviales y fluvio-deltaicas. Los depósitos lacustres responden a un modelo cíclico de origen orbital (ciclos de Milankovitch) con etapas de nivel alto (*highstand*) asociadas nuevamente al depósito de margas y calcilutitas, alternantes con etapas de nivel bajo (*lowstand*), caracterizadas por el depósito de (margo)calizas. A techo de esta unidad adquieren mayor desarrollo las facies detríticas, que se expanden por casi toda la cuenca. El régimen paleoclimático general fue de carácter cálido y seco, con periodos concretos de mayor humedad y menor temperatura. Esta unidad contiene relevantes yacimientos paleontológicos, como Venta Micena (1,6 Ma), y también arqueopaleontológicos, como Barranco León y Fuente Nueva-3, ambos datados en torno a 1,4 Ma, o Huéscar 1, datado en 0,8-1,0 Ma (Moya-Solà et al., 1987; Martínez-Navarro, 1991; Martínez-Navarro y Palmqvist, 1995; Martínez-Navarro et al., 1997, 2011; Palmqvist et al., 1996, 2011; Oms et al., 2000; Espigares, 2010; Espigares et al., 2013; Ros-Montoya, 2010; Ros-Montoya et al., 2012; Toro-Moyano et al., 2013; entre otros), y en la zona de Húescar el yacimiento de Huéscar 1 (Mazo et al., 1985; Alberdi y Bonnadona , 1989; Ros-Montoya et al., 2018).

Hacia el tránsito entre las unidades segunda y tercera, así como durante el depósito de la tercera, la actividad tectónica extensiva disminuyó considerablemente. Esto se traduce en la existencia de una discordancia angular entre ambas unidades, visible en algunos sectores, como al E de Galera, mientras que en otros no parece haber tal discontinuidad o, en todo caso, se aprecia una paraconformidad. No obstante, en la tercera unidad también se observan algunos marcadores de actividad (tecto)hidrotermal, ligados al régimen extensivo presente durante esta etapa. Entre ellos destacan numerosos niveles oscuros, ligados de modo habitual a los principales yacimientos paleontológicos de esta edad (Barranco León, Fuente Nueva-2 y 3, Venta Micena), junto a depósitos de travertinos termógenos, sílice amorfa y anomalías geoquímicas de elementos como flúor, titanio o estroncio.

La cuarta y última unidad tectosedimentaria de la cuenca de Baza es de edad Pleistoceno medio (0,8-0,2 Ma). Sus depósitos, de unos 15 m de espesor máximo, se componen de conglomerados y arenas, junto a episodios de margas y calizas ligados al desarrollo eventual de ambientes lacustres de menor extensión que los anteriores. Esta unidad aparece bien representada en sectores perimetrales de la cuenca y, con frecuencia, bajo la superficie de glacis superior. El inicio de esta unidad viene marcado por un nuevo evento tectónico, que generó una intensa actividad erosiva, registrada mediante el depósito de facies detríticas en paralelo a un cambio climático de carácter global hacia condiciones más frías y húmedas, ligadas a periodos glaciares cíclicos. El yacimiento emblemático de esta unidad en la cuenca es el de Cúllar, conocido como Cúllar-Baza 1, datado en 0,7 Ma (Ruiz-Bustos, 1976; Alberdi y Bonadonna, 1989). Esta etapa se caracteriza, desde el punto de vista tectosedimentario, por una ralentización del régimen extensional y una estabilización tectónica, lo que supuso una menor actividad hidrotermal que en etapas anteriores, aunque localmente se reconocen marcas de paleosismitas, como las situadas en Cúllar, o fallas con dirección N50º-70ºE en régimen gravitacional, al E de Orce.

Finalmente, entre 42 y 400 ka, según distintos autores (Calvache et al., 1996; Azañón et al., 2006; García-Tortosa, 2008), la cuenca adquiere un régimen exorreico tras su captura erosiva a través de la red de drenaje actual, iniciando una etapa de intensa erosión que ha modelado el paisaje actual, en el que se aprecia un gran desarrollo de *badlands* y ramblas encajadas. De esta forma, los únicos depósitos consisten en facies detríticas gruesas (gravas y arenas) asociados a la red fluvial actual, depósitos gravitacionales o a pie de monte, asociados al desarrollo de las laderas, y el desmantelamiento de la superficie de glacis, así como masas de travertinos ligadas a las surgencias termales de la cuenca, posicionadas en su mayoría a lo largo de las fracturas mayores que marcan los límites cartográficos de la depresión de Guadix-Baza. El dinamismo tectónico-hidrotermal de la cuenca continúa hasta hoy a través de estas surgencias termales y los más de 30 seísmos registrados desde 1531 en la región, con una magnitud mayor de 4 en la escala Richter.

Principales Yacimientos Paleontológicos de la Cuenca de Baza

Tal y como se ha comentado con anterioridad, la riqueza paleontológica de la cuenca de Baza es excepcional y el estudio de sus yacimientos de edad plio-pleistocena está ayudando a reescribir las páginas sobre la evolución de la biota continental en la Europa meridional durante estas cronologías. A continuación, se ofrece información más detallada sobre estas importantes localidades, que se visitarán durante la excusión de las jornadas.

-Yacimiento de Baza-1

Los depósitos continentales del sector de Baza pertenecen a las dos formaciones más caracterís-

s.l., y Formación Baza, de carácter lacustre (Vera,

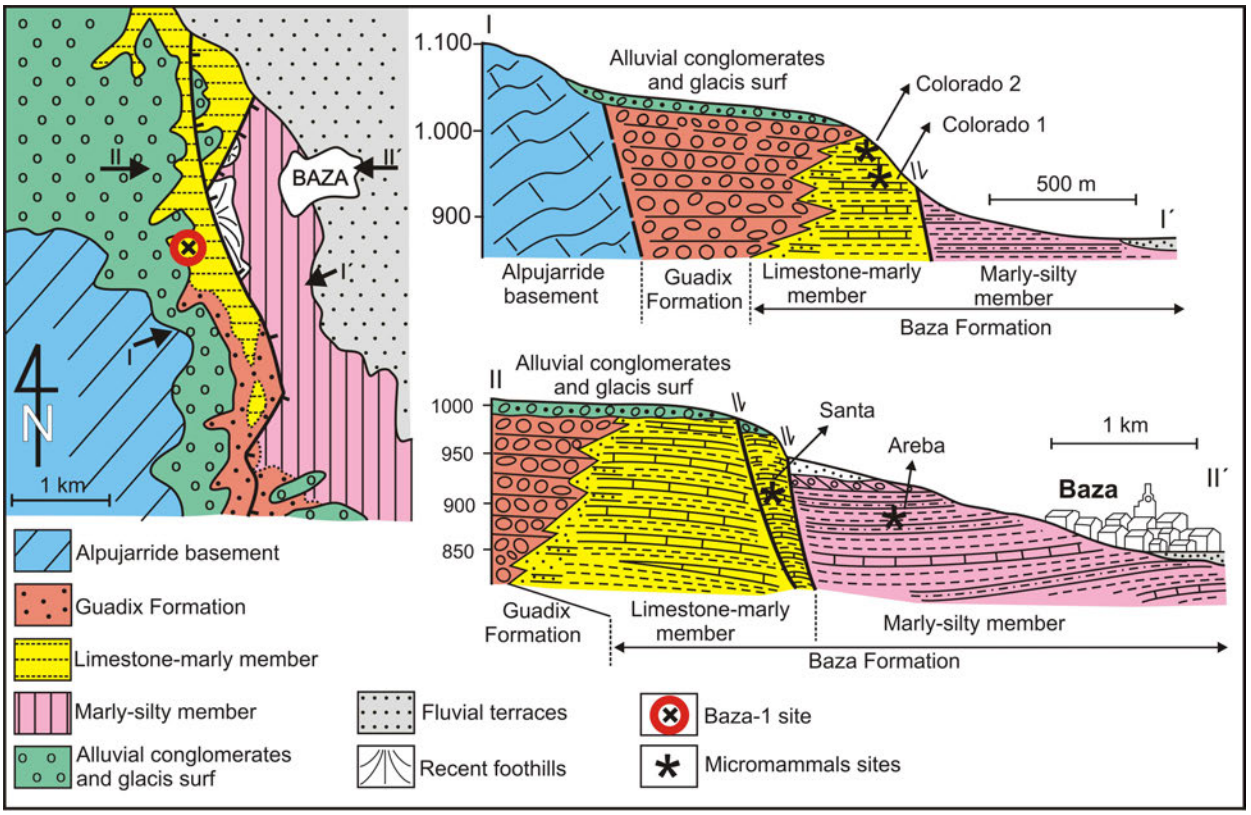

Figura 5. Mapa y cortes geológicos del sector de Baza.

Dentro de la Formación Baza, Guerra-Merchán (1993) diferenció cartográficamente en este sector de la cuenca dos miembros separados por una

(Alfaro et al., 2008). En el bloque levantado, localizado al

Barranco de las Seguidillas, a una cota de 986 m s.n.m., dentro del miembro calizo-margoso. La zona excavada comprende una superficie exigua, de apenas 24 m

^{2}, en un único nivel fértil. La serie sedimentaria situada en la vertical del yacimiento, de unos 80 m de potencia, está compuesta por ci-

clos de orden métrico entre margas-calcilutitas claras y (margo)calizas, con intercalaciones de arcillas oscuras o lutitas pardas o grisáceas laminadas (Fig. 6). Las margas y calcilutitas muestran un aspecto masivo y se han interpretado como de origen lacustre en régimen de nivel alto (*highstand*), con paleoprofundidades estimadas entre 2 y 10 m. Por el contrario, las (margo)calizas, aparecen en estratos de unos 60-80 cm de potencia media con rasgos texturales compatibles con un origen lacustre somero (*lowstand,* con paleoprofundidades menores de 1-2 m) y elevada productividad (micro)biológica. De este modo, tales ciclos sedimentarios reflejan oscilaciones periódicas en el nivel de este lago, con frecuencias temporales ligadas a la banda de Milankovitch (40 y 100 ka). Por otra parte, como se ha puesto de manifiesto a lo largo de la serie de Baza, las asociaciones de ostrácodos muestran una clara variación cíclica en las condiciones de salinidad, alternando intervalos con dominio de *Cyprideis torosa* de formas lisas y nodosas, además de episódicas entradas de cursos fluviales, según indica la presencia de *Ilyocypris bradyi*.

El contexto sedimentario de los depósitos en los que se encuadra el yacimiento de Baza-1 corresponde al desarrollo de abanicos aluviales (Formación Guadix) procedentes de los relieves de la Sierra de Baza, los cuales conectaban distalmente hacia el E con un ambiente lacustre donde se depositaban los materiales de la Formación Baza (miembro calizo-margoso) durante la mayor parte del Plioceno inferior. Variaciones periódicas en la lámina de agua del lago condicionarían el desarrollo de los ciclos de somerización mencionados anteriormente. De esta forma, bajo situaciones de baja profundidad y escaso o nulo aporte detrítico, se formarían ocasionalmente ambientes palustres en los que se depositarían los niveles arcillosos oscuros con restos de plantas carbonizados, los cuales a su vez son susceptibles de incluir restos fósiles de vertebrados, como es el caso del yacimiento paleontológico de Baza-1.

Todo el tramo litológico del yacimiento y los niveles superiores a él, que representan también varios ciclos de somerización, aparecen afectados por fenómenos de *slumping* y deformación sin- y post-sedimentaria, reconociéndose superficies alabeadas, originadas durante el deslizamiento. Estos fenómenos, que podrían estar directamente relacionados con la actuación de la falla de Baza, se acotan en la serie estratigráfica entre los metros 48 y 68 aproximadamente y muestran una extensión lateral en torno a 400-500 m en sentido N-S y 100 m en sentido E-O. Si se tiene en cuenta, por un lado, que en el yacimiento no afloran las facies aluviales del borde de la cuenca y, por otro, la situación cartográfica del cambio de facies entre los depósitos aluviales y los lacustres, el deslizamiento no superaría los 400-500 m. Si fuese mayor, en la posición del yacimiento deberían aflorar las facies detríticas aluviales depositadas en el borde de la cuenca. En algunos puntos, los materiales deslizados aparecen cubiertos por depósitos de ladera de color rojizo y aspecto caótico (conglomerados de matriz arcillosa), más modernos y con espesores en torno a 5 m.

El registro paleobiológico del yacimiento Baza-1 está compuesto por dos especies de proboscídeos (*Anancus arvernensis* y *Mammut borsoni*), un rinoceronte (*Stephanorhinus* sp. cf. *S. jeanvireti*), un équido (*Hipparion* sp.), dos bóvidos (unos de gran talla, *Alephis* sp. y otro de talla media-pequeña cf. *Antilope* sp.); por otro lado, se ha registrado un cérvido de talla media, aún por determinar (Cervinae indet.), además de un diente de suido de pequeña talla (*Sus* sp.) y dos restos pertenecientes al orden Carnivora, recuperados en la campaña de 2018. Son muy abundantes también los micromamíferos, especialmente los roedores (*Ruscinomys* sp., *Apocricetus barrierei, Debruijnimys julii, Apodemus gorafensis, Castillomys gracilis, Occitanomys* cf. *brailloni, Paraethomys meini, Paraethomys* aff. *abaigari, Stephanomys cordii, Trilophomys* cf. *castroi* y *Eliomys* aff. *Intermedius*). Además, hay un importante registro de quelonios, Testudinae indet. y, en las dos últimas

campañas, se han hallado abundantes restos vegetales carbonizados. Los datos biocronológicos indican que este nivel tiene una edad comprendida entre 4,5-4,0 Ma (Ros-Montoya et al., 2017; Piñero et al., 2017)

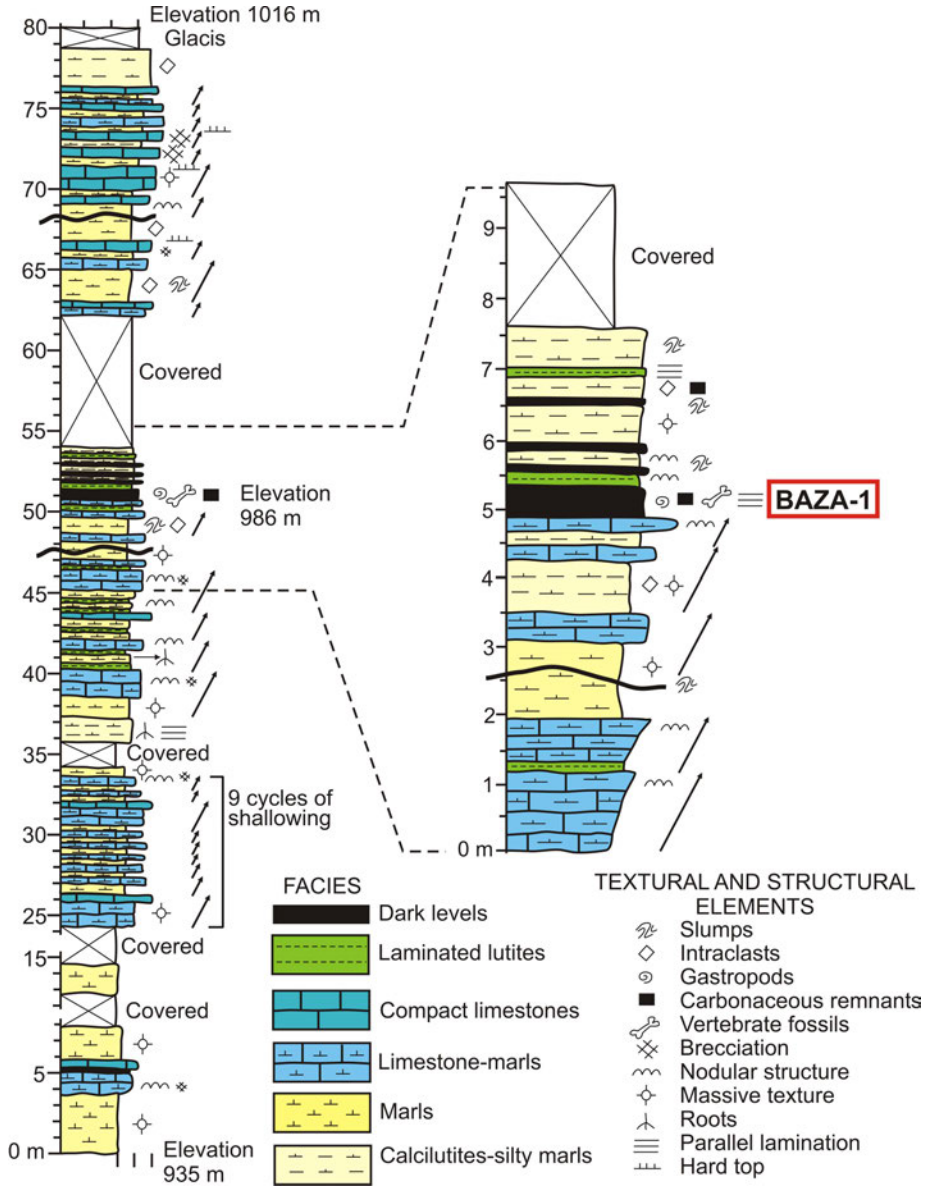

Figura 6. Columna estratigráfica de la serie de Baza en la vertical del yacimiento de Baza-1.

- Yacimiento de Barranco León

Este yacimiento fue encontrado por el equipo dirigido por J. Gibert en 1983 y se ubica a unos 3 km al E de la localidad de Orce, a una cota de 960 m s.n.m., en la ladera O de un barranco profundo de orientación N-S, que nace al pie de la Sierra de la Umbría y es afluente de la Cañada de Vélez, una de las ramblas principales de la región (Fig. 7). Desde un punto de vista estratigráfico, el yacimiento se encuentra dentro de la tercera unidad, de edad Villafranquiense superior-Epivillafranquiense, que se corresponde con el Miembro superior calizo, lutítico y arenoso descrito en el sector de Orce-Venta Micena (Vera et al., 1985; Oms et al., 2000, 2010).

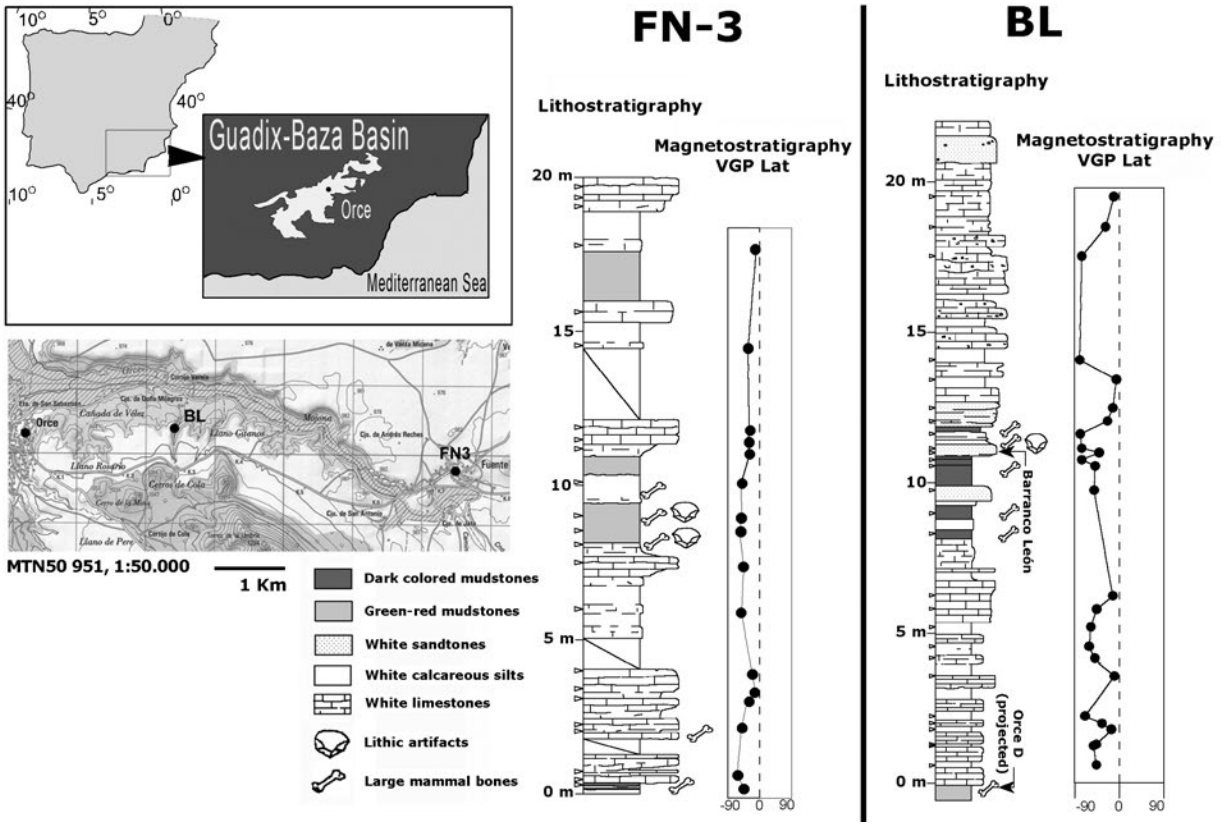

Figura 7. Localización geográfica, estratigráfica y paleomagnetismo de los yacimientos de Barranco León (BL) y Fuente Nueva-3 (FN-3) (modificado de Oms et al., 2010).

El yacimiento se halla en una secuencia sedimentaria compuesta por una extensa variedad de facies (margas, calizas, calcilutitas, lutitas oscuras, arenas y conglomerados), originadas en diversos subambientes lacustres (zonas centrales, orlas detríticas, lagunas someras, etc.), aunque resulta habitual la presencia de ciclos sedimentarios de escala métrica compuestos por la alternancia de margas-calcilutitas y (margo)calizas, con un origen similar al descrito en el yacimiento de Baza-1. La zona excavada comprende varios niveles fosilíferos de edad Villafranquiense superior (1,4-1,3 Ma; Oms et al., 2000; Toro-Moyano et al., 2013), destacando el denominado nivel D (antes conocido por BL-5; Arribas y Palmqvist, 2002), por los numerosos restos óseos e industrias líticas que contiene. La lista faunística está compuesta por 26 especies de mamíferos (*Homo* sp., *Ursus etruscus, Canis mosbachensis, Lycaon lycaonoides, Vulpes* cf. *praeglacialis, Pachycrocuta brevirostris, Meles* sp., *Stephanorhinus hundsheimensis, Equus altidens, Equus sussenbornensis, Hippopotamus antiquus, Bison* sp., *Hemitragus* cf. *albus, Praemegaceros verticornis, Metacervocerus rhenanus, Oryctolagus* cf. *lacosti, Mimomys savini, Allophaoiomys* aff. *lavocati, Allophaiomys* sp., *Apodemus* aff. *mystacinus, Histryx* sp., *Galemys* sp., Erinacenae indet., *Crocidura* sp., *Sorex minutus*, and *Sorex* sp.) y 16 especies de anfibios y reptiles (7 anuros: *Discoglossus* cf. *jeanneae*, *Pelobates cultripes, Bufo bufo* s.l., *Epidalea calamita, Bufotes* sp. (grupo viridis), *Hyla* sp., *Pelophylax* cf. *Perezi*; 2 tortugas: *Emys* cf. *orbicularis, Mauremys* cf. *leprosa, Testudo* sp.; 4 lagartos: cf. *Chalcides*, *Timon* cf. *lepidus*, un pequeño lacértidido indet. y *Dopasia* sp.; y 5 serpientes: *Coronella girondica*, *Natrix maura, Natrix natrix, Rhinechis scalaris* y *Malpolon monspessulanus*; Agustí y Madurell, 2003; Furió-Bruno, 2003; Mar-

tínez-Navarro et al., 2010; Blain et al., 2016; y referencias incluidas).

Este nivel se puede dividir en dos subniveles (Anadón et al., 2003; Anadón y Julià, 2010). El subnivel D1 está constituido por gravas arenosas y tiene una base erosiva con cantos carbonatados, procedentes de las capas infrayacentes y del basamento. El subnivel D2 está formado por arenas bioclásticas cuarzosas, que pasan a techo a una caliza blanca con ostrácodos, girogonitos de carófitas y moluscos. Algo más abajo del nivel D se localiza un nivel denominado Barranco León-1, constituido por lutitas arenosas oscuras con gran cantidad de restos de macro y microfauna, que se depositarían en un contexto anaeróbico.

- Yacimiento de Fuente Nueva-3

Este yacimiento se localiza a unos 4 km al E del anterior, en una zona de colinas y pequeños barrancos, donde se ubica la pedanía de Fuente Nueva, de la que toma el nombre (Fig. 7). Fue encontrado por dos niños, Pablo y Santiago Cristóbal Ninou en 1991, quienes lo comunicaron a un aficionado a la arqueología que habitaba en Fuente Nueva, Alain Bouquet, y éste, a su vez, le enseño el yacimiento a uno de nosotros, BMN, el 5 de mayo de 1991. Los niveles de Fuente Nueva-3 se sitúan a una cota de 970 m s.n.m., dentro de la misma unidad estratigráfica que el yacimiento de Barranco León, correspondiendo al Villafranquiense superior (1,5-1,2 Ma: Martínez-Navarro et al., 1997; Duval et al., 2012; Álvarez et al., 2015; ver revisión en Palmqvist et al., 2016). La lista faunística está compuesta por *Ursus etruscus, Canis mosbachensis, Lycaon lycaonoides, Vulpes* cf. *praeglacialis, Meles meles, Pannonictis* sp., Mustelidae indet (small size), *Pachycrocuta brevirostris, Lynx* sp., Felidae indet., *Mammuthus meridionalis, Stephanorhinus hundsheimensis, Equus altidens, Equus sussenbornensis, Hippopotamus antiquus, Bison* sp., *Ammotragus europaeus, Hemitragus* cf. *albus, Praemegaceros* cf. *verticornis, Metacervocerus rhenanus,* Erinacenae indet., *Crocidura* sp., *Sorex minutus, Sorex* sp., *Allophaiomys* cf. *lavocati*, *Allophaiomys* sp., *Mimomys savini, Castillomys crusafonti, Apodemus* aff. *mystacinus* e Hystrix sp. (Abbazzi, 2010; Alberdi, 2010; Agustí y Madurell, 2003; Furió-Bruno, 2003; Lacombat, 2010; Martínez-Navarro et al., 1997, 2003, 2004, 2010; Moullé et al., 2004; Madurell et al., 2011; Medin et al., 2017).

En este punto de la cuenca destaca una secuencia sedimentaria compuesta por una cierta variedad de facies (margas, calizas, calcilutitas, lutitas oscuras, arenas y conglomerados) originadas en diversos ambientes lacustres (zonas centrales, orlas detríticas, lagunas someras, zonas pantanosas, etc.). En el corte de excavación, Oms et al., (2010) diferenciaron siete niveles estratigráficos, de los cuales dos son de calizas blancas (el 1 y el 4), tres de arcillas (el 2, el 3 y el 6), uno de lutita margosa (el 7) y otro de arenas (el 5). Estas facies se pueden agrupar en tres ciclos sedimentarios de escala métrica, compuestos por arcillas, arenas finas y lutitas margosas, que terminan a techo con calizas. Los estratos más fértiles se han agrupado en dos niveles arqueológicos principales: el Nivel Inferior (capas 1-3) y el Nivel Superior (capas 4-6) (Fig. 7).

La abundancia de bivalvos y gasterópodos eurihalinos en los sedimentos lacustres de Barranco León y Fuente Nueva-3 (*Melanoides* cf. *tuberculata* e *Hydrobia* sp.), así como la presencia de ostrácodos indicativos de condiciones oligo- a mesosalinas (*Candona* sp. y *Cyprideis torosa:* Anadón et al., 1994; Anadón y Gabàs, 2009) indican la presencia de un ambiente lacustre de salinidad variable, incluyendo zonas salobres, lo que concuerda con la presencia de yeso microcristalino originado por neoformación (García-Aguilar et al., 2014), los altos valores de $\delta^{15}N$ medidos en el colágeno óseo de *Hippopotamus antiquus,* especie de hábitos más anfibios que el hipopótamo moderno, pues se alimentaba exclusivamente de vegetación acuática (Palmqvist et al., 2003; García-Aguilar et al., 2015), y también con la presencia del tarro blanco (*Ta-*

dorna tadorna), especie de anátida que habita hoy día en los humedales lagunares de carácter salobre, donde se alimenta preferentemente del gasterópodo *Hydrobia* (Carboneras y Kirwan, 2018).

Este yacimiento ofrece el mejor escenario para el estudio del comportamiento humano en competencia directa con los carnívoros, especialmente la hiena gigante *Pachycrocuta brevirostris*, para el aprovechamiento de los cadáveres de los grandes ungulados, en particular los proboscídeos, *Mammuthus meridionalis* (Espigares et al., 2013) (Fig. 8). No en vano, este yacimiento ha sido citado ya en numerosas ocasiones como un auténtico cementerio de elefantes (Martínez-Navarro et al., 2010).

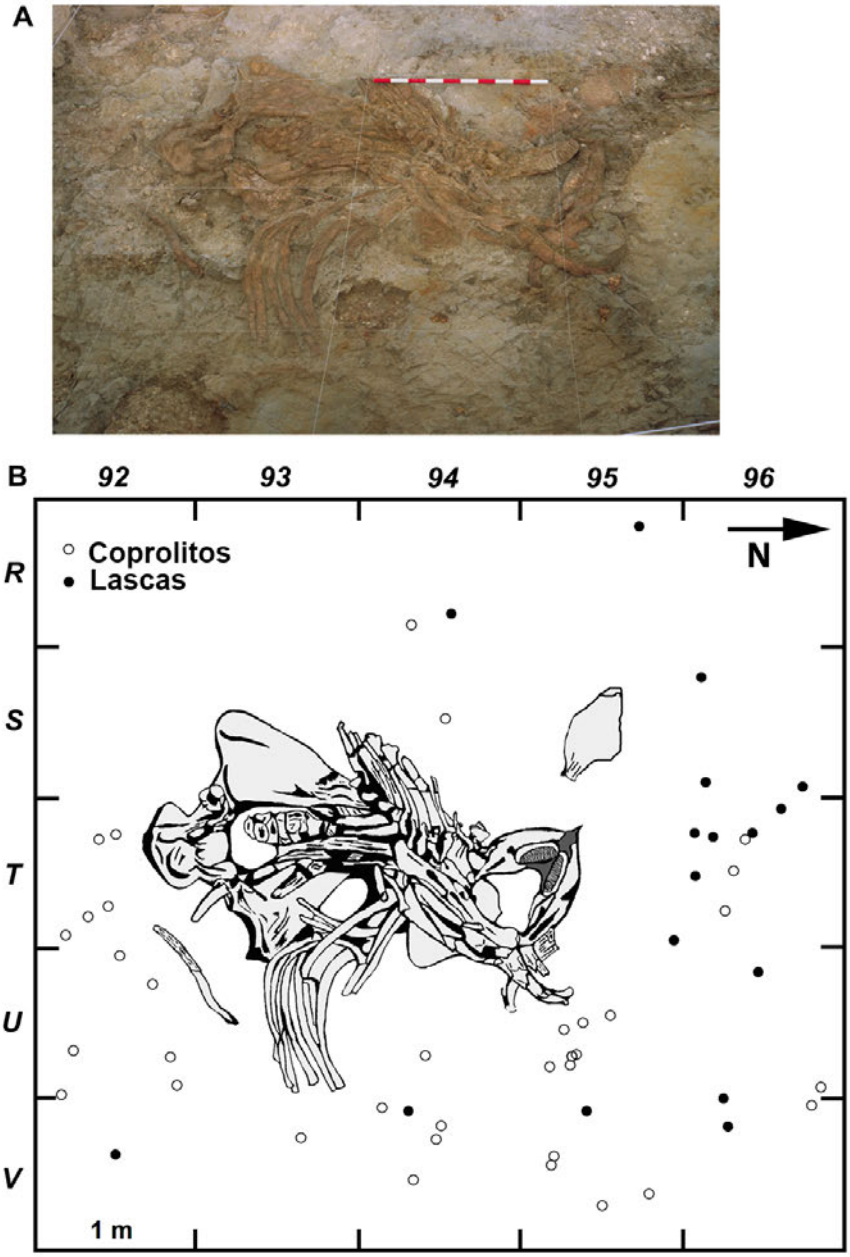

Figura 8. Esqueleto parcial de *Mammuthus meridionalis* de Fuente Nueva-3 (A) y distribución espacial de los coprolitos e industrias líticas que lo rodean (B), (modificado de Espigares et al., 2013).

- Yacimiento de Venta Micena

Venta Micena constituye una pedanía de la localidad de Orce, situada a unos 10 km al E de ésta. El lugar donde se localiza el yacimiento paleontológico se halla a unos 2 km al O de Venta Micena, en una zona de pequeñas colinas con arroyos de escasa profundidad, a una cota media de 970 m s.n.m. Fue localizado por J. Gibert y su equipo en el verano de 1976. A igual que los dos yacimientos anteriores, Venta Micena se encuentra también en la tercera unidad, equivalente al Miembro superior calizo, lutítico y arenoso (Vera et al., 1985; Oms et al., 2000, 2010), aunque su cronología es algo más antigua, 1,6-1,5 Ma (Martínez-Navarro, 1991).

Desde un punto de vista estratigráfico, en Venta Micena se han diferenciado seis unidades litológicas (Anadón et al., 1987; Turq et al., 1996), las cuales se describen de muro a techo (Fig. 9).

- Unidad A: está formada por 4 m de margas dolomíticas y dolomías lutíticas, en las que existen intercalaciones locales de niveles de arenas y gravas que presentan estratificación cruzada de grandes dimensiones.

- Unidad B: está constituida por arenas cuarcíticas con bioclastos, fundamentalmente gasterópodos, ostrácodos y foraminíferos. Su espesor oscila entre 0,3 y 1,5 m.

- Unidad C: su potencia varía entre 2,3 y 3,4 m. Se compone de calizas lutíticas blancas, correspondientes al nivel Venta Micena 1. En la base del tramo, y de forma local, aparece un nivel de lutitas arenosas. Sobre este nivel se superpone otro de caliza micrítica, con una composición entre el 90-99% de calcita, correspondiente al nivel de Venta Micena 2.

- Unidad D: está constituida por caliza lutítica con intercalaciones de margas arenosas, dolomías y margas dolomíticas bioturbadas por raíces. Presenta un espesor de 7 m.

- Unidad E: está formada por margas calcáreo-dolomíticas y dolomías lutíticas arenosas, con intercalaciones de arenas cuarzosas, margas y gravas con estratificación cruzada. En ella se han identificado la presencia de ostrácodos, gasterópodos, foraminíferos y carofitas. Su espesor medio es de unos 7,5 m.

- Unidad F: la potencia de esta unidad es de 2 m y está constituida por calizas lutíticas que presentan hacia la base nódulos calcáreos.

Desde un punto de vista sedimentario, la zona se compone de facies depositadas en un contexto lacustre carbonatado somero, con menor variedad litológica que en los dos yacimientos anteriores. Destacan los niveles de margas y de calcilutitas claras, de aspecto masivo y potencia métrica, alternantes entre capas de (margo)calizas con potencias medias de 60 cm, los cuales muestran una extensa variedad de rasgos texturales (nodulización, brechificación, laminación bacterioalgal, etc.), indicativos de un medio lacustre carbonatado, somero y de alta productividad (micro)biológica.

El nivel fosilífero de Venta Micena se correspondería con la unidad C, descrita anteriormente, constituida principalmente por calizas micríticas. En la labor acometida como Trabajo Fin de Master no publicado de uno de los firmantes (Granados) se describe la formación de esta caliza en un contexto lacustre somero, con condiciones de salinidad variable por las especies de ostrácodos descritas en la cercana sección de Barranco de los Zagales (*Heterocypris salina, Candona neglecta* y *Ilyocypris bradyi*, entre otros). Estos ostrácodos se encuentran presentes en la caliza junto con gasterópodos y carófitas, caracterizando el borde del lago. En cambio, lateralmente no aparecen en el corte IV de Venta Micena, donde se observa

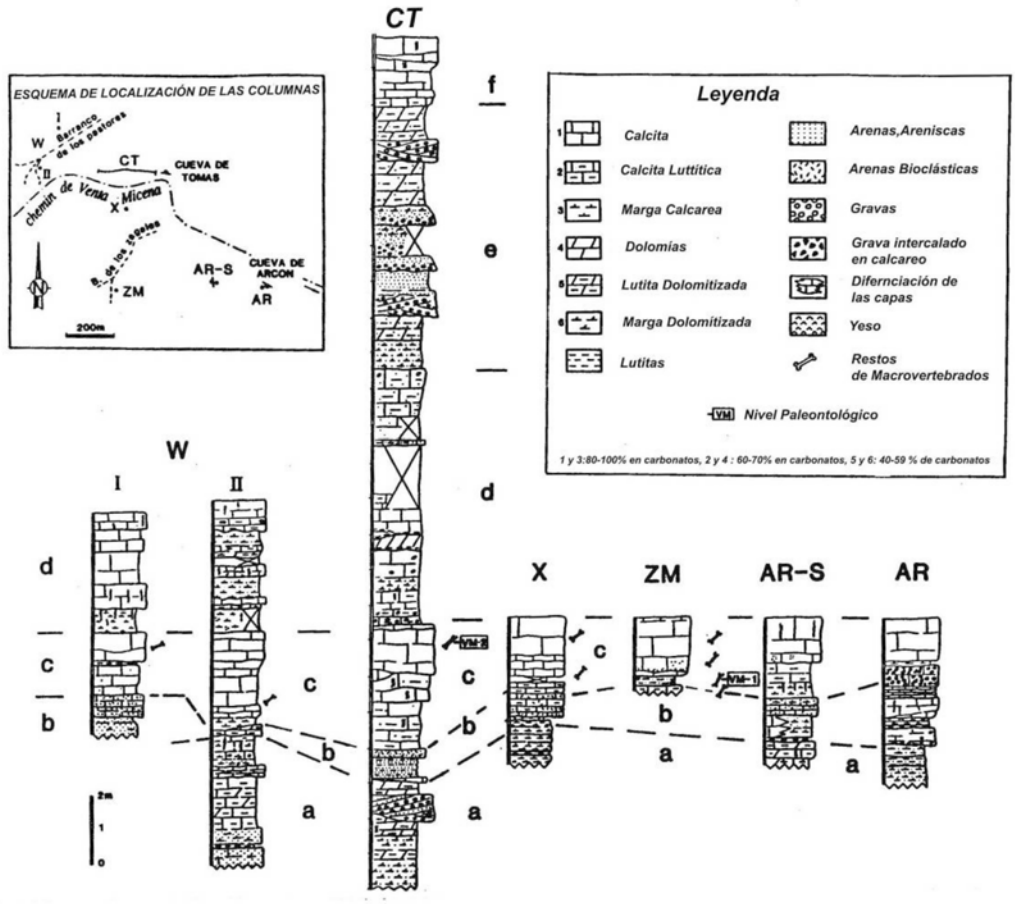

Figura 9. Columnas estratigráficas del sector de Venta Micena (tomada de Anadón *et al.,* 1987).

una considerable disminución del tamaño de grano, niveles de paleosuelos y los restos paleontológicos de la macrofauna del Pleistoceno. Estos datos evidencian las fluctuaciones en la altura de la lámina de agua del lago. En los momentos de mayor extensión se depositarían los carbonatos del intervalo C, mientras que en los de menor extensión dichos carbonatos quedarían expuestos y se iniciaría con ello la formación de los suelos, sobre los que se acumularían los restos de fauna recuperados en los cortes de excavación.

Las excavaciones sistemáticas realizadas desde finales de la década de los setenta del siglo pasado en Venta Micena, en particular en el Corte III y, a partir de 2005, también en el Corte IV, han suministrado decenas de miles de fósiles de grandes mamíferos en excelente estado de conservación. Gracias a ello se ha podido caracterizar con precisión el contexto tafonómico en el que se generó esta ingente acumulación (Palmqvist et al., 1996, 2011; Arribas y Palmqvist, 1998; Palmqvist y Arribas, 2001; Espigares, 2010; Palmqvist y Espigares, 2017), efectuando también estudios taxonómicos comparativos de las especies registradas (Martínez-Navarro y Palmqvist, 1995, 1996; Palmqvist et al., 1999, 2007; Martínez-Navarro et al., 2011; Ross-Montoya et al., 2012; Medin et al., 2017), los cuales han permitido poner de manifiesto diversos eventos de dispersión faunística (Martínez-Navarro y Palmqvist, 1995, 1996; Arribas y Palmqvist, 1999), así como análisis paleobiológicos detallados, en los que se han combinado enfoques ecomorfológicos y biogeoquímicos (Palmqvist et al.,

2003, 2008a, 2008b), posibilitando todo ello la caracterización paleoautoecológica de las especies integrantes de esta importante tafocenosis de mamíferos, característica del Villafranquiense superior, así como la reconstrucción paleosinecológica de sus comunidades (Mendoza et al., 2005; Rodríguez-Gómez et al., 2016, 2017).

El nivel fértil de Venta Micena se extiende a lo largo de un estrato horizontal de 80-120 cm de espesor, el cual discurre a lo largo de más de 2,5 km y cuya prospección superficial muestra que está literalmente plagado de fósiles. En él, una serie de cortes estratigráficos se han venido excavando de manera discontinua durante las cuatro últimas décadas, lo que ha permitido exhumar más de 24.000 restos fósiles de vertebrados del Pleistoceno inferior. La superficie de tales cortes representa apenas 360 m^2, lo que supone una fracción ínfima del estrato potencialmente excavable, cuya extensión superficial rebasa el millón de metros cuadrados. Si a ello le sumamos que los puntos donde se ha intervenido hasta el momento muestran acusadas diferencias de registro, en tanto parecen responder a modelos genéticos algo diferentes, el enorme potencial de este yacimiento singular garantiza el trabajo paleontológico durante generaciones.

La lista faunística de Venta Micena está compuesta por *Homotherium latidens, Megantereon whitei, Panthera* cf. *gombaszoegensis, Lynx* sp.*, Pachycrocuta brevirostris, Lycaon lycaonoides, Vulpes praeglacialis, Ursus etruscus, Meles* sp.*, Mammuthus meridionalis, Stephanorhinus* aff. *hundsheimensis, Equus altidens, Hippopotamus antiquus, Bison* sp.*, Hemibos* aff. *gracilis, Hemitragus albus, Praeovibos* sp.*, Soergelia minor, Praemegaceros* cf. *verticornis, Metacervocerus rhenanus, Prolagus calpensis, Oryctolagus* cf. *lacosti, Hystrix mayor, Allophaiomys pliocaenicus, Apodemus* aff. *mystacinus, Castillomys crusafonti, Eliomys intermedius, Desmana* sp.*, Testudo* sp.*, Lacerta* sp.*, Ophidea* indet., *Rana* sp.*,* and *Charadriiformes* indet. *(*aff. *Laridae)* (Martínez-Navarro, 1991; Martínez-Navarro y Palmqvist, 1995; Palmqvist et al., 1996, 2003, 2005, 2011; Palmqvist y Arribas, 2001; Martínez-Navarro et al., 2003, 2010; Agustí, 2009; Abbazzi, 2010; Ros-Montoya, 2010; Duval et al., 2011; Madurell-Malapeira et al., 2011, 2014; Ros-Montoya et al., 2012; Medin et al., 2017).

De los puntos intervenidos hasta la fecha, destaca el conocido como corte III de Venta Micena, que ha suministrado la mayor parte de las colecciones fósiles, casi 8.000 elementos identificables tanto anatómica como taxonómicamente. En esta superficie de excavación, la más amplia de todas, se han recuperado restos esqueléticos de un total de 22 especies de grandes mamíferos (≥5 kg), a las que se sumarían toda una serie de pequeños mamíferos (roedores e insectívoros), diversas aves (anátidas, córvidos y una gran cigüeña, actualmente en fase de estudio), reptiles (tortugas, lagartos y culebras) y anfibios (ranas y sapos).

El análisis tafonómico de esta rica asociación fósil ha puesto de manifiesto que diversos agentes y procesos estuvieron implicados en su génesis, traduciéndose su actuación en importantes sesgos de la información paleobiológica conservada en el mismo. No obstante, dichos análisis han permitido evaluar con precisión las consecuencias de la actuación de tales agentes y procesos, estimando cuantitativamente sus consecuencias, lo que ha posibilitado descodificar los sesgos tafonómicos y, con ello, recuperar gran parte de esta valiosa información, incluyendo aspectos que no fosilizan, como el comportamiento del hiénido responsable de generar la acumulación y modificar los restos óseos de los mamíferos conservados en el yacimiento.

Sesgos tafonómicos del registro fósil en Venta Micena

Los huesos largos de Venta Micena no muestran alineaciones preferentes, lo que indica que el agua no los transportó. La estratigrafía revela, igualmente, la ausencia de corrientes hidráulicas en el área de acumulación. La proporción de dientes ais-

lados de maxilares o mandíbulas frente a vértebras, así como las frecuencias de huesos agrupados conforme a su potencial de dispersión por el agua, son similares en ambos casos a las esperables en ausencia de selección hidrodinámica. Además, la superficie de los restos óseos está bien conservada, sin evidencias de abrasión ni pulido. Por otra parte, el análisis de la meteorización de los huesos indica un intervalo de tiempo muy corto de exposición subaérea antes del enterramiento, inferior a un año en la mayoría de los casos, pues sólo un 10% de los restos presentan estrías longitudinales debidas a la insolación, sin desarrollar agrietamiento en mosaico de su cortical externa. Los huesos conservados completos muestran las cavidades internas huecas, sin rellenos geopetales de la caliza micrítica del estrato, incluso en las zonas próximas a los forámenes nutricios, lo que evidencia su enterramiento en estado fresco, cuando se encontraban cubiertos todavía por el periostio graso. Finalmente, las fracturas diagenéticas, muy abundantes, dejan siempre en conexión ambas porciones anatómicas, lo que pone de manifiesto la ausencia de reelaboración tafonómica. Todo esto indica que los procesos abióticos no desempeñaron un papel relevante en la génesis o en la modificación posterior de la asociación fósil, por lo que debe explorarse la intervención de agentes bióticos.

Diversas evidencias apuntan en la dirección de que los elementos esqueléticos pertenecientes a los ungulados conservados en el yacimiento provendrían, en su inmensa mayoría, de los cadáveres de presas que fueron abatidas por los depredadores dominantes en estos ecosistemas. Entre estos últimos se contarían dos especies de félidos con dientes en forma de sable, pertenecientes a la subfamilia Machairodontinae, hoy día extinta: *Megantereon whitei,* cuya anatomía del esqueleto postcraneal, con huesos relativamente cortos y robustos, sugiere que se trataba de un depredador por emboscada del tamaño de un jaguar (unos 100 kg), y *Homotherium latidens,* especie de mayores dimensiones (en torno a 175 kg), cuyos huesos de las extremidades, más gráciles y alargados, revelan a un cazador a la carrera. A ellos se sumarían el jaguar europeo, *Panthera gombaszoegensis,* y el cánido hipercarnívoro, *Lycaon lycaonoides,* especie esta última cuyos hábitos eran similares a los del licaón africano actual. El lince, *Lynx* cf. *pardina,* desempeñaría un papel más marginal en estos ecosistemas, pues presumiblemente sólo abatiría ejemplares jóvenes de las especies de ungulados presa de menor porte. A estas especies se sumarían diversos carnívoros ocasionales, de alimentación ya más omnívora, como una especie nueva de chacal, *Canis orcensis,* actualmente en fase de estudio, y el oso, *Ursus etruscus,* así como los dos supercarroñeros de la paleocomunidad, la hiena gigante, *Pachycrocuta brevirostris,* cuya dentición sugiere una capacidad de fracturar huesos de grandes mamíferos que excedería ampliamente a la de las hienas modernas, y en el caso de Barranco León y Fuente Nueva-3 *Homo* sp., los primeros representantes del linaje de los homininos en Europa, remotos antepasados nuestros en los que este tipo de recursos pudo representar hasta un 30% de su dieta, tal y como ocurre en las sociedades humanas modernas de cazadores-recolectores.

Las evidencias de selección de presas puestas de manifiesto en Venta Micena comprenden, en primer lugar, el hallazgo en las especies de ungulados de una proporción de ejemplares jóvenes, con dentición de leche, que se correlaciona directamente con las dimensiones corporales estimadas para los individuos adultos en cada especie (Fig. 10). Así, en las especies presa de menor porte, como el caprino *Hemitragus albus* o el ciervo *Metacervocerus rhenanus,* cuyas masas corporales no excedían de los 100 kg, la abundancia de especímenes jóvenes se sitúa, en ambos casos, por debajo del 20% del total de la población. En cambio, en las especies de tamaño medio a grande esta proporción aumenta a más del 20% en el ovibovino *Soergelia minor,* especie perteneciente a un linaje que carece de representantes modernos,

llegando a alcanzar el 40% en el caso del ciervo megacerino *Praemegaceros verticornis* y del caballo *Equus altidens,* este último con unas dimensiones y una anatomía del esqueleto postcraneal similares a las de una cebra de Grevy moderna, e incluso llegan a rebasar el 50% en el caso del bisonte, *Bison* sp. Finalmente, la abundancia de ejemplares jóvenes es máxima en el caso de los megaherbívoros, en especial el elefante, *Mammuthus meridionalis,* donde suponen el 80% del total. Dado que la proporción de ejemplares jóvenes es relativamente constante e independiente del tamaño corporal en las especies de ungulados modernos, fluctuando en torno a un 30-40% de la población, este hallazgo sugiere, inequívocamente, que los ejemplares representados en el yacimiento fueron seleccionados activamente por los depredadores, quienes se centraban especialmente en los individuos jóvenes, más accesibles por su menor tamaño, en el caso de aquellas especies presa de mayor porte corporal.

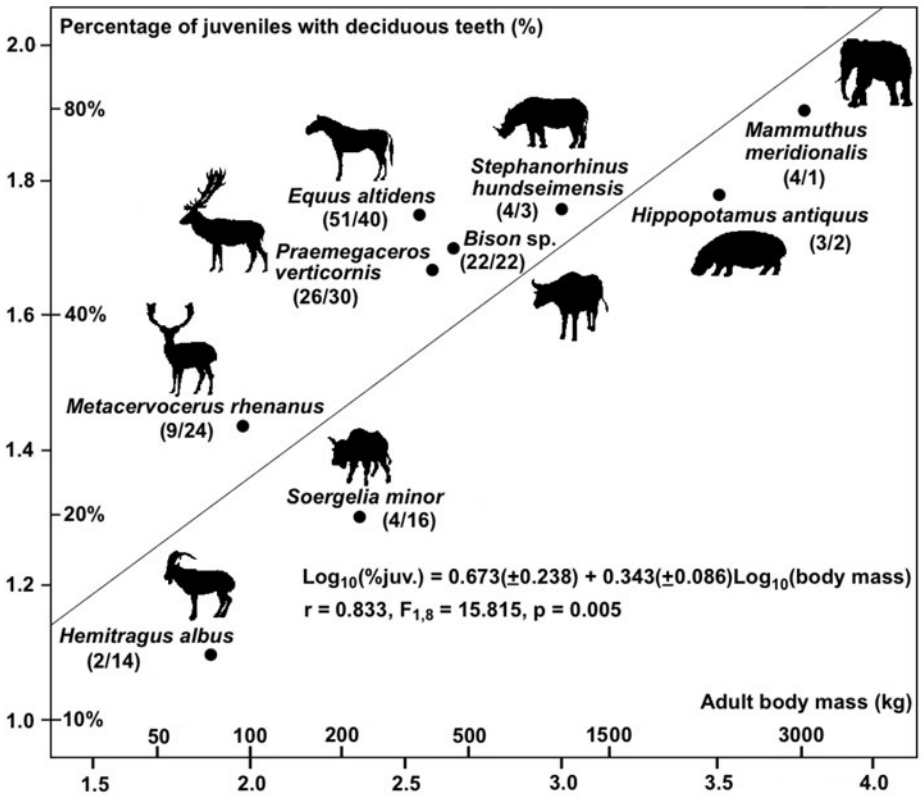

Figura 10. Relación, en escala logarítmica, entre la masa corporal estimada para las especies de ungulados identificadas en Venta Micena (eje de abcisas) y la proporción en que se encuentran representadas por ejemplares jóvenes, con dentición decidua (eje de ordenadas).

Una segunda evidencia en favor de este hecho es el que las curvas de mortalidad, elaboradas a partir del desgaste dentario en las especies de ungulados mejor representadas en Venta Micena, el caballo y el ciervo megacerino, muestran en ambos casos perfiles en forma de U, indicativos de una acusada selección por parte de los depredadores de aquellos individuos más vulnerables de la población, los muy jóvenes o los muy viejos (Fig. 11). El que la mortandad se concentre especialmente en las clases de edad extrema coincide con lo observado en especies de ungulados modernas, como en el caso de los búfalos africanos abatidos por leones.

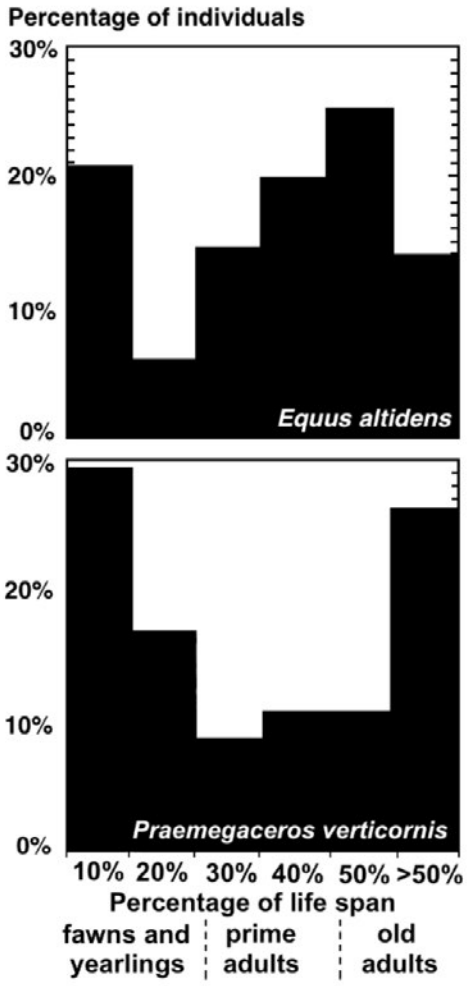

Figura 11. Curvas de mortalidad del caballo (*Equus altidens*) y del ciervo megacerino (*Praemegaceros verticornis*) en Venta Micena, elaboradas a partir del desgaste de la dentición.

Finalmente, hay una tercera evidencia que apunta también hacia una selección de presas y es la abundancia, relativamente alta, de huesos largos del esqueleto postcraneal de los ungulados de porte medio a grande, como el caballo y el ciervo megacerino, que muestran diversas patologías (Fig. 12), entre ellas exostosis y recrecimientos osteofíticos indicativos de osteoartrosis, así como conjuntos de vértebras fusionadas. Por otra parte, se observa una incidencia diferencial de este tipo de anomalías en su distribución según elementos óseos de las extremidades delanteras y traseras. Así, la diferencia entre los porcentajes de terceros metacarpianos y metatarsianos patológicos de caballo, 1,3% (3/238) y 7,1% (18/252), respectivamente, resulta estadísticamente muy significativa, lo que sugiere que estas patologías disminuían más la capacidad de huida de las presas si interesaban a los cuartos traseros del animal, pues en la mayoría de los mamíferos terrestres (a excepción de los proboscídeos) estos últimos desempeñan un papel más importante en la propulsión del animal durante la carrera.

El segundo sesgo tafonómico consiste en el carroñeo selectivo, por parte de las hienas (*Pachycrocuta brevirostris*), de los cadáveres de las presas abatidas previamente por los depredadores. Así, la comparación de la abundancia de las especies de ungulados mejor representadas en el yacimiento, distribuidas según clases de tamaño corporal, con la mostrada por los ejemplares que cazan las hienas manchadas actuales (*Crocuta crocuta*) y los que carroñean de las presas abatidas por otros depredadores, como leones y perros salvajes, puso de manifiesto que en Venta Micena las hienas gigantes fueron el agente acumulador de la asociación ósea, lo que pone en evidencia su especialización en aprovechar los cadáveres de las presas cobradas por los carnívoros primarios, lo que sugiere un comportamiento cleptoparásito. Habida cuenta de que, los ejemplares abatidos por los carnívoros representan apenas un 10% de la mortandad en la población de presas conforme a los estudios efectuados sobre depredación de grandes ungulados por leones y hienas modernos, este hallazgo evidencia la estricta dependencia trófica de *Pachycrocuta* hacia los félidos con dientes de sable.

Las evidencias derivadas del análisis cuantitativo de la asociación fósil revelan la naturaleza de un tercer sesgo tafonómico, consistente en que las hienas transportaron selectivamente los cadáveres de los ungulados carroñeados y porciones anatómicas de los mismos hasta las inmediaciones de sus cubiles de cría, en función de la masa corporal

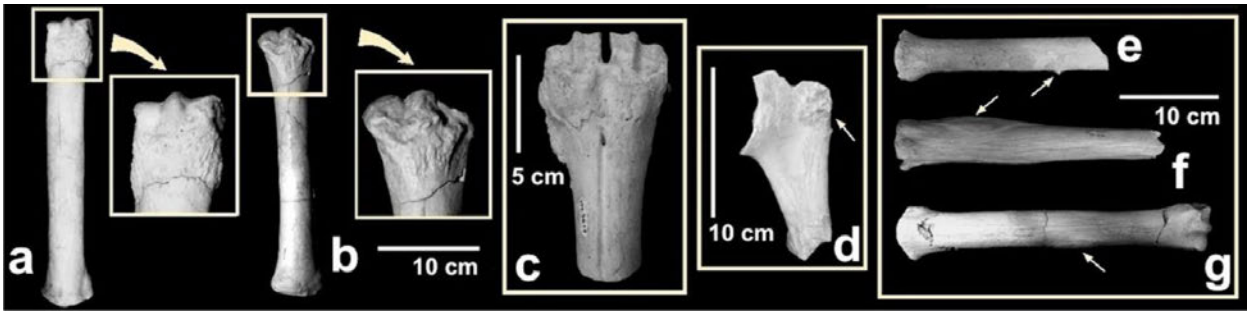

Figura 12. Ejemplos de osteopatologías detectadas in Venta Micena (a, metatarsiano de caballo con sobrecrecimientos osteofíticos en la epífisis distal; b: metacarpiano de caballo mostrando una intensa deformación en su epífisis proximal; c: osteoartritis severa en un tercer-cuarto metacarpiano de ciervo megacerino; d: fragmento de pelvis de caballo con abundantes osteofitos tras el acetábulo; e: metacarpiano de caballo con un espolón (exostosis); f: metatarsiano de caballo con un crecimiento diafisario en su cara dorsal, próximo a la epífisis proximal; g: metatarsiano de caballo con un recrecimiento diafisario).

de estas especies. Así, en el caso de los herbívoros de menor porte, como el caprino *H. albus* y el gamo *M. rhenanus,* las estimaciones de números mínimos de individuos obtenidas a partir de la dentición adulta son bastante mayores que las basadas en los números mínimos de elementos de las extremidades, lo que indica que sus cadáveres eran transportados completos hasta los cubiles, donde buena parte de los huesos del esqueleto apendicular desaparecían al ser fracturados por las hienas adultas para acceder a la médula ósea de su interior, lo que sesgó su abundancia original. En cambio, en las especies de mayor tamaño, como el caballo *E. altidens* y el bisonte *Bison* sp., se aprecia que, pese a que un 70% de los huesos largos de estas especies aparecen también fracturados por las hienas, el número mínimo de individuos que se puede calcular a partir de las porciones conservadas es mayor que el que se infiere de los elementos del esqueleto craneal y axial.

Esto indica que las hienas desmembraban estos cadáveres y seleccionaban después las porciones anatómicas más provistas de médula ósea para su consumo posterior en el entorno de sus cubiles de cría (extremidades posteriores en el caso del caballo y cuartos delanteros en los bisontes). La excepción a este patrón es el gran ciervo megacerino, *P. verticornis,* representado por números similares de cabezas y extremidades, debido a la costumbre de las hienas de transportar a sus cubiles las astas de los machos, ricas en tejidos hematopoyéticos y fases minerales para sus crías. De lo expuesto se deduce que el comportamiento de *P. brevirostris,* al menos en la depresión de Guadix-Baza, era básicamente carroñero, actuando en solitario o en grupos pequeños, pues en caso contrario no se habrían conservado las evidencias de transporte selectivo de porciones anatómicas concretas de los cadáveres carroñeados, ya que un clan numeroso podría haber llevado la totalidad de los mismos a los cubiles tras su desmembramiento.

El cuarto sesgo tafonómico tendría lugar una vez se encontraban los restos esqueléticos en el entorno de los cubiles de cría (Fig. 13). Aquí se produciría la fracturación de los mismos por parte de las hienas adultas, de forma altamente selectiva conforme a su contenido en médula ósea y densidad mineral, conservándose mejor en el basurero circundante a los cubiles aquellos huesos nutricionalmente menos atractivos, como los metápodos, mientras que las porciones conservadas de los elementos con mayor rendimiento nutricional serían las resultantes de su fracturación, epífisis distales en el caso del húmero y la tibia, proximales en los radios y segmentos diafisarios en el caso del fémur.

Félidos con dientes de sable, hienas y hominoninos

Con un tamaño un 20% mayor que el de la hiena manchada actual y una masa corporal estimada en 110 kg, similar a la de una leona, *P. brevirostris* fue el hiénido de mayores dimensiones que jamás haya existido, lo que le capacitaba para desmembrar eficientemente los cadáveres de los ungulados y fracturar sus huesos, tal y como evidencia el estudio tafonómico de Venta Micena, por lo que debió representar un serio competidor para los homininos en el acceso a estos recursos. Aparte de su enorme tamaño, esta hiena difería de las modernas en mostrar un acortamiento relativo del radio y la tibia en relación a las dimensiones del húmero y el fémur, respectivamente. Como resultado, su altura en la cruz no era mucho mayor que la de una hiena manchada, aunque duplicase su masa corporal. El acortamiento de los segmentos distales de las extremidades sugiere, además, que esta hiena extinta tendría hábitos menos corredores que las especies modernas de la familia, obteniendo a cambio mayor fuerza y estabilidad a la hora de desmembrar los cadáveres de ungulados y transportar grandes porciones de los mismos hasta sus cubiles de cría. La dentición muestra igualmente sus adaptaciones para fracturar elementos esqueléticos, pues el tercer y el cuarto premolar aparecen muy desarrollados, mientras que las muelas carniceras están comparativamente reducidas.

El estudio de la biomecánica de la masticación en *Pachycrocuta* muestra igualmente la enorme capacidad de esta hiena para fracturar huesos, pues presenta un desarrollo del proceso coronoides y una profundidad de la rama horizontal de la mandíbula, en relación a su tamaño, similares a los de las hienas modernas, lo que indica el enorme desarrollo de la musculatura temporal y la elevada resistencia de la mandíbula a los esfuerzos dorsoventrales ocasionados durante la fracturación de los huesos, así como un mayor desarrollo del proceso angular frente a sus dimensiones en las restantes hienas, lo que sugiere que la musculatura masetérica era comparativamente más potente en *Pachycrocuta,* y una menor fuerza en los caninos, aspecto que confirma los hábitos hipercarroñeros de la especie.

Llegados a este punto, cabe preguntarse por el contexto ecológico en el que tuvo lugar la evolución de un hiénido tan formidable, con un comportamiento tan especializado. La clave está en la composición, durante el Plioceno superior e inicios del Pleistoceno, de la asociación de carnívoros del Viejo Mundo. A diferencia de los ecosistemas modernos, en los que los grandes depredadores terrestres son los félidos panterinos y, en menor medida, los cánidos hipercarnívoros, durante estas épocas se encuentran todavía depredadores con dientes en forma de sable en los continentes africano y euroasiático, como *Megantereon* y *Homotherium*. La anatomía craneodental y postcraneal de estos félidos extintos muestra numerosas especializaciones que, en buena medida, venían impuestas por el desarrollo hipertrofiado de los caninos superiores, los cuales condicionaban tanto sus técnicas de caza como las posibilidades de procesar oralmente los cadáveres de sus presas.

Es precisamente la dinámica evolutiva y biogeográfica de estos carnívoros la que permite enmarcar el contexto en el que tuvo lugar la evolución de carroñeros tan especializados como las hienas gigantes o los homininos que desarrollaron las primeras tecnologías de talla lítica. Así, durante el Plioceno y el primer tramo del Pleistoceno inferior se encuentra en Europa el félido con dientes de sable *Megantereon cultridens,* que es reemplazado por *M. whitei,* especie africana cuya anatomía craneodental, más derivada, muestra importantes diferencias, particularmente a nivel de las dimensiones de la dentición yugal, donde se observa que los premolares aparecen sumamente reducidos, en particular el tercero, así como el paracónido (la cúspide anterior de la muela carnicera), lo que se

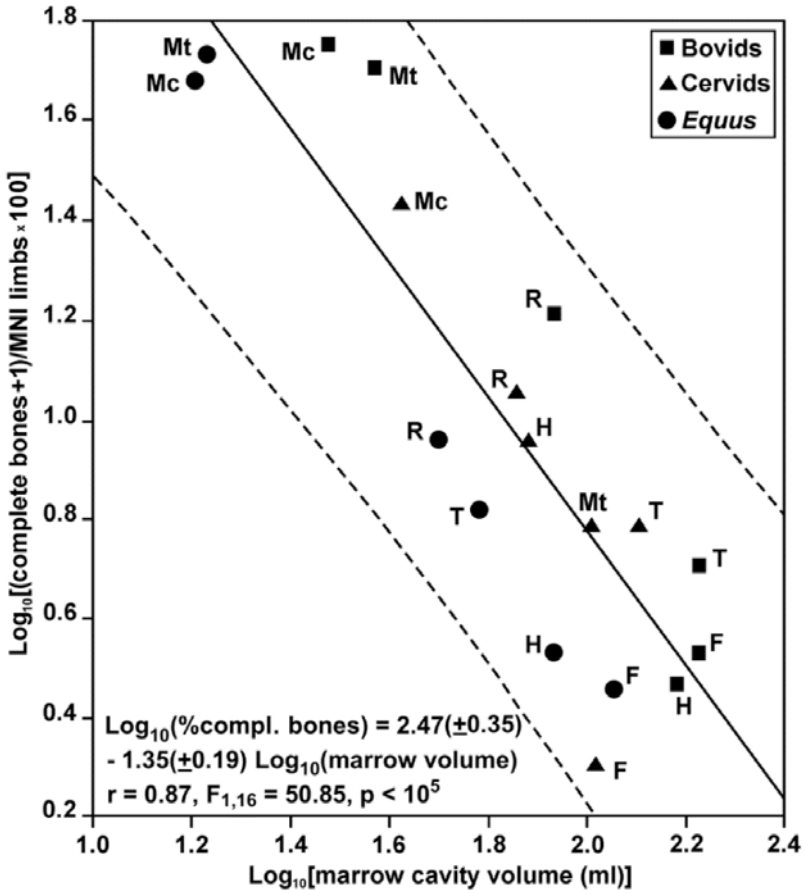

Figura 13. Regresión bilogarítmica entre la proporción de huesos largos del esqueleto postcraneal conservados completos (estimada como el número de elementos completos más uno, dividido por el número mínimo de extremidades delanteras o traseras, según corresponda) y su contenido en médula ósea (estimado a partir de los volúmenes de la cavidad medular). Las líneas discontinuas representan el intervalo del 95% de confianza en torno a la recta de regresión.

relaciona con un mayor desarrollo de los caninos superiores. Esta especie se registra hace 1,8 Ma a las puertas de Europa en el yacimiento caucásico de Dmanisi y, algo después, su presencia se constata en diversos yacimientos de la ribera norte del Mediterráneo, como Venta Micena, Pirro Nord (Italia), Apollonia (Macedonia) y, posteriormente, Untermassfeld (Alemania).

La clave del papel ecológico desempeñado por *M. whitei* en los ecosistemas de la Europa meridional se encuentra en la relación entre las dimensiones de su dentición y la configuración anatómica de su esqueleto postcraneal. Así, si se estima la masa corporal de esta especie extinta a partir del tamaño de sus muelas carniceras, utilizando ecuaciones de regresión ajustadas en carnívoros modernos, se obtiene un valor de unos 55 kg, similar a la masa de un leopardo. Si, por el contrario, se calcula la masa usando las dimensiones de la epífisis distal del húmero en su articulación con el radioulna, lo que permite estimar la potencia del antebrazo para inmovilizar sus presas antes de darles muerte con los sables, el valor ajustado es de unos 200 kg, parecido al de un león macho. Finalmente, si se usa en las estimaciones la superficie de la tróclea del húmero o el perímetro de la diáfisis de este elemento, que informan sobre la superficie de sustentación del cuerpo por las extremidades anteriores, se obtienen unos 100 kg de masa corporal, valor similar al de un jaguar.

Ello indica que se trataba de un depredador con capacidad de abatir presas de mayor tamaño que la inferible de su capacidad de procesar oralmente tales cadáveres, por lo que probablemente se limitaba a consumir las vísceras y paquetes musculares más delicados, dejando porciones sustanciales de carne abandonadas en sus presas y la totalidad de los nutrientes óseos internos. Tales recursos podrían ser aprovechados posteriormente por las hienas y los homininos, en competencia directa, lo que explica la pervivencia en Eurasia de las hienas gigantes y de las poblaciones de homininos que desarrollaban el modo 1 de talla, adecuado para el carroñeo de estos cadáveres pero no para la caza activa, hasta ya entrado el Pleistoceno medio, cuando se produce la desaparición de estos depredadores y su sustitución por los félidos panterinos modernos, provenientes de África, quienes aprovecharían más a fondo los cadáveres de sus presas. Es precisamente en estos momentos cuando se extingue *Pachycrocuta,* siendo reemplazada en los ecosistemas europeos por la hiena manchada africana, y cuando hace irrupción en el escenario evolutivo una nueva especie, *Homo heidelbergensis,* que porta ya el modo 2 de talla o achelense, de mayor versatilidad en estas nuevas condiciones.

Ecología de las comunidades de grandes mamíferos del Pleistoceno

Durante las últimas décadas, los isótopos estables se han revelado como una herramienta adecuada para obtener inferencias ecofisiológicas de los mamíferos extintos y, también, sobre el medio en el que habitaban. Los diferentes isótopos estables de un mismo elemento químico (^{13}C vs. ^{12}C, ^{15}N vs. ^{14}N, ^{18}O vs. ^{16}O) son trazadores paleobiológicos sumamente útiles pues, como resultado de las diferencias de masa atómica, muestran diferentes propiedades termodinámicas y cinéticas. En los elementos de masa atómica <40, tales diferencias pueden llevar a un fraccionamiento isotópico durante los procesos fisicoquímicos que intervienen en las reacciones metabólicas, traduciéndose en proporciones isotópicas características.

El fraccionamiento natural es muy bajo, por lo que estas proporciones se miden en tantos por mil (‰) de desviación frente a un estándar, usando la notación δ: $\delta X = [(R_{muestra} / R_{estándar}) - 1] \cdot 10^3$, donde X = ^{13}C, ^{15}N, ^{18}O y R = $^{13}C/^{12}C$, $^{15}N/^{14}N$, $^{18}O/^{16}O$. $R_{muestra}$ y $R_{estándar}$ son las proporciones del isótopo pesado frente al ligero en la muestra analizada y en una estándar de referencia. Los estándares de comparación para $\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$ y $\delta^{18}O$ son una muestra de carbonato de calcio proveniente de un belemnites del Cretácico (PDB), el N_2 atmosférico y la composición media de las aguas oceánicas (SMOW), respectivamente. Los valores positivos de δX indican un enriquecimiento en el isótopo pesado respecto al estándar y los negativos un empobrecimiento.

Las proporciones de $\delta^{18}O$ en el esmalte dentario y el hidroxiapatito del hueso permiten estimar cambios en las paleotemperaturas. Ahora bien, en una fauna local indican la fuente principal de agua de los organismos. La razón es que el contenido hídrico de las hojas está enriquecido en $H_2{}^{18}O$ por evapotranspiración diferencial, por lo que los ungulados que obtienen una parte significativa del agua a partir de la vegetación muestran valores de $\delta^{18}O$ superiores a los de aquellos que precisan abrevar más. Por otra parte, los carbohidratos están enriquecidos en ^{18}O en comparación con las proteínas, por lo que los carnívoros muestran valores de $\delta^{18}O$ más bajos que los herbívoros. En el caso de Venta Micena, los isótopos de oxígeno han permitido estimar los requerimientos hídricos de estas especies del Villafranquiense superior. Así, tal y como se muestra en la Figura 13, los megaherbívoros *M. meridionalis, Hippopotamus antiquus* y *Stephanorhinus hundsheimensis,* junto al ciervo megacerino *P. verticornis,* muestran los valores de $\delta^{18}O$ más bajos entre los ungulados, lo que indica que estas especies necesitarían abrevar con regularidad, mientras que *H. albus, S. minor* y *M. rhenanus* pre-

sentan los más altos, lo que sugiere que obtendrían buena parte de sus requerimientos hídricos de la vegetación. Los carnívoros muestran valores de $\delta^{18}O$ empobrecidos respecto a los medidos en los herbívoros. Tales inferencias concuerdan con lo observado en los análogos modernos de estas especies.

La mayoría de las plantas terrestres se pueden dividir en dos grupos conforme a su ruta de asimilación del carbono (esto es, según la molécula receptora del CO_2 y el enzima implicado en ello): plantas C3, que comprenden los árboles, matorrales de las zonas templadas y herbáceas adaptadas a condiciones frías y húmedas o a zonas de altitud, y plantas C4, que incluyen básicamente monocotiledóneas tropicales como las gramíneas, adaptadas a condiciones áridas. Todas las plantas toman el $^{12}CO_2$ con preferencia al $^{13}CO_2$, pero existen diferencias importantes en su composición isotópica.

Así, las plantas C3 siguen el ciclo de Calvin-Benson, usando exclusivamente como enzima fotosintética la RuBisco, sumamente efectiva al discriminar contra el carbono isotópicamente pesado, de forma que, frente a la composición del CO_2 atmosférico ($\delta^{13}C = –6,5‰$), sus tejidos muestran un valor de $\delta^{13}C$ en torno a un -26,0‰ ± 2,3‰ (rango: desde -35‰ en bosques cerrados a -20‰ en zonas despejadas de vegetación arbórea). Las plantas C4 siguen el ciclo de Hatch-Slack, en el que interviene otra enzima (PEP-carboxilasa) como paso previo a la fijación del carbono por la RuBisco; esta enzima discrimina menos efectivamente, por lo que presentan valores de $\delta^{13}C$ más altos (-12,0‰ ± 1,1‰; rango: -19‰ a -8‰). Las plantas C4 aparecieron a finales del Mioceno, según ponen de manifiesto los valores de $\delta^{13}C$ medidos en los paleosuelos y el esmalte dentario de mamíferos. Al comparar el valor de $\delta^{13}C$ en la dieta de los animales y la composición del carbono que se incorpora a sus tejidos se observan también diferencias, en este caso de signo opuesto, pues el metabolismo animal produce un enriquecimiento en el isótopo pesado; así, en el caso del colágeno, el incremento es en promedio de +4,5‰, por lo que un herbívoro ramoneador de hojas de plantas C3 mostrará un valor medio de $\delta^{13}C$ próximo a -21,5‰, mientras que para un ungulado pacedor de hierbas C4 se encontrará en torno a -7,5‰.

La composición isotópica del nitrógeno en el colágeno de los mamíferos se relaciona directamente con su posición en la cadena trófica, pues cada nivel experimenta un aumento de $\delta^{15}N$ en torno a +3,4‰. Los principales factores que afectan a la composición isotópica del nitrógeno en el colágeno de los herbívoros son los siguientes: (i) la síntesis de nitrógeno en el suelo; (ii) la dieta del animal (esto es, si las plantas que consume tienen o no la capacidad de fijar el N_2); y (iii) su metabolismo del nitrógeno. Los herbívoros de bosques húmedos muestran valores de $\delta^{15}N$ más bajos que los que se desenvuelven en ambientes abiertos y secos, como consecuencia de la acidez del suelo en los medios forestados. Las plantas que fijan el nitrógeno tienen valores de $\delta^{15}N$ similares a la composición del N_2 atmosférico (0‰), mientras que las que no asimilan este elemento por sí mismas y usan otras fuentes (iones NH_4+ y NO_3- del suelo) muestran un rango de valores más amplio, en general más positivos. En consecuencia, los herbívoros que consumen plantas fijadoras de N_2 presentan valores de $\delta^{15}N$ comprendidos entre 0‰ y +4‰, mientras que en los que se alimentan de plantas que no fijan el N_2 el rango oscila entre +2‰ y +8‰.

Finalmente, las plantas que habitan en ambientes próximos al mar o afectados por la sal se encuentran notablemente enriquecidas en ^{15}N, lo que refleja el mayor contenido en este isótopo de los nitratos y el amonio propios de los suelos salinos. Los efectos del metabolismo del nitrógeno en los animales son también importantes. Así, se observan valores superiores de $\delta^{15}N$ en las especies de regiones áridas, con dieta pobre en proteínas, que

excretan urea empobrecida en ^{15}N. Por otra parte, los valores de $\delta^{15}N$ son más altos en los grandes herbívoros monogástricos, como el elefante, que en los rumiantes. Igualmente, se encuentran valores isotópicos elevados en los ejemplares lactantes, debido a la ingestión de leche materna enriquecida en proteínas, lo que lleva a un incremento aparente en el nivel trófico del animal. Se ha observado también en los osos de las cavernas (*Ursus spelaeus*) que los valores más altos de $\delta^{15}N$ aparecen en los momentos fríos, debido a la reutilización de la urea en la síntesis de aminoácidos durante los períodos prolongados de hibernación.

En el caso de Venta Micena, los estudios realizados obteniendo colágeno fósil en aproximadamente un 50% de las muestras analizadas, permitiendo estimar la abundancia relativa de los isótopos de carbono y nitrógeno en las especies de grandes mamíferos (Fig. 14). Tales proporciones isotópicas revelan, en el caso de los valores de $\delta^{13}C$, que los ungulados de esta paleocomunidad

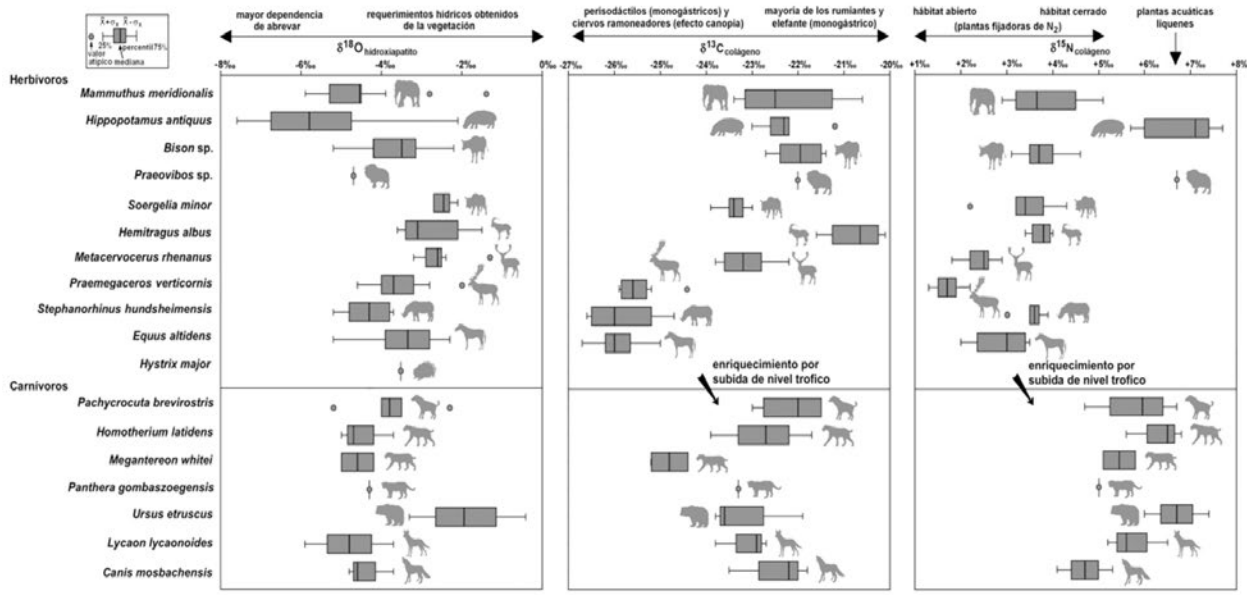

Figura 14. Diagramas de cajas (whiskers box plots) con los valores de $\delta^{13}C$ y $\delta^{15}N$ medidos en el colágeno óseo y de $\delta^{18}O$ en el esmalte (hidroxiapatito) de las especies de grandes mamíferos de Venta Micena.

consumían exclusivamente plantas C3, tanto en el caso de las especies ramoneadoras de hojas como en el de las pacedoras, lo que indica que las herbáceas tipo C4 no habían llegado a nuestras latitudes en el Villafranquiense superior. Por ello, las diferencias de fraccionamiento isotópico entre las especies de ungulados obedecen a otra causa. Concretamente, se trata de diferencias ecofisiológicas en relación a su capacidad digestiva. Así, los valores más bajos de $\delta^{13}C$ se encuentran en los perisodáctilos, herbívoros monogástricos en los que la digestión de la celulosa por parte de la microbiota simbionte de su sistema digestivo tiene lugar en un ciego intestinal, mientras que los más altos aparecen en los rumiantes, especies que disponen de un estómago compartimentado en varias cámaras, en el que cada una tiene un pH diferenciado.

Por ello, estos últimos presentan valores enriquecidos de $\delta^{13}C$, como consecuencia de su mayor eficiencia digestiva. De manera similar, los niveles de $\delta^{15}N$ permiten estimar qué especies se desenvolvían en las zonas boscosas, de suelos más ácidos, como los cérvidos, y cuáles se alimentaban en un hábitat más abierto, el caso de los bóvidos, de-

biendo concentrar más la urea. De hecho, los valores isotópicos ayudan incluso a detectar aspectos insólitos de la paleobiología de algunos de estos ungulados, como en el caso de *H. antiquus,* especie cuya masa corporal duplicaba la del hipopótamo actual y que parece haber tenido hábitos más anfibios, alimentándose exclusivamente de vegetación acuática en vez de pacer herbáceas terrestres, por lo que presenta valores de $\delta^{15}N$ superiores a los de los restantes ungulados y próximos a los medidos en los carnívoros. Es interesante constatar aquí que los valores de $\delta^{15}N$ en la vegetación acuática de las lagunas salinas, como Fuente de Piedra, son mucho más elevados que en las herbáceas de las planicies circundantes.

Respecto a los carnívoros, las proporciones isotópicas del carbono y el nitrógeno que se muestran en la Figura 14 permiten poner de manifiesto la segregación ecológica entre las especies que cazaban por emboscada en medios arbolados (*M. whitei* y *P. gombaszoegensis*), las cuales presentan valores más bajos de $\delta^{13}C$ y $\delta^{15}N$, y las que abatían sus presas a la carrera en ambientes herbáceos despejados de árboles (*H. latidens* y *L. lycaonoides*), cuyos valores isotópicos son más altos. Estas diferencias abren la posibilidad de efectuar inferencias sobre las relaciones depredador-presa en el seno de la paleocomunidad, como entre *M. whitei* y los cérvidos megacerinos, o entre *H. latidens* y las crías de megaherbívoros. De hecho, los valores de $\delta^{13}C$ y $\delta^{15}N$ permiten estimar cuantitativamente la contribución proporcional de diversas presas a la dieta de cada depredador, usando el modelo lineal de mezcla dual de Phillips, en el que se asume el siguiente balance isotópico para tres presas potenciales, dos isótopos estables y un depredador:

$$\delta^{13}C\text{depredador} = fA\delta^{13}C\text{'presa A} + fB\delta^{13}C\text{'presa B} + fC\delta^{13}C\text{'presa C},$$
$$\delta^{15}N\text{depredador} = fA\delta^{15}N\text{'presa A} + fB\delta^{15}N\text{'presa B} + fC\delta^{15}N\text{'presa C},$$
$$1 = fA + fB + fC,$$

donde $\delta^{13}C$'presa y $\delta^{15}N$'presa son las proporciones de isótopos de carbono y nitrógeno en cada presa, corregidas para el fraccionamiento isotópico respecto al depredador (+1‰ para el carbono y +3 ‰ para el nitrógeno), y fA-C representan las contribuciones relativas, en tantos por uno, de las presas A, B y C a la dieta del carnívoro.

Los resultados obtenidos al aplicar este modelo a la comunidad de Venta Micena se muestran en la Figura 15, en la que se puede apreciar que el caballo, la especie de ungulado mejor representada en la tafocenosis, sería la presa principal de *M. whitei* y *L. lycaonoides,* situándose como la segunda en importancia en el caso de *H. latidens,* mientras que los dos ungulados que le siguen en abundancia, *Bison* sp. y *P. verticornis,* serían las presas más importantes de *H. latidens* y de *P. gombaszoegensis,* respectivamente.

A partir de estas inferencias paleoautoecológicas sobre el tipo de alimentación y el hábitat de preferencia de las especies de grandes mamíferos de Venta Micena, se ha podido efectuar una reconstrucción paleosinecológica de su comunidad, comparando la frecuencia de estas categorías ecológicas en la tafocenosis con las mostradas en comunidades modernas africanas y de la región indomalaya. Los resultados obtenidos mostraron que Venta Micena se parece a las comunidades que se desarrollan en las sabanas africanas modernas con parches de vegetación arbustiva y boscosa.

Finalmente, conviene indicar que las inferencias sobre el género de vida y el hábitat en el que se desenvolvían estas especies del Pleistoceno inferior, así como las relativas a las relaciones depredador-presa en el seno de la paleocomunidad, ayudan a definir el nicho ecológico que ocuparían los primeros homininos que se dispersaron hasta Europa occidental. No obstante, la ausencia de registro paleoantropológico en Venta Micena impide efectuar estimaciones directas sobre su paleodieta y las interacciones ecológicas que mantenían con otras especies. Ahora bien, dos localidades próximas, Barranco Léon y Fuente Nueva-3, han suministrado importantes asociaciones de útiles con tipología olduvayense (modo 1 de talla), que incluyen abundantes lascas, núcleos, *choppers* y *manu-*

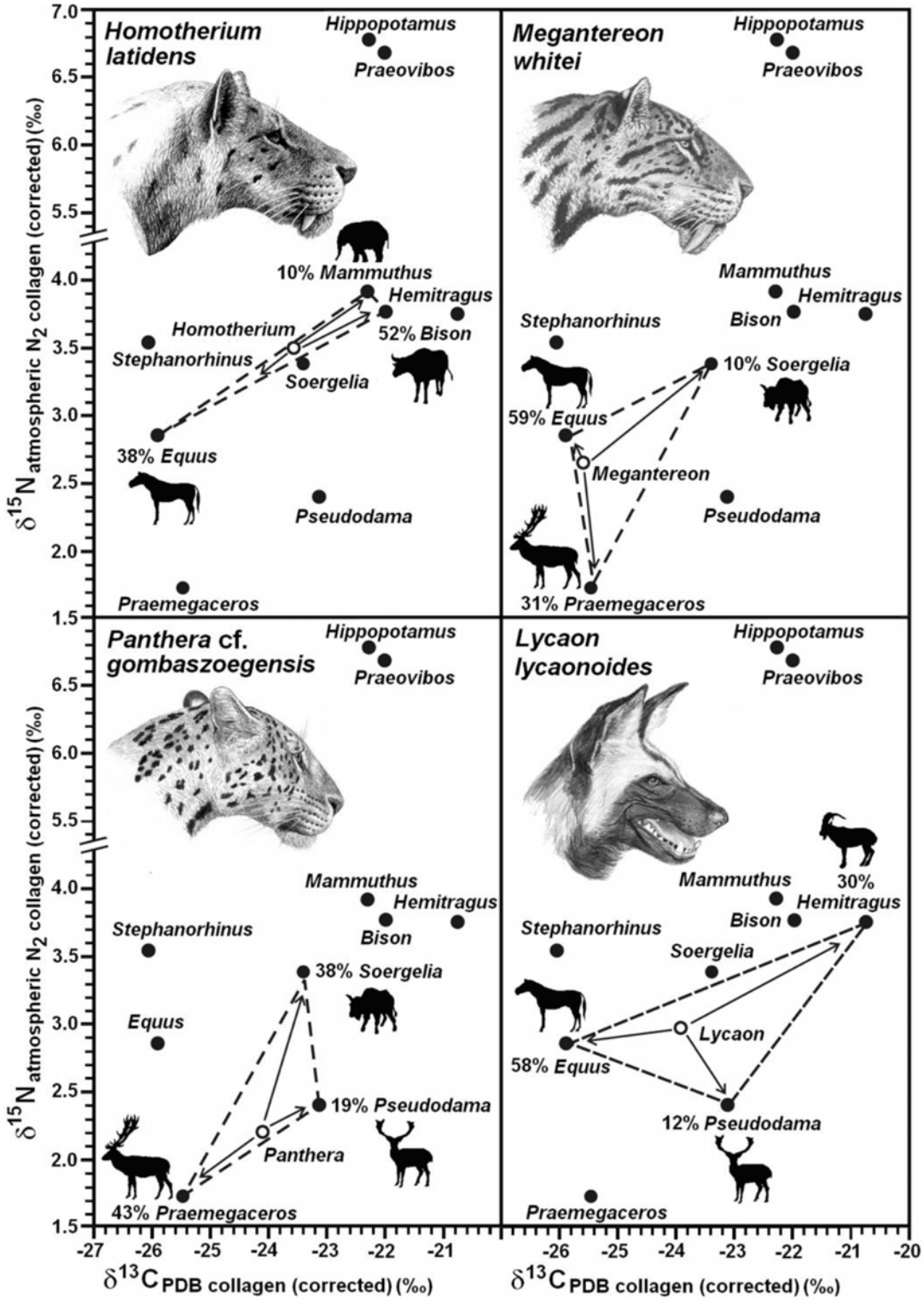

Figura 15. Valores de $\delta^{13}C$ y $\delta^{15}N$ en los hipercarnívoros de Venta Micena y sus presas unguladas, corregidos estos últimos para el fraccionamiento isotópico producido al subir de nivel trófico (ver texto). Cada depredador se encuentra en el interior del triángulo definido por sus tres presas más probables, lo que permite estimar sus contribuciones relativas a la dieta del depredador.

ports, en sílex y caliza, estando representada toda la lítica cadena operativa. Además, en toda una serie de restos esqueléticos exhumados en estos yacimientos aparecen evidencias de acción antrópica, como huellas de descarnación efectuadas con lascas y huesos fracturados por percusión, aunque también se encuentran marcas en la superficie de los huesos ocasionadas por la dentición de los carnívoros.

En el caso concreto de Fuente Nueva-3, yacimiento en el que se han identificado numerosos restos de proboscídeos, un esqueleto desmembrado de un individuo femenino de *M. meridionalis,* con una edad de muerte calculada en torno a los 60 años, aparece rodeado parcialmente por 34 coprolitos de hiena y 17 lascas de sílex. Este hallazgo pone en evidencia la intensa competencia entre las hienas y los homininos por el acceso a los cadáveres de los megaherbívoros. Por ello, el estudio en profundidad de estos nuevos yacimientos, junto a las inferencias obtenidas en otras localidades, como las del Pleistoceno inferior de Atapuerca, permitirá sin duda definir con mayor precisión el nicho ecológico que ocupaban los primeros inmigrantes del género *Homo* en Europa occidental.

Yacimiento de Huéscar

El yacimiento de Huéscar 1 se localiza a 4 km al SE de la ciudad de Huéscar, en el lado izquierdo del Barranco de las Cañadas, a una altitud de 940 m (Fig. 16). Los niveles de este yacimiento consisten en una alternancia de conglomerados, arenas, y limos carbonatados aluviales-lacustres, pertenecientes al Miembro superior de la Formación Baza (Vera, 1970; Soria et al., 1987). Fue localizado por Eduardo Torrecillas, propietario de la finca donde se encuentra el yacimiento, a principios de los años ochenta, y contactó con Ana Mazo, quien fue la primera paleontóloga que visitó esta localidad paleontológica y arqueológica.

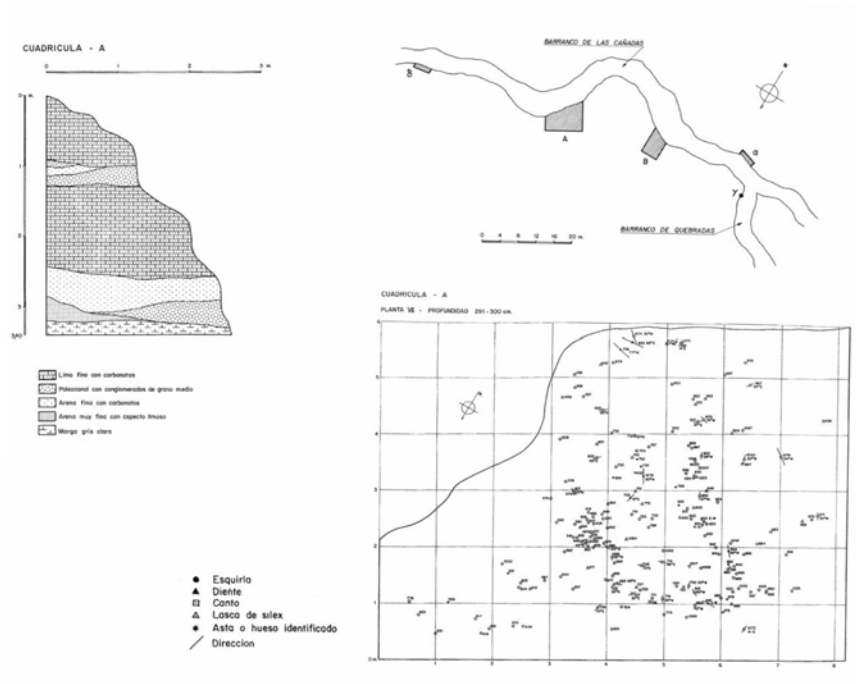

Figura 16. Posición relativa de los cortes de excavación (A y B) y de los sondeos (α, β, y γ) en el yacimiento de Huéscar-1, a lo largo del Barranco de las Cañadas. El perfil 3 corresponde a la excavación A, así como el nivel VII (291-300 cm de profundidad) realizado durante la excavación de Huéscar-1 en 1986, por el equipo dirigido por M.T. Alberdi (Figura de Alberdi y Alonso Diago, 2009).

La asociación de vertebrados fósiles está compuesta por Emydidae indet., una amplia diversidad de aves [cf. *Tachybaptus ruficollis*, *Anas crecca/A. querquedula*, *Anas platyrhynchos*, *Anas clypeata*, *Anas strepera*, *Anas* sp., *Netta rufina*, *Aythya ferina*, *Aythya nyroca*, *Aythya fuligula*, *Aythya* sp., *Perdix perdix*, *Crex crex*, *Bubo bubo*], mamíferos [Soricidae indet., *Eliomys quercinus*, *Apodemus* sp., *Castillomys crusafonti* ssp., *Mimomys savini*, *Microtus (Pitymys) gregaloides*, *Microtus (Microtus) brecciensis*, *Oryctolagus* sp., *Lepus* cf. *L. granatensis*, Leporidae indet., *Canis etruscus*, Hyaenidae indet., *Panthera gombaszoegensis, Homotherium* sp., *Mammuthus meridionalis, Hippopotamus major*, *Equus altidens altidens, Equus suessenbornensis, Stephanorhinus etruscus*, *Capra* sp. y *Praemegaceros* cf. *P. solilhacus*] (Mazo et al., 1985; Aberdi *et al.*, 1989, 1998; Alberdi & Ruiz Bustos, 1989; Alcalá & Morales, 1989; Azanza & Morales, 1989; Cerdeño, 1989, 1993; Mazo, 1989 a, b; Sesé, 1989; Ros-Montoya et al., 2018).

La cronología de este yacimiento está en permanente debate, pues en virtud de su contenido faunístico, ha sido datado en el Pleistoceno inferior terminal (0,8-1,0 Ma) (Sesé, 1989). Sin embargo, una datación numérica realizada por luminiscencia (Demuro et al., 2015) sugiere una cronología próxima a 0,5 Ma. En un trabajo reciente, en el que se reinterpretan los restos correspondientes a proboscídeos de esta localidad, se sugiere nuevamente que la edad más adecuada basada en los datos biocronológicos es 0,8-1,0 Ma (Ros-Montoya et al., 2018), tal y como había sido interpretado en un principio por el equipo de Maite Alberdi.

Bibliografía

Abbazzi, L. 2010. La fauna de cérvidos de Barranco León y Fuente Nueva 3. In: Toro, I., Martínez-Navarro, B., Agustí, J. (Eds.). Ocupaciones Humanas en el Pleistoceno inferior y medio de la Cuenca de Guadix-Baza. Junta de Andalucía, Consejería de Cultura, Arqueología Monografías. 273–290.

Agustí, J. 1985. Bioestratigrafía de los depósitos pliopleistoceno de la depresión de Guadix-Baza (prov. Granada). Paleont. I Evol. 18, 13-18.

Agustí, J., Moyà-Sola, S., Martín-Suárez, E., Marín, M. 1987. Faunas de mamíferos en el pleistoceno inferior de la región de Orce (Granada, España). Paleont. i evolució. Mem. Especial 1, 73-86.

Agustí, J., Madurell, J. 2003. Los arvicólidos (Muroidea, Rodentia, Mammalia) del Pleistoceno inferior de Barranco León y Fuente Nueva 3 (Orce, Granada). Datos reliminares. In: Toro, I., Agustí, J., Martínez-Navarro, B. (Eds.), El Pleistoceno Inferior de Barranco León y Fuente Nueva 3, Orce (Granada). E.P.G. Arqueología Monografías, vol. 17. Junta de Andalucía, Consejería de Cultura, pp. 137-145. Memoria Científica Campañas 1999e2002.

Alberdi, M.T. 2010. Estudio de los caballos de los yacimientos de Fuente Nueva 3 y Barranco León-5 (Granada). In: Toro, I., Martínez-Navarro, B., Agustí, J. (Eds), Ocupaciones Humanas en el Pleistoceno inferior y medio de la Cuenca de Guadix-Baza. Junta de Andalucía, Consejería de Cultura, Arqueología Monografías, pp. 291-306.

Alberdi, M. T., Bonadonna, F. P. (Eds.), 1989. Geología y Paleontología de la Cuenca de Guadix-Baza. Trabajos sobre el Neógeno-Cuaternario nº 11. Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC, Madrid, 355 pp.

Alberdi, M.T., Alcalá, L., Azanza, B., Cerdeño, E., Mazo, A.V., Morales, J. & Sesé, C. 1989. Consideraciones Biostratigráficas sobre la fauna de Vertebrados fósiles de la cuenca de Guadix-Baza (Granada, España). En: *"Geología y Paleontología de la cuenca de Guadix-Baza"*. M.T. Alberdi & F.P. Bonadonna (eds.). *Trabajos sobre el Neógeno-Cuaternario*, CSIC, Madrid 11, 347-355.

Alberdi, M.T., Alonso, M.A., Azanza, B., Hoyos, M., Morales, J. 2001. The vertebrate taphonomy in the circum-Lake environment: three cases in the Guadix-Baza Basin (Granada, Spain). Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology 165, 1-26.

Alberdi, M.T., Azanza, B., Cerdeño, E. & Prado, J.L. 1997. Similarity relationship between Mammal faunas and biochronology from Latest Miocene to Pleistocene in the Western Mediterranean area. Eclogae geologicae Helvetiae 90, 115-132.

Alberdi, M.T., Ortiz-Jaureguizar, E., Prado, J.L. 1998. A quantitative review of European stenonoid horses. Journal of Paleontology, 72 (2), 371-387.

Alberdi, M.T., Ruiz Bustos, A. 1989. Taxonomía y Bioestra-

tigrafía de Equidae (Mammalia, Perissodactyla) en la cuenca de Guadix-Baza. En: "Geología y Paleontología de la cuenca de Guadix-Baza". M.T. Alberdi & F.P. Bonadonna (eds.). Trabajos sobre el Neógeno-Cuaternario, CSIC, Madrid 11, 239-271.

Alcalá, L., Morales, J. 1989. Los carnívoros del Pleistoceno medio de Cúllar de Baza-1 y Huéscar-1 (cuenca de Guadix-Baza). En: "Geología y Paleontología de la cuenca de Guadix-Baza". M.T. Alberdi & F.P. Bonadonna (eds.). Trabajos sobre el Neógeno-Cuaternario, CSIC, Madrid 11, 215-223.

Alfaro, P., Moretti, M., Soria, J.M. 1997. Soft-sediment deformation structures induced by earthquakes (seismites) in Pliocene lacustrine deposits (Guadix-Baza basin, central Betic Cordillera). Eclogae Geol. Helv. 90, 531-540.

Alfaro, P., Estévez, A., Moretti, M., Soria, J.M. 2000. Estructuras sedimentarias de deformación en el Mioceno superior-Cuaternario de la Cordillera Bética. Revista de la Sociedad Geológica de España 13 (1), 79-89.

Alfaro, P., Delgado, J., Sanz de Galdeano, C., Galindo Zaldívar, J., García Tortosa, F.J., López Garrido, A.C., López Casado, C., Marín, C., Gil, A.J., Borque, M.J. 2008. The Baza Fault: a major active extensional fault in the central Betic Cordillera (South Spain). In-ternational Journal of Earth Sciences 97, 1353-1365.

Álvarez, C., Parés, J.M., Granger, D., Duval, M., Sala, R., Toro, I. 2015. New magnetostratigraphic and numerical age of the Fuente Nueva-3 site (Guadix-Baza basin, Spain). Quat. Int. 389, 224-234.

Anadón, P., Julià, R., De Deckker, E., Rosso, J. C. y Souliè-Marsché, I. 1987. Contribución a la Paleolimnología del Pleistoceno inferior de la cuenca de Baza (sector Orce-Venta Micena). Paleontología i Evolució, Memoria Especial, Sabadell 1, 35-72.

Anadón, P., Julià, R., Oms, O. 2003. Estratigrafía y estudio sedimentológico preliminar de diversos afloramientos en Barranco León y Fuente Nueva (Orce, Granada). En: Toro, I., Agustí, J., Martínez, B. (Eds), El Pleistoceno inferior de Barranco León y Fuente Nueva 3, Orce (Granada). Memoria científica Campañas 1999-2002. Monografías de Arqueología. Junta de Andalucía, Consejería de Cultura 17, 47-72.

Anadón, P., Julià, R. 2010. Estudio petrológico de los clastos de las excavaciones de Barranco León (BL-5) y Fuente Nueva -3 (FN-3). Pleistoceno inferior. Orce (Granada). In: Toro, I., Martínez-Navarro, B., Agustí, J. (Coord.), Ocupaciones humanas en el Pleistoceno inferior y medio de la Cuenca de Guadix-Baza. Junta de Andalucía, Consejería de Cultura. Arqueología Monografía, pp. 77-96.

Anadón, P., Gabàs, M. 2009. Paleoenvironmental evolution of the early Pleistocene lacustrine sequence at Barranco León archeological site (Orce, Baza Basin, Southern Spain) from stable isotopes and Sr and Mg chemistry of ostracod shells. J. Paleolimnol. 42, 261-279.

Anadón, P., De Deckker, P., Juliá, R. 1986. The Pleistocene lake deposits of the NE of Baza basin (Spain): salinity variation and ostracod succession. Hydrobiologia 143, 199-208.

Anadón, P., Utrilla, R., Julià, R. 1994. Palaeoenvironmental reconstruction of a Pleistocene lacustrine sequence from faunal assemblages and ostracode shell geochemistry. Baza Basin, SE Spain. Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. 111, 191-205.

Arribas, A., Palmqvist, P. 1998. Taphonomy and paleoecology of an assemblage of large mammals: hyaenid activity in the lower Pleistocene site at Venta Micena (Orce, Guadix-Baza Basin, Granada, Spain). Geobios 31, 3-47.

Arribas, A., Palmqvist, P. 1999. On the ecological connection between sabre-tooths and hominids: faunal dispersal events in the lower Pleistocene and a review of the evidence for the first human arrival in Europe. J. Archaeol. Sci. 26, 571-585.

Arribas, A., Palmqvist, P. 2002. The first human dispersal to Europe: remarks on the archaeological and palaeoanthropological record from Orce (Guadix-Baza basin, southeastern Spain). Hum. Evol. 17, 55-78.

Azanza, B., Morales, J. 1989. Los artiodáctilos de Huélago, Huéscar-1 y Cúllar de Baza-1 (cuenca de Guadix-Baza, Granada). En: "Geología y Paleontología de la cuenca de Guadix-Baza". M.T. Alberdi & F.P. Bonadonna (eds.). Trabajos sobre el Neógeno-Cuaternario, CSIC, Madrid 11, 289-316.

Azañón, J.M., Tuccimei, P., Azor, A., Sánchez Almazo, I.M., Alonso Zarza, A.M., Soligo, M. y Pérez Peña, J.V. 2006. Calcrete features and age estimates from U/Th dating: implications for the analysis of Quaternary erosion rates in the northern limb of the Sierra Nevada range (Betic Cordillera, southeast Spain). En: Paleoenvironmental Record and Applications of Calcretes & Palustrine Carbonates. Geological Society of America. Special Paper 416, 223-239.

Blain, H.-B., Lozano-Fernández, I., Agustí, J., Bailon, S., Menéndez-Granda, L., Espígares Ortiz, M. P., Ros-Montoya,

S., Jiménez Arenas, J. M., Toro-Moyano, I., Martínez-Navarro, B., Sala, R. 2016. Refining upon the climatic background of the Early Pleistocene hominid settlement in western Europe: Barranco León and Fuente Nueva-3 (Guadix-Baza Basin, SE Spain). Quat. Sci. Rev. 144, 132-144.

Braga, J.C., Martín, J.M., Quesada, C. 2003. Patterns and average rates of late Neogene–Recent uplift of the Betic Cordillera, SE Spain. Geomorphology 50, 3-26.

Calvache, M. L., Viseras, C., Fernández, J. 1996. Evolution from endorheic to exorheic drainage in the Guadix Basin: geologic and geomorphic implications. En: Mather, A. E. y Stokes, M. (eds.), 2nd Cortijo Urra Field Meeting, SE Spain: Field Guide. University of Plymouth, pp. 43-48.

Carboneras, C., Kirwan, G.M. 2018. Common Shelduck (Tadorna tadorna). In: del Hoyo J, Elliott A, Sargatal J, Christie DA, de Juana E (eds.). Handbook of the Birds of the World Alive. Lynx Edicions, Barcelona.

Cerdeño, E. 1989. Rhinocerotidae (Mammalia, Perissodactyla) de la cuenca de Guadix-Baza. En: "Geología y Paleontología de la cuenca de Guadix-Baza". M.T. Alberdi & F.P. Bonadonna (eds.). Trabajos sobre el Neógeno-Cuaternario, CSIC, Madrid 11, 273-287.

Cruz-Sanjulián, J., García-Rosell, L., Garrido-Blasco, J. 1972. Aguas termales de la provincia de Granada. Boletín Geológico y Minero LXXXIII-III, 266-275.

Cruz-Sanjulián, J., García-Rosell, L. 1972. Características hidrogeológicas del sector del Jabalcón (Provincia de Granada). Boletín Geológico y Minero LXXXIII-I, 68-80.

Cruz Sanjulián, J., García Rosell, L. 1975. Termalismo en España meridional. Bol. Geol. y Min. 86, 179-186.

Demuro, M., Arnold, L.J., Pares, J.M., Sala, R. 2015. Extended-range luminescence chronologies suggest potentially complex bone accumulation histories at the Early-to-Middle Pleistocene palaeontological site of Hu escar-1 (Guadix-Baza basin, Spain). Quat. Int. 389, 191-212.

Diputación de Granada 1990. Atlas Hidrogeológico de la Provincia de Granada. Diputación de Granada e Instituto Tecnológico Geominero de España, Granada.

Duval, M.; Falguères, C.; Bajaom, J.J.; Grün, R.; Shao, Q.; Aubert, M.; Dolo, J.M.; Agusto, J.; Martinez Navarro, B.; Palmqvist, P.; et al. 2012. On the limits of using combined U-series/ESR method to date fossil teeth from two Early Pleistocene archaeological sites of the Orce area (Guadix-Baza basin, Spain). Quat. Res. 77, 482-491

Espigares, M.P. 2010. Análisis y modelización del contexto sedimentario y los atributos tafonómicos de los yacimientos pleistocénicos del borde nororiental de la cuenca de Guadix-Baza. Ph. D. Dissertation. University of Granada, Spain.

Espigares, M.P., Martínez-Navarro, B., Palmqvist, P., Ros-Montoya, S., Toro, I., Agustí, J., Sala, R. 2013. Homo vs. Pachycrocuta: earliest evidence of competition for an elephant carcass between scavengers at Fuente Nueva-3 (Orce, Spain). Quatern. Int. 295, 113-125.

Furió-Bruno, M. 2003. Los insectivoros (Mammalia) del Pleistoceno inferior de Fuente Nueva-3 y Barranco León (Orce, Granada). In: Toro, I., Agustí, J., Martínez-Navarro, B. (Eds.), Geología, Paleontología, Paleoecología Y Arqueología de la Depresión Guadix-Baza durante el Plio-Pleistoceno. Arqueología Monografías, vol. 17. Consejería de Cultura, Junta de Andalucía, pp. 147-158.

García-Aguilar, J.M. 1997. La cuenca de Guadix-Baza (Granada): evolución geodinámica y sedimentaria de los depósitos lacustres entre el Turoliense superior y el Pleistoceno. Tesis Doctoral Universidad de Granada, España.

García-Aguilar, J.M., Martín, J.M. 2000. Late neogene to recent continental history and evolution of the Guadix-Baza basin (SE Spain). Revista Sociedad Geológica de España 13(1), 65-77.

García-Aguilar, J.M., Palmqvist, P. 2011. A model of lacustrine sedimentation for the Lower Pleistocene deposits of Guadix-Baza basin (southeast Spain). Quat. Int. 243, 3-15.

García-Aguilar, J. M., Guerra-Merchán, A., Serrano, F. y Palmqvist, P. 2013. Ciclicidad sedimentaria en depósitos lacustres evaporíticos tipo playa-lake del Pleistoceno inferior en la cuenca de Guadix-Baza (Cordillera Bética, España). Boletín Geológico y Minero 124 (2), 239-251.

García-Aguilar, J.M., Guerra-Merchán, A., Serrano, F., Palmqvist, P., Flores-Moya, A., Martínez-Navarro, B. 2014. Hydrothermal activity and its paleoecological implications in the latest Miocene to Middle Pleistocene lacustrine environments of the Baza Basin (Betic Cordillera, SE Spain). Quat. Sci. Rev. 96, 204-221.

García-Aguilar, J.M., Guerra-Merchán, A., Serrano, F., Flores-Moya, A., Delgado-Huertas, A., Espigares, M.P. et al. 2015. A reassessment of the evidence for hydrothermal activity in the Neogene-Quaternary lacustrine environments of the Baza basin (Betic Cordillera, SE Spain) and its paleoecological implications. Quat. Sci. Rev. 112, 226-235.

García-Tortosa, F.J., Sanz de Galdeano, C., Alfaro, P., Jiménez-Espinosa, R., Jiménez-Millán, J., Lorite-Herrera, M. 2008. Nueva evidencia sobre la edad del tránsito endorreico-exorreico de la cuenca de GuadixeBaza. Geogaceta 44, 211-214.

Guerra-Merchán, A. 1993. Origen y relleno sedimentario de la cuenca neógena del corredor del Almanzora y áreas limítrofes (Cordillera Bética). Tesis Doctoral Universidad de Granada, España.

Guerra-Merchán, A., Ruiz Bustos, A. 1991. Geología y Paleontología del Plioceno continental en el sector de Baza (Cuenca de Guadix-Baza, Cordilleras Béticas). Geogaceta 10, 24-28.

Guerra-Merchán, A., Ruíz-Bustos, A., Martín-Penela, A.J. 1991. Geología y fauna de los yacimientos de Colorado 1, Colorado 2, Aljibe 2 y Aljibe 3 (Cuenca de Guadix-Baza, Cordilleras Béticas). Geogaceta 9, 99-102.

Lacombat, F. 2010. Estudio paleontológico de *Stephanorhinus hundsheimensis* de Fuente Nueva 3 y de Barranco León 5. In: Toro, I., Martínez-Navarro, B., Agustí, J. (Eds), Ocupaciones Humanas en el Pleistoceno inferior y medio de la Cuenca de Guadix-Baza. Junta de Andalucía, Consejería de Cultura, Arqueología Monografías, pp. 237–246.

Maldonado-Garrido, E., Piñero, P., Agustí, J. 2017. A catalogue of the vertebrate fossil record from the Guadix-Baza Basin (SE Spain). Spanish Journal of Palaeontology 32 (1), 207-236.

Martínez-Navarro, B. 1991. Revisión Sistemática y Estudio Cuantitativo de la Fauna de Macromamíferos de Venta Micena (Orce, Granada). Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.

Martínez-Navarro, B., Espigares, M.P., Ros-Montoya, S. 2003. Estudio preliminar de las asociaciones de grandes mamíferos de Fuente Nueva 3 Y Barranco León-5 (Orce, Granada, España). Informe de las campañas de 1999-2002. In: I. Toro, J. Agustí, Martínez-Navarro, B. (Eds.), Geología, Paleontología, Paleoecología y Arqueología de la Depresión Guadix-Baza durante el Plio-Pleistoceno. Edit. Consejería de Cultura, Junta de Andalucía, pp. 115–136.

Martínez-Navarro, B., Palmqvist, P. 1995. Presence of the African machairodont *Megantereon whitei* (BROOM, 1937) (Felidae, Carnivora, Mammalia) in the lower Pleistocene site of Venta Micena (Orce, Granada, Spain), with some considerations on the origin, evolution and dispersal of the genus. J. Archaeol. Sci. 22, 569-582.

Martínez-Navarro, B., Palmqvist, P. 1996. Presence of the African saber-toothed felid Megantereon whitei (Broom, 1937) (Mammalia, Carnivora, Machairodontidae) in Apollonia-1 (Mygdonia Basin, Macedonia, Greece). Journal of Archaeological Science 23, 869-872.

Martínez-Navarro, B., Palmqvist, P., Madurell-Malapeira, J., Ros-Montoya, S., Espigares, M.P., Torregrosa, V., Pérez-Claros, J.A. 2010. La fauna de grandes mamíferos de Fuente Nueva-3 y Barranco León-5: estado de la cuestión. In: Toro, I., Martínez-Navarro, B., Agustí, J. (Eds.), Ocupaciones Humanas en el Pleistoceno Inferior y Medio de la Cuenca de Guadix-Baza. Junta de Andalucía, Consejería de Cultura, Sevilla, pp. 197-236.

Martínez-Navarro, B., Ros-Montoya, S., Espigares, M.P., Madurell-Malapeira, J., Palmqvist, P. 2018. Los mamíferos del Plioceno y Pleistoceno de la Península Ibérica. PH Investigación 94, 206-249.

Martínez-Navarro, B., Ros-Montoya, S., Espigares, M.P., Palmqvist, P. 2011. Presence of the Asian origin Bovini, Hemibos sp. aff. Hemibos gracilis and Bison sp., at the early Pleistocene site of Venta Micena (Orce, Spain). Quat. Int. 243, 54-60.

Martínez-Navarro, B., Turq, A., Agustí, J., Oms, O. 1997. Fuente Nueva-3 (Orce, Granada, Spain) and the first human occupation of Europe. J. Hum. Evol. 33, 611-620.

Mazo, A.V. 1989a. Nuevos restos de Proboscidea (Mammalia) en la cuenca de Guadix-Baza. En: "Geología y Paleontología de la cuenca de Guadix-Baza". M.T. Alberdi & F.P. Bonadonna (eds.). Trabajos sobre el Neógeno-Cuaternario, CSIC, Madrid 11, 225-237.

Mazo, A.V. 1989b. Los Hipopótamos del Pleistoceno medio de Huéscar-1 (Granada). En: "Geología y Paleontología de la cuenca de Guadix-Baza". M.T. Alberdi & F.P. Bonadonna (eds.). Trabajos sobre el Neógeno-Cuaternario, CSIC, Madrid 11, 317-325.

Mazo, A., Sesé, S., Ruiz Bustos, A., Peña, J.A. 1985. Geología y Paleontología de los yacimientos Plio-Pleistocenos de Huéscar (Depresión de Guadix-Baza, Granada). Estudios Geológicos 41, 467-493.

Medin, T., Martínez-Navarro, B., Rivals, F., Madurell-Malapeira, J., Ros-Montoya, S., Espigares, M.-P., Figueirido, B., Rook, L., Palmqvist, P. 2017. Late Villafranchian Ursus etruscus and other large carnivorans from the Orce sites

(Guadix-Baza basin, Andalusia, southern Spain): Taxonomy, biochronology, paleobiology, and ecogeographical context. Quat. Int. 431, 20-41.

Mendoza, M., Janis, C.M., Palmqvist, P. 2005. Ecological patterns in the trophic-size structure of large mammal communities: a 'taxon-free' characterization. Evol. Ecol. Res. 7, 505-530.

Moullé, P.E. 1992. Les grands mammifères du Pléistocène inférieur de la grotte du Vallonnet (Roquebrune-Cap-Martín, Alpes-Maritimes). Étude paléontologique des Carnivores, Equidé, Suidé et Bovidés. Ph.D. Thesis, Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris.

Moya-Solà, S., Agustí, J., Marín, M. 1987. Fuentesnuevas-1: nueva localidad con mamíferos del Plioceno superior de Guadix-Baza (Granada, España). Paleontología I Evolució, Mem. Espec. 1, 87-93.

Oms, O., Agustí, J., Gabàs, M., Anadón, P. 2000. Lithostratigraphical correlation of micromammal sites and biostratigraphy of the upper Pliocene to lower Pleistocene in the Northeast Guadix-Baza basin (southern Spain). Journal of Quaternary Science 15, 43-50.

Oms, O., Agustí, J., Parés, J.M. 2010. Litoestratigrafía, magnetoestratigrafía y bioestratigrafía de los yacimientos de Barranco León 5 y Fuente Nueva 3 (Cuenca de Guadix-Baza, España). In: Toro, I., Martínez-Navarro, B., Agustí, J. (Eds.), Ocupaciones humanas en el Pleistoceno inferior y medio en la Cuenca de Guadix-Baza. Junta de Andalucía, Consejería de Cultura. Arqueología Monografía, pp. 107-119.

Palmqvist, P., Arribas, A. 2001. Taphonomic decoding of the paleobiological information locked in a lower Pleistocene assemblage of large mammals. Paleobiology 27, 512-530.

Palmqvist, P., Arribas, A., Martínez-Navarro, B. 1999. Ecomorphological study of large canids from the lower Pleistocene of southeastern Spain. Lethaia 32, 75-88.

Palmqvist, P., Espigares, M.P. 2017. The Early Pleistocene assemblages of large mammals from Orce (Baza Basin, SE Spain): an example of reciprocal illumination between taphonomy and paleoecology. En: TaphonomieS (Ed. J.P. Brugal), 509-527. Éditions des archives contemporaines. Groupement de recherches 3591 «Taphonomie, Environnement et Archéologie», CNRS-INEE.

Palmqvist, P., Duval, M., Diéguez, A., Ros-Montoya, S., Espigares, M.P. 2016. On the fallacy of using orthogenetic models of rectilinear change in arvicolid teeth for estimating the age of the first human settlements in Western Europe. Hist. Biol. 28, 734-752.

Palmqvist, P., Gröcke, D.R., Arribas, A., Fariña, R. 2003. Paleoecological reconstruction of a lower Pleistocene large mammals community using biogeochemical (δ13C, δ15N, δ18O, Sr: Zn) and ecomorphological approaches. Paleobiology 29, 205-229.

Palmqvist, P., Martínez-Navarro, B., Arribas, A. 1996. Prey selection by terrestrial carnivores in a Lower Pleistocene paleocommunity. Paleobiology 22, 514-534.

Palmqvist, P., Martínez-Navarro, B., Pérez-Claros, J.A., Torregrosa, V., Figueirido, B., Jiménez-Arenas, JM. 2011. The giant hyena Pachycrocuta brevirostris: modelling the bone-cracking behavior of an extinct carnivore. Quat. Int. 243, 61-79.

Palmqvist P., Pérez-Claros J.A., Gröcke D.R., Janis C.M. 2008a. Tracing the ecophysiology of ungulates and predator-prey relationships in an early Pleistocene large mammal community. Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. 266, 95-111.

Palmqvist, P., Pérez-Claros, J.A., Gröcke, D.R., Janis, C.M. 2008a. Tracing the ecophysiology of ungulates and predator-prey relationships in an early Pleistocene large mammal community. Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. 266, 95-111.

Palmqvist, P., Pérez-Claros, J.A., Janis, C.M., Figueirido, B., Torregrosa, V., Gröcke, D.R. 2008b. Biogeochemical and ecomorphological inferences on prey selection and resource partitioning among mammalian carnivores in an early Pleistocene community. Palaios 23, 724-737.

Palmqvist, P., Torregrosa, V., Pérez-Claros, J.A., Martínez-Navarro, B., Turner, A. 2007. A re-evaluation of the diversity of Megantereon (Mammalia, Carnivora, Machairodontinae) and the problem of species identification in extinct carnivores. J. Vert. Paleontol. 27, 160-175.

Peña, J.A. 1985. La depresión de Guadix-Baza. Estudios Geol. 41, 33-46.

Piñero, P., Agusti, J., Oms, O., Blain, H.A., Ros-Montoya, S., Martínez-Navarro, B. 2017. Rodents from Baza-1 (Guadix-Baza Basin, SE Spain): Filling the gap of the early Pliocene succession in the Betics. Journal of Vertebrate Paleontology 37 (4), e1338294.

Platt, J.P., Behr, W.M., Johanesen, K., Williams, J.R. 2013. The Betic-Rif arc and its orogenic hinterland: a review.

Annual Review of Earth and Planetary Sciences 41, 313-357.
Rodríguez Fernández, J. 1982. El Mioceno del sector central de las Cordilleras Béticas. Tesis Doctoral de la Universidad de Granada.

Rodríguez-Gómez, G., Palmqvist, P., Rodríguez, J., Mateos, A., Martín-González, J.A., Espigares, M.P. et al. 2016. On the ecological context of the earliest human settlements in Europe: Resource availability and competition intensity in the carnivore guild of Barranco León-D and Fuente Nueva-3 (Orce, Baza Basin, SE Spain). Quat. Sci. Rev. 134, 69-83.

Rodríguez-Gómez, G., Palmqvist, P., Ros-Montoya, S., Espigares, M.P., Martínez-Navarro, B. 2017. Resource availability and competition intensity in the carnivore guild of the Early Pleistocene site of Venta Micena (Orce, Baza Basin, SE Spain). Quat. Sci. Rev. 164, 154-167.

Ros-Montoya, S. 2010. Los proboscídeos del Plio-Pleistoceno de la Cuenca de Guadix-Baza y Granada. Ph. D. Dissertation, Universidad de Granada.

Ros-Montoya, S., Madurell-Malapeira, J., Martínez-Navarro, B., Espigares, M.P., Palmqvist, P. 2012. Late Villafranchian Mammuthus meridionalis (Nesti, 1825) from the Iberian Peninsula: Dentognathic remains from Incarcal-I (Crespià, Girona) and Venta Micena (Orce, Granada). Quat. Int. 276-277, 17-22.

Ros-Montoya, S., Martínez-Navarro, B., Espigares, M. P., Jiménez-Arenas, J. M., Madurell-Malapeira, J., Palmqvist, P. 2016. Fuente Nueva 1: El registro más antiguo del Pleistoceno inferior de Orce. En G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología. Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0, pp. 387-391.

Ros-Montoya, S., Martínez-Navarro, B., Espigares, M.P., Guerra-Merchán, A., García-Aguilar, J. M., Piñero, P., Rodríguez-Rueda, A., Agustí, J., Oms, O., Palmqvist, P. 2017. A new Ruscinian site in Europe: Baza-1 (Baza basin, Andalusia, Spain). C. R. Palevol. 16, 746-761.

Ros Montoya, S., Palombo, M.R., Espigares, M.P., Palmqvist, P., Martínez-Navarro, B. 2018. The mammoth from the archaeo-paleontological hominin site of Huéscar-1: a tile the puzzling question of the replacement of Mammuthus meridionalis by Mammuthus trogontherii in the late Early Pleistocene of Europe. Quaternary Science Reviews 197, 336-351.

Ruiz Bustos, A. 1976. Estudio sistemático y ecológico sobre las faunas del Pleistoceno medio de las Depresiones Granadinas. El yacimiento de Cúllar de Baza 1. Ph.D. Thesis Universidad de Granada, Spain.

Ruiz-Bustos, A. 1994. Procesos evolutivos, datación y paleoecología de los mamíferos neógenos y cuaternarios en las cuencas centrales de la Cordillera Bética. Comunicaciones X Jornadas de Paleontología. Madrid, 176-79.

Sanz De Galdeano, C. 1983. Los accidentes y fracturas principales de las Cordilleras Béticas. Estudios Geológicos 39, 157-165.

Sanz de Galdeano, C. 1990. Geologic evolution of the Betic Cordilleras in the Western Mediterranean, Miocene to the present. Tectonophysics 172, 107-119.

Sanz de Galdeano, C. 2008. The Cádiz-Alicante Fault: an important discontinuity in the Betic Cordillera. Rev. Soc. Geol. Esp. 21, 49-58.

Sanz de Galdeano, C., Vera, J.A. 1991. Una propuesta de clasificación de las cuencas neógenas béticas. Acta geológica hispánica 26, 205-227.

Sanz de Galdeano, C., Vera, J.A. 1992. Stratigraphic record and palaeogeographical context of the Neogene basins in the Betic Cordillera, Spain. Basin Research 4, 21-36.

Sanz de Galdeano, C., Delgado, J., Galindo-Zaldívar, J., Marín, C., Alfaro, P., García–Tortosa, F. J. 2007. Principales rasgos geológicos deducidos a partir de los mapas gravimétricos de la cuenca de Guadix–Baza. La cuenca de Guadix-Baza. Estructura, tectónica activa, sismicidad, geomorfología y dataciones existentes", ISBN, 849685636-4.

Sanz de Galdeano, C., García Tortosa, F.J., Peláez, J.A., Alfaro, P., Azañón, J.M., Galindo Zaldívar, J., López Casado, C., López Garrido, A.C., Rodríguez-Fernández, J., Ruano, P. 2012. Main active faults in the Granada and Guadix-Baza Basins (Betic Cordillera). Journal of Iberian Geology 38, 209-223.

Sesé, C. 1989. Micromamíferos (Rodentia, Lagomorpha, Insectivora y Chiroptera) del Mioceno, Plioceno y Pleistoceno de la cuenca de Guadix-Baza (Granada). En: "Geología y Paleontología de la cuenca de Guadix-Baza". M.T. Alberdi & F.P. Bonadonna (eds.). Trabajos sobre el Neógeno-Cuaternario, CSIC, Madrid 11, 185-213.

Soria, J.M. 1993. La sedimentación neógena entre Sierra Arana y el río Guadiana Menor. Evolución desde un margen continental hasta una cuenca intramontañosa. Ph.D. Thesis, University of Granada.

Toro-Moyano, I., Martínez-Navarro, B., Agustí, J., Souday, C., Bermúdez de Castro, J.M., Martinón-Torres, M., Fajardo, B., Duval, M., Falgueres, C., Oms, O., Parés, J.M., Anadón, P., Julià, R., García-Aguilar, J.M., Moigne, A.M., Espigares, M.P., Ros-Montoya, S., Palmqvist, P. 2013. The oldest human remain in Europe, from Orce (Spain). Journal of Human Evolution 65, 1-9.

Turq, A., Martínez-Navarro, B., Palmqvist, P., Arribas, A., Agustí, J., Rodríguez Vidal, J. 1996. Le Plio-pleistocéne de la region d´Orce, Province de Grenade, Espagne: Bilan et perspectives de recherché. Paleo 8, 161-204.

Vera, J.A. 1969. Características estratigráficas de la serie de Baza. Depresión de Guadix-Baza. Acta Geol. Hisp. 4, 14-17.

Vera, J.A. 1970a. Estudio estratigráfico de la Depresión de Guadix-Baza. Boletín Geológico y Minero 81, 429-462.

Vera, J.A. 1970b. Facies del Plioceno de la Depresión de Guadix-Baza. Cuad. Geol. Univ. Granada 1, 23-25.

Vera, J.A., Fernández, J., López-Garrido, A.C., Rodríguez-Fernández, J. 1985. Geología y estratigrafía de los materiales plio-pleistocenos del sector Orce-Venta Micena (Prov. Granada). Paleontologia i Evolució 18, 3-11.

Viseras, C. 1991. Estratigrafía y sedimentología del relleno aluvial de la Cuenca de Guadix (Cordilleras Béticas). Tesis Doctoral. Univ. de Granada.

Viseras, C., Pla-Pueyo, S., Soria, J.M., Fernández, J., García-García, F., Gierlowski-Kordesch, E.H., Ian, C., Schreve, D. 2014. Controles alogénicos sobre la ciclicidad en la sedimentación continental en la Cuenca de Guadix (Cordillera Bética, España) durante el Plioceno y Pleistoceno: estado del conocimiento. Revista de la Sociedad Geológica de España 27, 223-238.

GUÍA DE LA EXCURSIÓN 2

EL PLIOCENO MARINO AL SUR DE SIERRA ALHAMILLA Y SIERRA CABRERA (PROVINCIA DE ALMERÍA)

J. Aguirre, J.C. Braga & J. M. Martín

Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencias, Campus Fuentenueva s/n, Universidad de Granada, 18071 Granada, España (jaguirre@ugr.es)

INTRODUCCIÓN

Los materiales pertenecientes al Plioceno marino en la provincia de Almería se encuentran representados en una amplia zona al este de Sierra de Gádor y al sur de la alineación montañosa formada por las sierras de Alhamilla y Cabrera (Cuenca de Almería-Nijár), al oeste de Almería (Campo de Dalías o Poniente Almeriense), en las estribaciones septentrionales del complejo volcánico de Cabo de Gata (Cuenca de Carboneras) y al norte y nordeste de los relieves mencionados, en la Cuenca de Sorbas y en la Cuenca de Vera (Montenat., 1990) (Fig. 1). En todas estas áreas, el Plioceno marino se expone en afloramientos que pueden seguirse en continuidad lateral por centenares de metros. En esta guía de campo nos centraremos en el Plioceno de las cuencas de Almería-Níjar y de Carboneras (Fig. 2) ya que son las zonas donde, por la calidad de los afloramientos y por el abundante contenido paleontológico, se centrarán las paradas y se harán las observaciones pertinentes.

Figura 1. Principales cuencas neógenas (en blanco) de la provincia de Almería con indicación de la Cuenca de Carboneras.

En la región objeto de estudio, el Plioceno marino está representado por dos unidades discordantes, denominadas informalmente Unidad I y Unidad

II (Aguirre, 1995, 1998). La unidad inferior, Unidad I, es la que mayor representación superficial presenta. Muestra una amplia variedad de facies y litologías dependiendo de las condiciones de depósito (Méndez Cecilia, 1971a, 1971b; Fourniguet y Le Calvez, 1975; Iaccarino et al., 1975; Perconig, 1976; Addicott et al., 1978, 1979; Postma, 1979, 1983; Montenat, 1977; Montenat et al., 1990; Boorsma, 1992, 1993; Aguirre, 1995, 1998; Braga et al., 2003; Martín et al., 2004; Aguirre et al., 2012). Dominan los sedimentos terrígenos, aunque los carbonatos y depósitos carbonatados-siliciclásticos mixtos pueden ser mayoritarios en algunas zonas. La Unidad II, por su parte, se encuentra localizada en la zona central de la Cuenca de Almería-Níjar, con los mejores afloramientos en la Rambla de la Sepultura y Rambla Quebrada (Fig. 2). No obstante, pequeños afloramientos se encuentran también en los alrededores de Balanegra-Balerma, en el Campo de Dalías. Está caracterizada por depósitos terrígenos en los que se intercalan bancos del coral escleractinio *Cladocora caespitosa* (Aguirre, 1995, 1998; Aguirre y Jiménez, 1997, 1998; Pérez-Asensio y Aguirre, 2010).

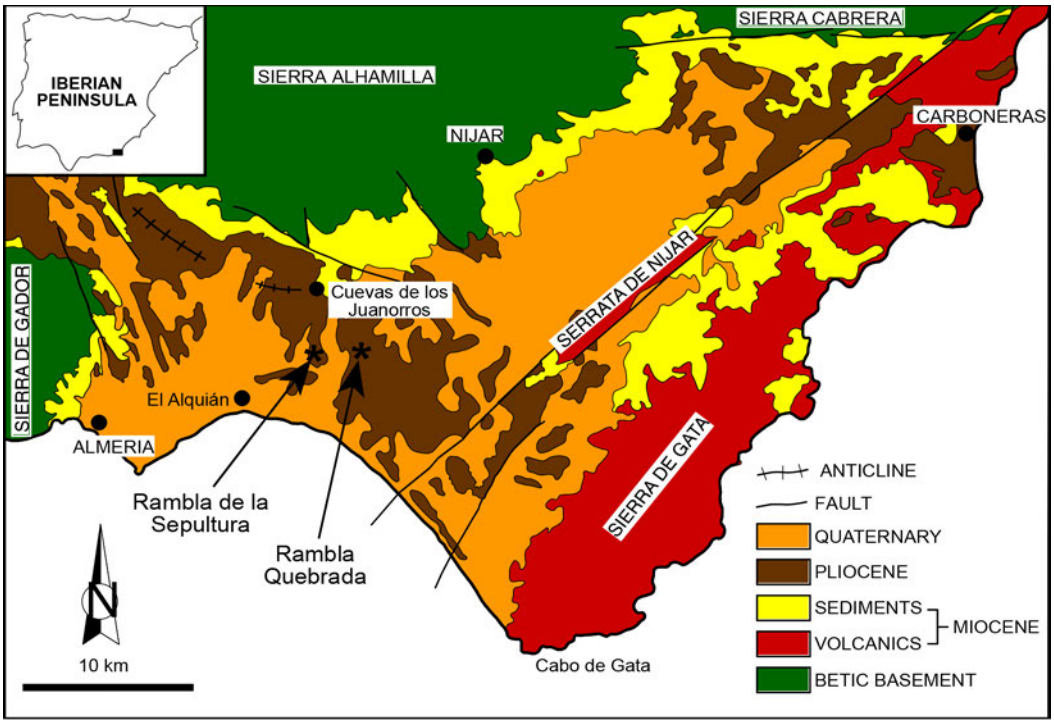

Figura 2. Cuencas de Almería-Níjar y de Carboneras con indicación de las dos zonas donde mejor exposición hay de la Unidad II: Rambla de la Sepultura y Rambla Quebrada.

EDAD DE LAS UNIDADES

Unidad I

Los sedimentos más antiguos datados con foraminíferos planctónicos, localizados en la parte baja (no basal) de la Unidad I, contienen asociaciones de foraminíferos planctónicos caracterizadas por la presencia de *Globorotalia margaritae* (Martín-Pérez, 1992; Aguirre, 1998). Esto nos permite incluir estos materiales dentro de la biozona MPl2 de la escala bioestratigráfica estándar para el Mediterráneo (ver la síntesis reciente de Lirer et al. 2019). El análisis de varias muestras en estas zonas basales de la Unidad I pone de manifiesto la presencia de abundantes ejemplares de *Sphaeroidinellopsis* spp. Sin embargo, los estudios hasta el momento realizados no permiten diferenciar de

forma evidente los depósitos pertenecientes a la primera zona, biozona MPl1 o biozona de acmé de *Sphaeroidinellopsis*, ya que todas las muestras contienen *G. margaritae*. No obstante, la dificultad de caracterizar la primera biozona pliocena de la escala bioestratigráfica en el Mediterráneo (Hilgen y Langereis, 1993) y la escasez de un buen registro micropaleontológico de la base de la unidad impiden hacer cualquier tipo de valoración sobre su existencia en el SE de la Península Ibérica por el momento.

El techo de la unidad se caracteriza por la coexistencia de *Sphaeroidinellopsis* spp, *Globorotalia puncticulata* y *G. crassaformis*. La presencia de individuos de *Sphaeroidinellopsis seminulina*, cuya extinción marca el techo de la biozona MPl4 (Lirer et al., 2019), y la presencia de *G. crassaformis*, cuya aparición indica la base del Plioceno superior (MPl4b) (Lirer et al., 2019), permiten asignar el techo de la Unidad I a la base del Plioceno superior. Esta edad es consistente con la ausencia de *G. margaritae*, cuya extinción en el Mediterráneo coincide con el límite entre las biozonas MPl3 y MPl4.

Unidad II

Inicialmente, los depósitos pertenecientes a la Unidad II se atribuyeron al Plio-Pleistoceno sin mayor precisión bioestratigráfica (Aguirre, 1995; Aguirre y Jiménez, 1997, 1998) ya que las muestras analizadas representaban sedimentos terrígenos gruesos depositados en ambientes someros dominadas por foraminíferos bentónicos, especialmente *Elphidium*, *Cibicides*, *Cibicidoides*, *Quinqueloculina*, *Asterigerinata*, *Ammonia*, *Nonion*, *Cancris* y *Bolivina* (Pérez-Asensio y Aguirre, 2010). Un muestro más intenso en diferentes puntos de la cuenca de Almería-Níjar reveló algunos datos que permiten datar la unidad (Aguirre, 1998; Aguirre y Sánchez-Almazo, 1998). En la base de la unidad se encuentran asociados *Globorotalia puncticulata*, *G. crassaformis*, *Neogloboquadrina humerosa*, *Globigerinoides ruber*, *G. extremus* y *G. obliquus*. La presencia *G. extremus*, especie que no pasa al Pleistoceno (e.g. Kennett y Srinivasan, 1983; Berggren et al., 1995; Lourens et al., 1996; Lirer et al., 2019) y la posición estratigráfica de la unidad, por encima de materiales asignados a la primera biozona del Plioceno superior, confirman que esta unidad comenzó a depositarse durante el Plioceno superior.

La Unidad II finaliza con conglomerados y arenas gruesas depositadas en ambientes de abanicos deltaicos y ambientes de playa. Esto ha impedido obtener una edad precisa para el final de la unidad. Aproximadamente 6 m por debajo del límite aflorante de la unidad, aparece una asociación de microfósiles dominada por ostrácodos y foraminíferos bentónicos junto con algunos foraminíferos planctónicos con valor bioestratigráfico: *Neogloboquadrina humerosa*, *Globigerinoides extremus* y *G. bolli*. La presencia de *G. extremus* y *G. bolli*, dos especies que se extinguen hacia el techo del Plioceno superior (e.g., Kennett y Srinivasan, 1983; Berggren et al., 1995; Lourens et al., 1996; Lirer et al., 2019), indicaría que la Unidad II es Plioceno superior prácticamente en su totalidad. Concretamente, la extinción de *G. extremus* se produce en el límite Plioceno-Pleistoceno (Berggren et al., 1995; Lirer et al., 2019). No obstante, no se puede descartar definitivamente que el techo de la Unidad II sea ya Pleistoceno.

EL PLIOCENO DE LA CUENCA DE ALMERÍA-NÍJAR

Unidad I

Los depósitos de la Unidad I se extiende de E a O por toda la Cuenca de Almería-Níjar y desde prácticamente la costa hasta el margen S de los relieves béticos de Sierra Alhamilla y Sierra Cabrera. Por el oeste, el límite de la cuenca lo proporciona la Sierra de Gádor y por el este la Sierra de Gata. La Unidad I se dispone discordantemente sobre margas del Mioceno superior, sobre los materiales

metamórficos de los substratos béticos que bordean la cuenca y sobre los relieves volcánicos del complejo Sierra de Gata-Serrata de Níjar en el este. Por encima, se disponen discordantes los materiales de la Unidad II o arenas y conglomerados de abanicos aluviales y de playas asignados al Cuaternario (Goy y Zazo, 1982, 1986; Montenat et al., 1990; Aguirre, 1995, 1998; Aguirre y Jiménez, 1997, 1998; Pérez-Asensio y Aguirre, 2010). El espesor total de esta unidad no se ha podido determinar, aunque algunos autores estiman espesores por encima de los 100 m hasta 150 m (Postma, 1983; Montenat et al., 1990). Un testigo de sondeo que recientemente hemos obtenido en el centro de la cuenca, inmediatamente al sur de la prisión de El Acebuche, alcanzó los 90 m de profundidad sin que se hubiera llegado a la base de la unidad.

La sedimentación pliocena de la Unidad I en la Cuenca de Almería-Níjar se produjo en un amplio golfo abierto hacia el sur, hacia el Mediterráneo (Fig. 3A). En esta cuenca se desarrollaron sistemas terrígenos, deltas y abanicos deltaicos, que progradaron hacia el centro de la cuenca. Los abanicos deltaicos condicionaron la presencia localmente de brechas y conglomerados procedentes de los relieves circundantes que se intercalan en arenas y/o materiales carbonatados bioclásticos. Estos depósitos se encuentran, fundamentalmente, al inicio de la sedimentación pliocena en la cuenca.

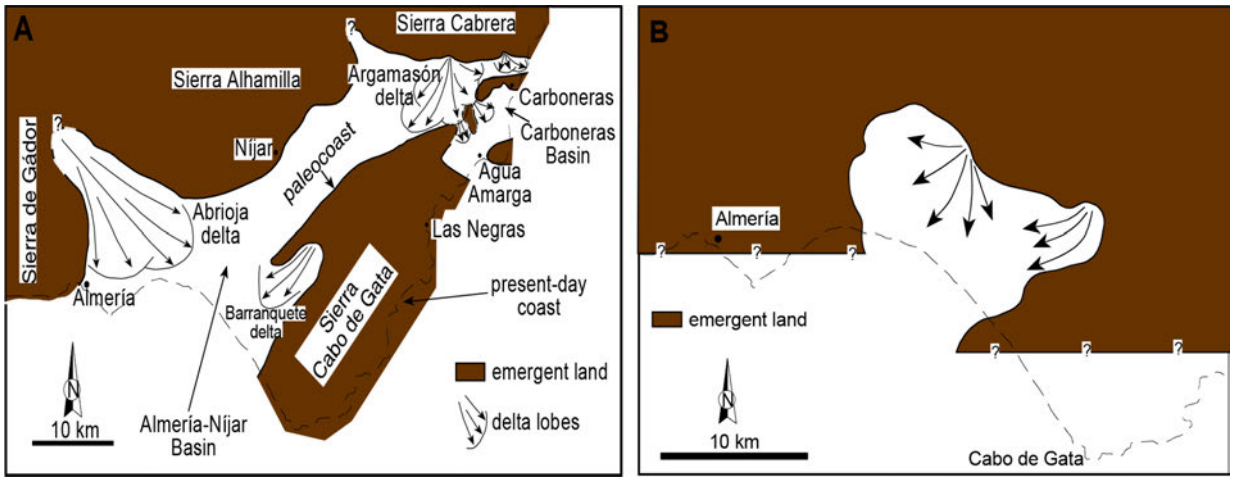

Figura 3. Reconstrucción paleogeográfica durante el depósito de las dos unidades pliocenas en la zona de estudio: A) Unidad I (Plioceno inferior). B) Unidad II (Plioceno superior).

En cuanto a los sistemas deltaicos, se desarrollaron tres grandes deltas que alimentaban de material terrígeno la cuenca (Fig. 3A). En el extremo noroccidental se desarrolló el denominado delta del Abrioja (Postma, 1979, 1983) alimentado desde la Sierra de los Filabres, un relieve de basamento bético (Zonas Internas de la Cordillera Bética) metamórfico al norte de la Cuenca de Almería-Níjar. En el extremo nororiental avanzó hacia la cuenca el delta de El Argamasón, depositando materiales terrígenos derivados de Sierra Cabrera (Aguirre, 1995, 1998). Finalmente, en el margen oriental de la cuenca, asociado a los relieves volcánicos de la Serrata de Níjar, creció un delta de tipo Gilbert, delta de El Barranquete (Boorsma, 1992, 1993). Cada sistema terrígeno muestra, obviamente, sus particularidades sedimentológicas. Sin embargo, en términos de facies hay una gran similitud entre los tres sistemas. Las facies de frente deltaico están caracterizadas por canales de conglomerados con estratificaciones cruzadas en artesa que se intercalan en arenas medias a gruesas. Lateralmente, fuera de la influencia siliciclástica pero en posiciones proximales de la

cuenca, se depositaron calcirruditas muy fosilíferas dominadas por bivalvos, equinodermos, algas rojas formando rodolitos, briozoos, gasterópodos y, en menor proporción restos de vertebrados marinos (huesos de cetáceos y dientes de seláceos). Distalmente, los sedimentos se hacen progresivamente más finos hacia el centro de la cuenca, de tal forma que las facies de prodelta están representadas por unas arenas finas y limos. Estas facies limosas, que reciben el nombre de "limos o margas con lepra" debido a la intensidad de la bioturbación, son las que están mayoritariamente representadas en toda la zona central de la cuenca. Las facies más profundas están caracterizadas por arcillas azules.

Como se comentaba anteriormente, esta distribución de facies y de sedimentos se ve modificada localmente en cada uno de los sistemas deltaicos. Así, en el delta de El Barranquete y en el delta de El Argamasón, las facies más distales del frente deltaico y las facies de prodelta están caracterizadas por materiales mixtos carbonatados-terrígenos. La fracción carbonatada está esencialmente representada por concentraciones fosilíferas con predominio de bivalvos (fundamentalmente pectínidos y ostreidos), balánidos, equinodermos y, en menor proporción, gasterópodos y algas rojas formando rodolitos (Aguirre, 1995, 1998).

Un estudio de las asociaciones de pectínidos (Aguirre et al., 1996) puso de manifiesto que las facies más someras de conglomerados y calcirruditas están caracterizadas por asociaciones dominadas por *Pecten* spp y *Chlamys* spp., con una representación significativa de *Gigantopecten latissimus*, mientras que las arenas medias y gruesas, así como niveles de tempestitas proximales contienen asociaciones dominadas por *Chlamys seniensis* y *Flabellipecten bosniasckii*. Por su parte, los limos distales están dominados por concentraciones de *Amusium cristatum*, especie que se encuentra en niveles de tempestitas distales así como formando niveles de concentraciones biológicas (Aguirre et al., 1996; Jiménez et al., 2009; Aguirre, 2017).

Desde un punto de vista secuencial, la Unidad I conforma una secuencia somerizante a techo. Localmente, como en el margen occidental de la cuenca, los depósitos del Plioceno al pie de la Sierra de Gádor permiten diferenciar ciclos de mayor frecuencia que modularon el ciclo de somerización generalizado.

Unidad II

La Unidad II se encuentra ampliamente representada en el centro de la Cuenca de Almería-Níjar. Los mejores afloramientos se encuentran en la Rambla de la Sepultura y en Rambla Quebrada, localizados en el centro de una paleobahía restringida abierta hacia el sur donde progradaron abanicos deltaicos que rellenaron la cuenca (Fig. 3B). Está caracterizada por depósitos siliciclásticos de abanicos deltaicos depositados en ambientes muy someros de una bahía protegida (Aguirre, 1995, 1998; Aguirre y Jiménez, 1997, 1998; Pérez-Asensio y Aguirre, 2010). Se trata de bancos de conglomerados con granoclasificación inversa que representan depósitos de "debris-flows" en las zonas más internas de los abanicos deltaicos. Los conglomerados se intercalan en arenas gruesas a medias masivas o con laminaciones cruzadas en artesa de pequeños "ripples". Distalmente, las conglomerados disminuyen en importancia a favor de un incremento de las arenas. Localmente, en Rambla Quebrada, también aparecen limos arcillosos masivos en las zonas más distales. Lo más llamativo de los niveles de conglomerados es que se encuentran colonizados en su parte superior por comunidades de organismos de ambientes muy litorales que han quedado preservados *in situ* (Aguirre y Jiménez, 1997). Se trata de costras de algas rojas, briozoos, *Mytilus edulis*., balánidos, serpúlidos, erizos regulares y perforaciones.

Otro de los elementos característicos de la Unidad II es la presencia del coral *Cladocora caespitosa*. Este

coral escleractinio se encuentra desde depósitos muy litorales como colonias aisladas hasta formando bancos que pueden llegar alcanzar varios metros de desarrollo vertical y que pueden seguirse lateralmente por varias decenas de metros (Aguirre y Jiménez, 1998). Dichas bioconstrucciones se encuentran en los depósitos correspondiente a las zonas de abanico medio y externo. Los corales forman colonias con morfologías de conos invertidos y crecen sobre cantos o sobre otros organismos, fundamentalmente sobre bancos de ostras. Asociados a los corales hay una rica y diversa asociación de organismos que contribuyeron al desarrollo de estos bancos bioconstruidos. Al igual que ocurre con las comunidades litorales que colonizaron los cantos, los corales y el resto de organismos asociados se encuentran manteniendo la posición original de crecimiento. El final del desarrollo de los diferentes bancos de coral se produjo por enterramientos catastróficos por arenas tras las descargas de material terrígeno en los abanicos deltaicos (Aguirre y Jiménez, 1998).

El análisis de las facies, las variaciones en las asociaciones de fósiles, las características tafonómicas de los mismos y los cambios en las asociaciones de foraminíferos bentónicos permiten inferir que la Unidad II se formó durante un ciclo transgresivo-regresivo completo. La base de la unidad está caracterizada por las facies más internas de abanicos deltaicos. Hacia la parte media de la unidad se produce una disminución en el tamaño del material terrígeno y además se encuentran los mayores desarrollos de bancos de *C. caespitosa*. Esto sugiere un cambio en las condiciones de depósito a ambientes más distales de los abanicos. Por encima de los bancos de coral vuelven a encontrarse facies terrígenas gruesas que representan depósitos de playa ("foreshore"). Finalmente, por encima de estos depósitos de playa se encuentran canales conglomeráticos intercalados entre arenas de colores rojizos y en los que no se encuentran fósiles marinos. Estos materiales se interpretan como los depósitos en la zona continental de los abanicos deltaicos.

EL PLIOCENO DE LA CUENCA DE CARBONERAS

El Plioceno en la Cuenca de Carboneras se extiende desde los relieves volcánicos que rodean Carboneras hasta los alrededores de Agua Amarga hacia el sur. Hacia el E se abre al Mediterráneo mientras que por el oeste la cuenca está limitada por los relieves septentrionales de la Serrata de Níjar y Sierra de Gata, que separaron esta cuenca de la de Almería-Níjar durante la mayor parte del Plioceno inferior (Fig. 4). Hacia el final o ya dentro de la base del Plioceno superior, ambas cuencas entran en contacto y depósitos procedentes del norte de la Cuenca de Almería-Níjar invaden y progradan en la Cuenca de Carboneras (Figs. 3A, 5). Los materiales pliocenos se disponen discordantemente sobre margas del Messiniense o sobre el substrato volcánico. En este caso, tan solo se ha podido datar la base de la unidad, Plioceno inferior, ya que hacia el techo no se encuentran sedimentos finos que potencialmente contengan foraminíferos planctónicos. Por encima, afloran playas atribuidas al Pleistoceno.

En la Cuenca de Carboneras tan solo afloran sedimentos de la Unidad I, representada mayoritariamente por carbonatos. Los componentes bioclásticos mayoritarios son las algas rojas calcáreas, bivalvos y briozoos, con proporciones variables de balánidos y equinodermos (Aguirre, 1995, 1998; Braga et al., 2003; Martín et al., 2004; Aguirre et al., 2012). Localmente, los balánidos llegan a ser los componentes más abundantes (Aguirre et al., 2008). La potencia varía entre unos 30 m y 2 m dependiendo de la posición en el centro o en los márgenes, respectivamente, de la cuenca. La sedimentación pliocena comienza con un nivel muy característico formado por un conglomerado o brecha formada por cantos y bloques de andesitas procedentes del substrato volcánico. Puntualmente, como en el sur de la cuenca, también se

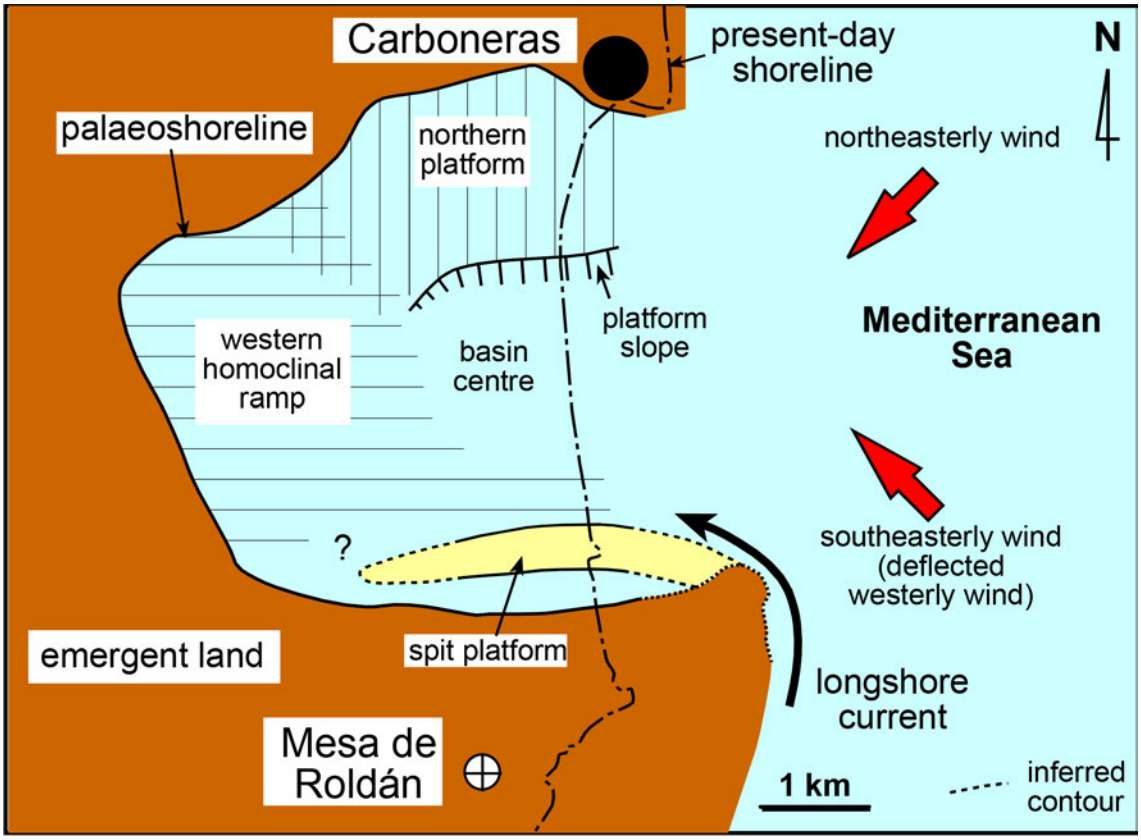

Figura 4. Reconstrucción paleogeográfica de la Cuenca de Carboneras durante la mayor parte del Plioceno inferior, cuando estuvo separada de la Cuenca de Almería-Níjar. En los márgenes de esta pequeña bahía del Mediterráneo se desarrollaron plataformas con diferentes geometrías como consecuencia de la paleotopografía y de las condiciones hidrodinámicas y oceanográficas locales (tomada de Martín et al., 2004).

encuentran bloques de calizas y bloques de corales procedentes de la destrucción del complejo arrecifal messiniense localizado en Mesa Roldán. Los clastos están embebidos en una matriz calcirrudítica con numerosos restos bioclásticos, fundamentalmente algas calcáreas coralinas, briozoos y bivalvos. Este nivel terrígeno es muy irregular ya que se adapta y cubre un paleorrelieve previo excavado en el basamento.

La secuencia pliocena de la Cuenca de Carboneras se puede dividir en tres subunidades, inferior, media y superior, que se corresponden con las facies de "lowstand", transgresivas y de "highstand", respectivamente (Martín et al., 2004) (Fig. 6). Las facies de bajo nivel del mar están representadas en las zonas más profundas de la cuenca. Son calcarenitas y calcirruditas (litofacies carbonatadas "rudstones") con estratificaciones cruzadas en artesa cuyos componentes mayoritarios son fragmentos de briozoos, bivalvos y equinodermos. Hacia techo, se produce una disminución del tamaño de grano pasándose a una calcirrudita de grano fino. Puntualmente, en el margen occidental de la cuenca, el techo de esta subunidad está representado por una superficie endurecida ("hardground") de hasta 10 cm de espesor.

La subunidad transgresiva es la que mejor y mayor desarrollo presenta en toda la cuenca. Está constituida por una gran diversidad de materiales y, además, presenta diferentes arquitectura estrati-

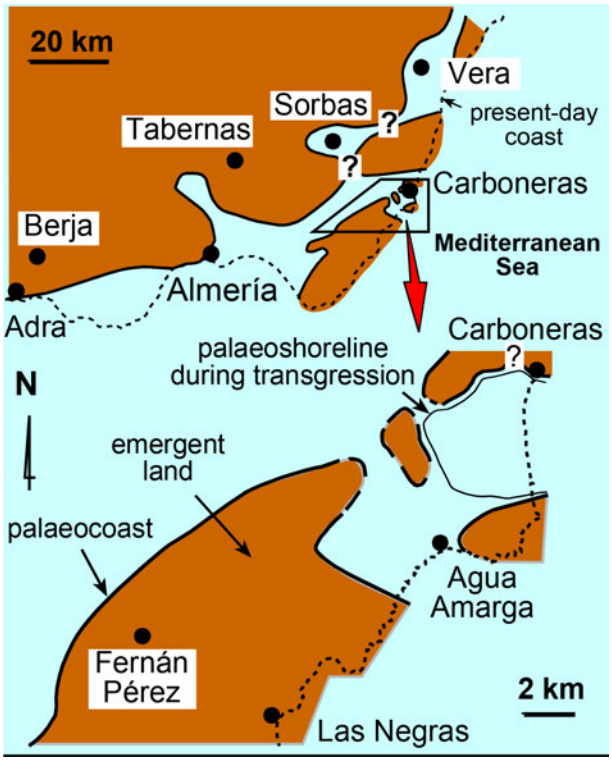

Figura 5. Reconstrucción paleogeográfica de la Cuenca de Carboneras en el momento en el que se conecta con la Cuenca de Almería-Níjar en la zona de El Castillico (Tomada de Braga et al., 2003).

gráfica o geometría de estratos en los diferentes márgenes que delimitaban la cuenca (Figs. 4, 7). En el extremo norte, la subunidad intermedia muestra una estratificación sigmoidal de clinoformas que progradan hacia el SSO (Fig. 7). Esta geometría se interpreta como una plataforma en rampa progradante con un incremento de la pendiente en posiciones distales. En las zonas proximales del tramo horizontal superior de las clinoformas se encuentran concentraciones de bivalvos (*Chlamys* spp., *Aequipecten scabrella*, *Ostrea edulis*, *Spondylus* spp., *Isognomon maxillatus*), junto con briozoos, rodolitos y equinodermos. Hacia las zonas distales dominan las concentraciones de algas coralinas formando rodolitos (Martín et al., 2004; Aguirre et al., 2012). Los tramos más inclinados de las clinoformas están constituidos por calcarenitas de grano grueso a calcirruditas (litofacies de "floatstone" a "rudstones") entre las que se intercalan niveles de concentración de bivalvos. Son capas con bases erosivas y una gradación positiva de tamaños de grano dominadas fundamentalmente por pectínidos, principalmente *Flabellipecten* spp., *Chlamys* spp., *Aequipecten* spp., y *Ostrea edulis*. Se trata de capas de tormentas. En las zonas más distales, en la base de las clinoformas, se encuentran calcarenitas de grano fino (litofacies de "floastones" y "packstones") donde aparecen concentraciones de diferentes organismos preservados *in situ*, como concentraciones bioconstruidas de *Neopycnodonte cochlear* o pequeños parches formados por el intercrecimiento de algas coralinas calcáreas junto con briozoos laminares entre los que se encuentran también algunos bivalvos, colonias de briozoos de ramas finas y braquiópodos (*Megerlia truncata*).

En el margen sur de la cuenca (Fig. 7), la subunidad intermedia muestra una geometría de capas inclinadas hacia el sur, hacia la paleocosta. Hacia

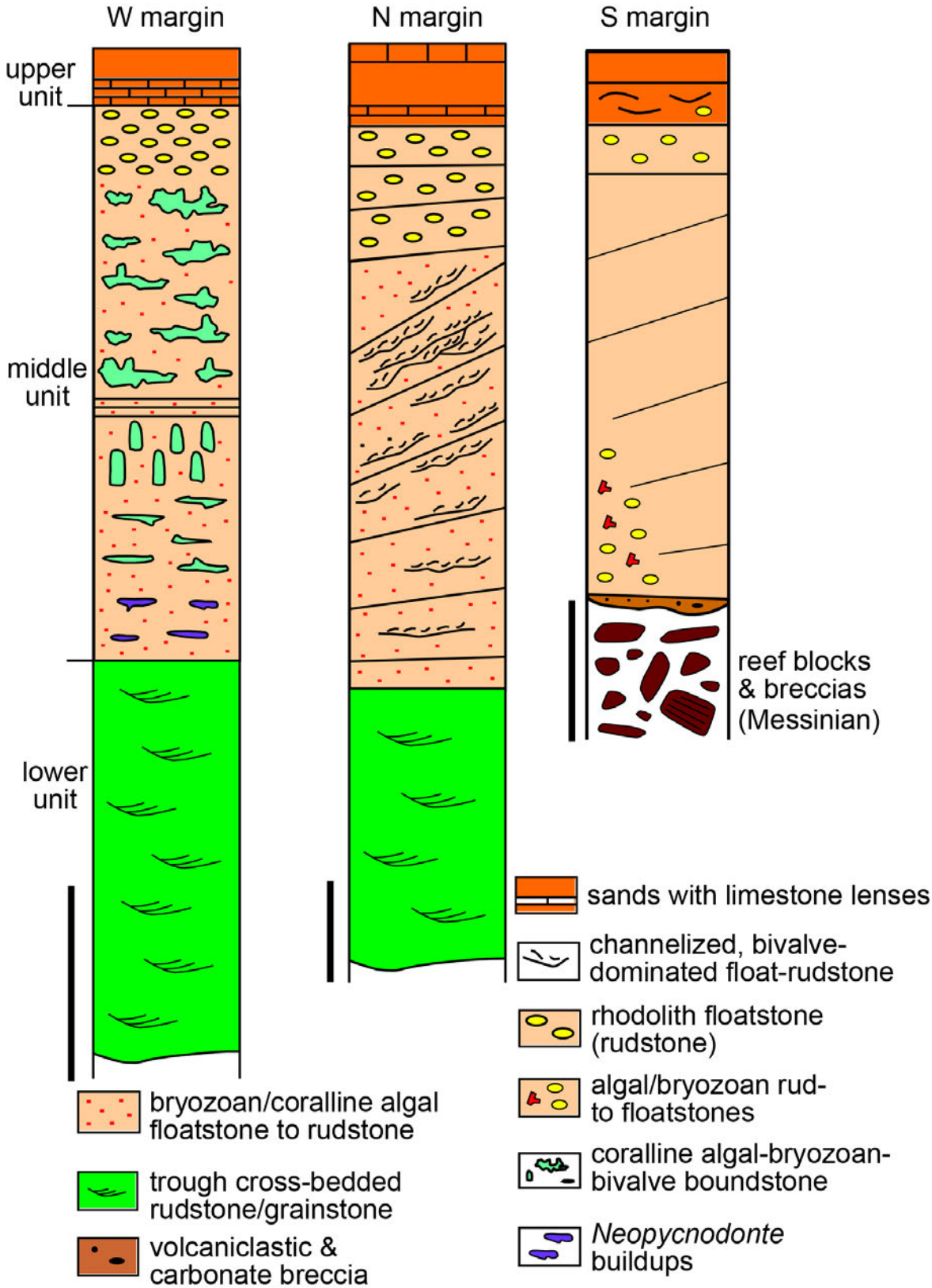

Figura 6. Columnas estratigráficas representativas de los tres márgenes de la Cuenca de Carboneras.

el norte, es decir, hacia el centro de la cuenca, la capas se disponen horizontales y, distalmente, con una ligera inclinación hacia el norte (Braga et al., 2003; Martín et al., 2004). Esta geometría se interpreta como una plataforma en forma de flecha o barra litoral desarrollada en este extremo sur de la cuenca. En conjunto, la subunidad intermedia está representada por calcarenitas y calcirruditas muy fosilíferas, con dominio de rodolitos, bivalvos, briozoos y balánidos. Puntualmente, se encuentran concentraciones de rodolitos (Aguirre et al., 2012). Presentan estratificaciones cruzadas en artesa, mucho más evidente en las posiciones centrales y distales de la plataforma.

Finalmente, en el margen occidental de la Cuenca de Carboneras (Fig. 7), durante el depósito de la subunidad transgresiva, se desarrolló una plataforma en rampa con una suave pendiente hacia el centro de la cuenca, hacia el este. Buena parte de los depósitos de esta subunidad en esta zona de la cuenca han desaparecido por la actividad de una cantera de cementos. En las partes proximales de la rampa se encuentran calcirruditas (litofacies de "floatstones" y "rudstones") con concentraciones preservadas *in situ* de diferentes organismos: *Isognomon maxillatus* en la parte baja de la subunidad, agrupaciones de *Ostrea edulis* en la zona media y rodolitos en el techo de la subunidad (Martín et a., 2004; Aguirre et al., 2012). Distalmente, el sedimento se hace más fino y dominan bioconstrucciones formadas por diferentes organismos. En las posiciones más distales de la rampa se encuentran bioconstrucciones de *Neopycnodonte cochlear*. Se trata de bancos más o menos continuos en la horizontal donde se encuentran los individuos cementados unos a otros preservando la posición original de crecimiento. En una posición intermedia se encuentran bioconstrucciones formadas por el intercrecimiento de algas calcáreas coralinas, briozoos y pectínidos. Se desarrollan cuerpos irregulares (hasta 2 m de desarrollo vertical y 7 m en horizontal) o digitiformes (hasta 40 cm de anchura y 90 cm de altura) (Martín et al., 2004; Aguirre et al., 2012). Asociados a estas construcciones se encuentran también *Spondylus* spp., *N. cochlear*, braquiópodos (*Terebratula* sp. y *Megerlia truncata*) y equinodermos. Tanto bivalvos como braquiópodos se preservan articulados y en su posición original de crecimiento. Finalmente, en una posición más proximal de la plataforma se encuentran concentraciones de rodolitos (Aguirre et al., 2012).

El desarrollo de diferentes tipos de plataformas, con geometrías de estratos diferentes, durante el depósito de la subunidad intermedia estuvo controlado por la paleotopografía y las condiciones hidrodinámicas locales (Fig. 4). Así, el margen norte estuvo afectado por la actividad de tormentas procedentes de temporales del SE. En el margen sur, la plataforma en forma de flecha o barra litoral se generó por efecto de corrientes de deriva litoral procedentes del SE. Finalmente, la rampa con pendiente suave del margen occidental de la cuenca se desarrolló en un contexto protegido (Fig. 4).

La subunidad superior, correspondiente a los depósitos de alto nivel del mar ("highstand") es fundamentalmente terrígena. La cantidad de material siliciclástico, representado por cantos de cuarcitas procedentes de Sierra Cabrera, disminuye de norte a sur, de tal forma que en el margen sur se encuentran calcirruditas (litofacies de "rudstones") con un alto contenido en material terrígeno. Los componentes carbonatados son esencialmente moldes de bivalvos y balánidos. Aquí, además, se encuentran depósitos de limos y arcillas con acúmulos de hojas que representan depósitos de lagoon. Así mismo, en los alrededores de Agua Amarga, en el extremo sur de la cuenca, el influjo de los terrígenos llega al final del depósito de la unidad. Anteriormente, durante el depósito de los materiales transgresivos, se formaron calcirruditas muy fosilíferas y con abundantes trazas de bioturbación. Lo más característico es la existencia de individuos de *Panopea* sp. preservados in situ en el interior de sus trazas (*Scalilchnus phiale*) (Łaska et al., en

prensa).

La entrada del material terrígeno durante el final del depósito del Plioceno en la Cuenca de Carboneras se produjo a partir de abanicos deltaicos procedentes del norte que sobrepasaron los relieves volcánicos en el área de El Castillico, la zona más próxima entre las cuencas de Carboneras y de Almería-Níjar (Figs. 3A, 5). Asociados a estos conglomerados en esta zona de la cuenca, se encuentran concentraciones de balánidos preservados in situ (Aguirre et al., 2008).

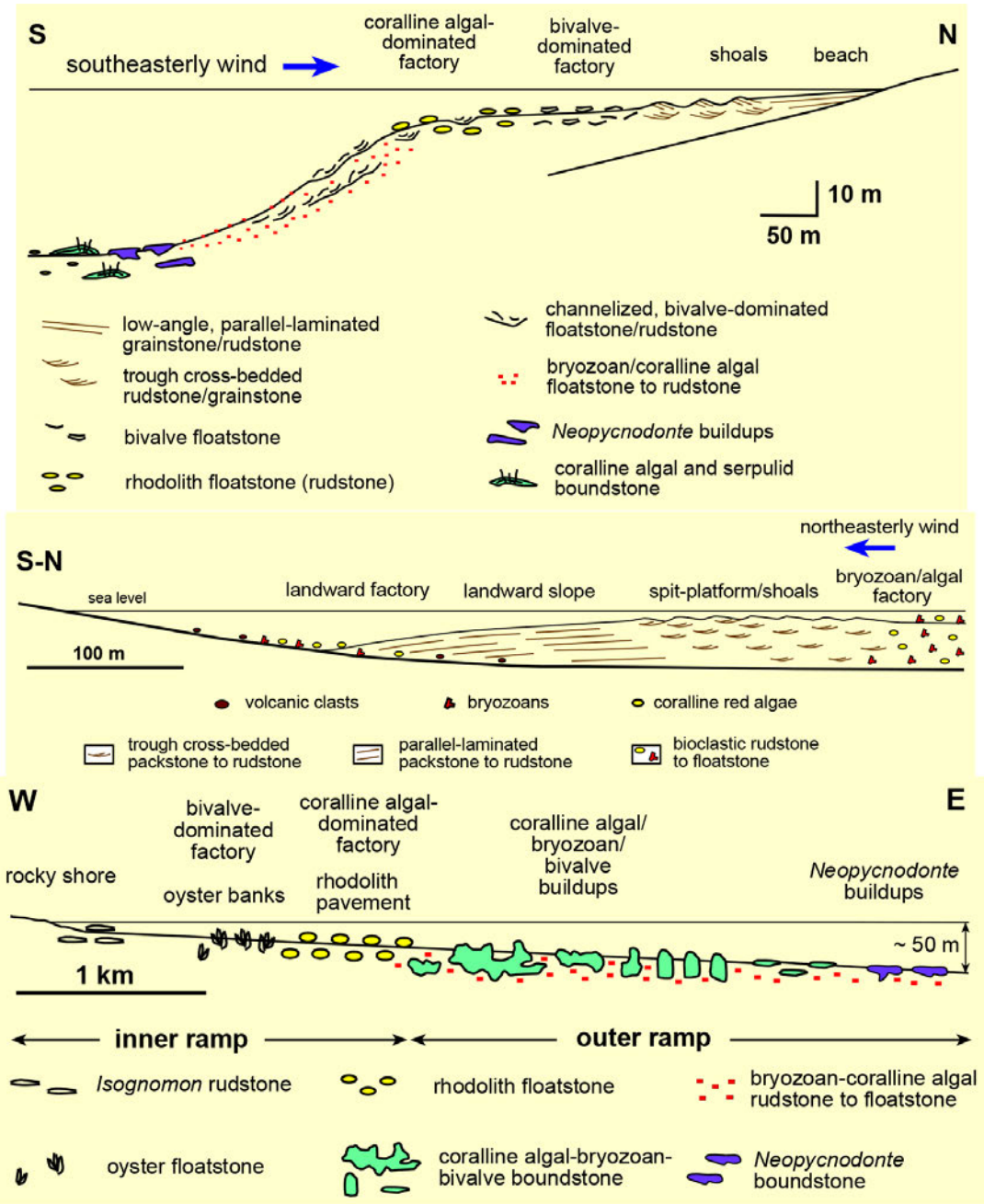

Figura 7. Modelos sedimentarios para los tres tipos de plataformas desarrolladas en los márgenes de la Cuenca de Carboneras: margen norte (esquema superior), margen sur (esquema central) y margen oeste (esquema inferior) (tomadas de Martín et al., 2004).

EXPLICACIÓN DE LAS PARADAS

La jornada de campo que se plantea en esta guía consta de tres paradas. La primera parada tiene como objetivo conocer la Unidad II del Plioceno superior en la Cuenca de Almería-Níjar en uno de los afloramientos más espectaculares por sus singularidades paleontológicas. El resto de las paradas se reservan para estudiar el Plioceno inferior, Unidad I, en la Cuenca de Carboneras y en la zona de contacto entre esta y la Cuenca de Almería-Níjar.

Primera parada: sección Rambla de la Sepultura

En esta primera parada, sección Rambla de la Sepultura, observaremos uno de los afloramientos más espectaculares donde se expone la Unidad II (Fig. 2). Se localiza inmediatamente al E del Parque Científico-Tecnológico de Almería (PITA), aproximadamente 3,5 km al NE de El Alquián. Es una sección situada en el centro de la Cuenca de Almería-Níjar. El objetivo de esta parada es doble: por un lado, analizar comunidades litorales preservadas *in situ* (censos ecológicos) y, por otro lado, observar el crecimiento de bancos del coral escleractinio *Cladocora caespitosa*, las construcciones más antiguas de esta especie en todo el Mediterráneo. Una visión completa y detallada de los depósitos a analizar en esta parada y de la evolución paleoambiental que representan se puede encontrar en diversos trabajos (Aguirre y Jiménez, 1997, 1998; Pérez-Asensio y Aguirre, 2010).

En la base de la sección se observan limos arcillosos amarillentos y verdosos masivos pertenecientes a la Unidad I. Contienen valvas completas y articuladas de *Amusium cristatum*, bien como organismos aislados en el sedimento o formando niveles de concentraciones biológicas (Aguirre, 2017). Estos limos arcillosos se formaron en un ambiente de plataforma externa a borde de talud como se pone de manifiesto por las asociaciones de foraminíferos bentónicos, dominadas por especies de estos contextos ambientales: *Cibicidoides* spp., *Siphonina planoconvexa*, *Melonis soldanii*, *Gyroidinoides umbonatus*, *Planulina ariminensis, Neoponides schreibersiana, Pullenia bulloides* y uvigerínidos (Aguirre et al., 2006). Por encima, se dispone la Unidad II mediante un contacto concordante pero que representa una discontinuidad estratigráfica muy marcada ya que los primeros materiales de esta unidad se formaron en ambientes litorales de abanico deltaico interno (Fig. 8).

Figura 8. Contacto basal de la Unidad II (conglomerados y arenas superiores) con la Unidad I (limos verdosos inferiores).

La Unidad II puede dividirse en dos tramos bien diferenciables (Fig. 9). Un tramo inferior siliciclástico y un tramo superior dominado por el desarrollo de bancos del coral *Cladocora caespitosa*. El tramo inferior está formado por niveles de conglomerados y arenas medias y gruesas. Los conglomerados son clastosoportados con granoclasificación inversa y representan depósitos de "debris flows" (Fig. 10A). Los cantos, que pueden alcanzar hasta varios decímetros de tamaño máximo, son fundamentalmente dolomías, esquistos y cuarcitas procedentes de Sierra Alhamilla, el relieve bético situado al norte de la cuenca. Las arenas intercaladas muestran laminación cruzada de pequeños "ripples" o laminación paralela (Fig. 10B). El tamaño de los cantos disminuye hacia el sur, de tal forma que las arenas dominan sobre los conglomerados en esa dirección. Esto indica una profundización relativa de la cuenca de norte a sur.

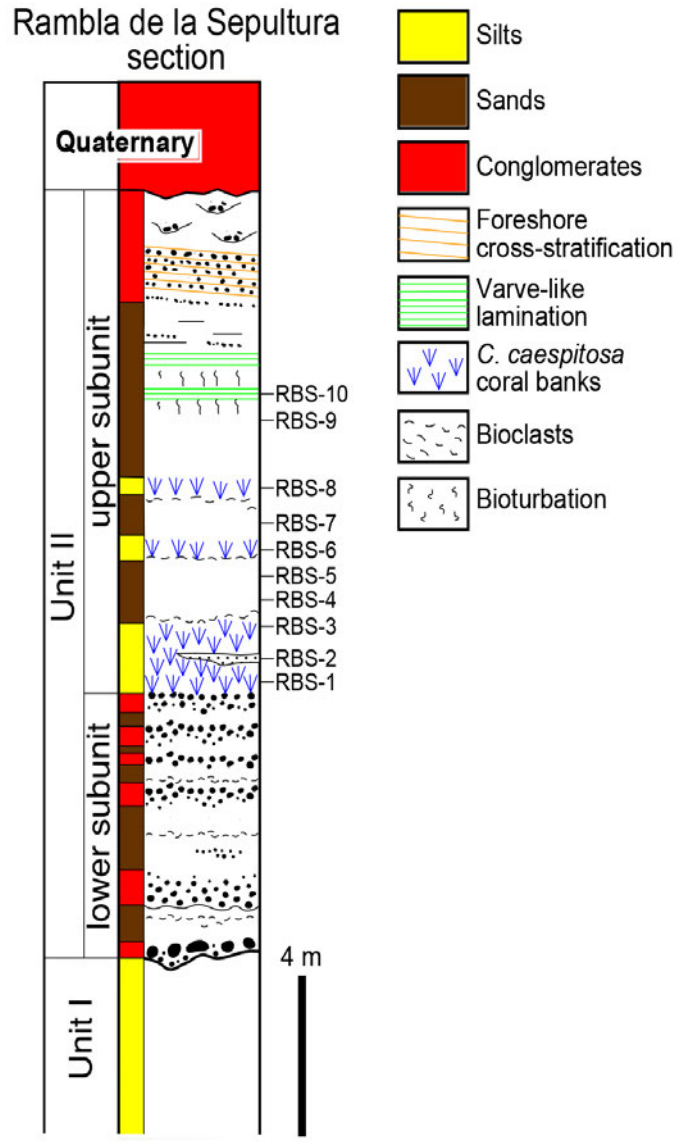

Figura 9. Columna estratigráfica de Rambla de la Sepultura. Las siglas junto a la columna indican parte de las muestras tomadas para el estudio de las asociaciones de foraminíferos bentónicos y plantónicos (tomada de Pérez-Asensio y Aguirre, 2010).

En cuanto al contenido paleontológico, entre los bloques se encuentran valvas desarticuladas, abrasionadas y fragmentadas de gran tamaño de *Ostrea edulis* y de pectínidos, mayoritariamente de *Flabellipecten bosniasckii* y *Pecten* spp. Se trata de bivalvos transportados por corrientes e incorporados a los depósitos de "debris flows". Aparte de estos, la parte superior de los cantos que aparecen a techo de los "debris flows" se encuentran colonizados por una asociación de organismos típicamente litorales: balánidos, costras de algas rojas calcáreas, briozoos, *Mytilus edulis*, equinodermos regulares y serpúlidos (Figs. 10C-10G). Además de estas asociaciones, también se encuentran perforaciones de bivalvos (*Gastrochaenolites*), de esponjas (*Entobia*) y de poliquetos (*Caulostrepsis*). Ocasionalmente también pueden verse perforaciones debidas a balánidos (*Rogerella*) (Gudveig Baarli, com. per.). Desde un punto de vista tafonómico, todos estos organismos se encuentran preservados en su posición original de crecimiento (Figs. 10C-10F). En cuanto a las formas cementantes, como balánidos, algas, serpúlidos y briozoos, y las perforaciones se encuentran en la parte superior de los cantos, orientados en la posición original de crecimiento. Los balánidos, por su parte, también aparecen en los laterales de los bloques y, a veces, colonizando las zonas inferiores de los mismos a modo de crecimientos en extraplomos. Se encuentran preservadas diferentes generaciones, como se pone de manifiesto por el tamaño de los esqueletos, creciendo unos sobre otros. Los mejillones se preservan mayoritariamente con las dos valvas articuladas y formando agrupaciones de individuos adosados unos a otros. También aparecen todos lo rangos de tamaños, desde individuos adultos hasta formas juveniles de tan solo algunos centímetros de tamaño. En el caso de los erizos regulares, se han encontrado con las espinas articuladas y sobre la parte superior de los cantos (Fig. 10G). Todo ello permite decir que se trata de paleocomunidades de organismos de ambientes litorales que se han preservado *in situ* (Aguirre y Jiménez, 1997); censos ecológicos según Kidwell y Bosence (1991). El hecho de que se hayan preservado sin prácticamente alteración tafonómica alguna, como si se tratase de una foto instantánea tomada durante el momento de crecimiento y desarrollo de los componentes de dichas comunidades, es un aspecto muy llamativo ya que se trata de depósitos litorales en los que fundamentalmente dominan los procesos destructivos frente a la preservación *in situ*. Este hecho se vio favorecido por dos factores: a) baja energía y b) enterramientos catastróficos. Se trata de depósitos litorales pero en un ambiente restringido o de muy baja energía. En este contexto, los aportes de terrígenos gruesos por los abanicos deltaicos se producirían en épocas de intensas lluvias. Al llegar al mar, la velocidad de transporte se reduciría drásticamente y se depositarían los cantos más gruesos en las zonas litorales mientras que los materiales más finos pudieron viajar un poco más hacia zonas más profundas. Posteriormente, la baja energía del medio garantizó una cierta estabilidad de los cantos para ser colonizados. Tras esa ventana de estabilidad ambiental que permitió el desarrollo de las comunidades costeras, nuevas avalanchas de sedimento producirían el enterramiento catastrófico de las comunidades. Una vez enterrados no se produjo retrabajamiento posterior y, por tanto, las comunidades litorales quedaron permanentemente enterradas preservando todos sus componentes la posición de vida.

El tramo superior se caracteriza por el desarrollo de bancos del coral *Cladocora caespitosa*. En la sección que analizamos se encuentran los mayores espesores de estos bancos, hasta 4 m de desarrollo vertical en uno de ellos. *C. caespitosa* es un coral escleractinio zooxantelado facultativo típicamente endémico del Mediterráneo actualmente. Los corales se encuentran *in situ*, formando colonias cónicas que se fijan sobre cantos o, especialmente, sobre ostras, bien sobre pequeñas agrupaciones de individuos o sobre bancos de ostras (Figs. 11A-11B). En ambos casos, las ostras se encuentran articuladas y manteniendo también su posición

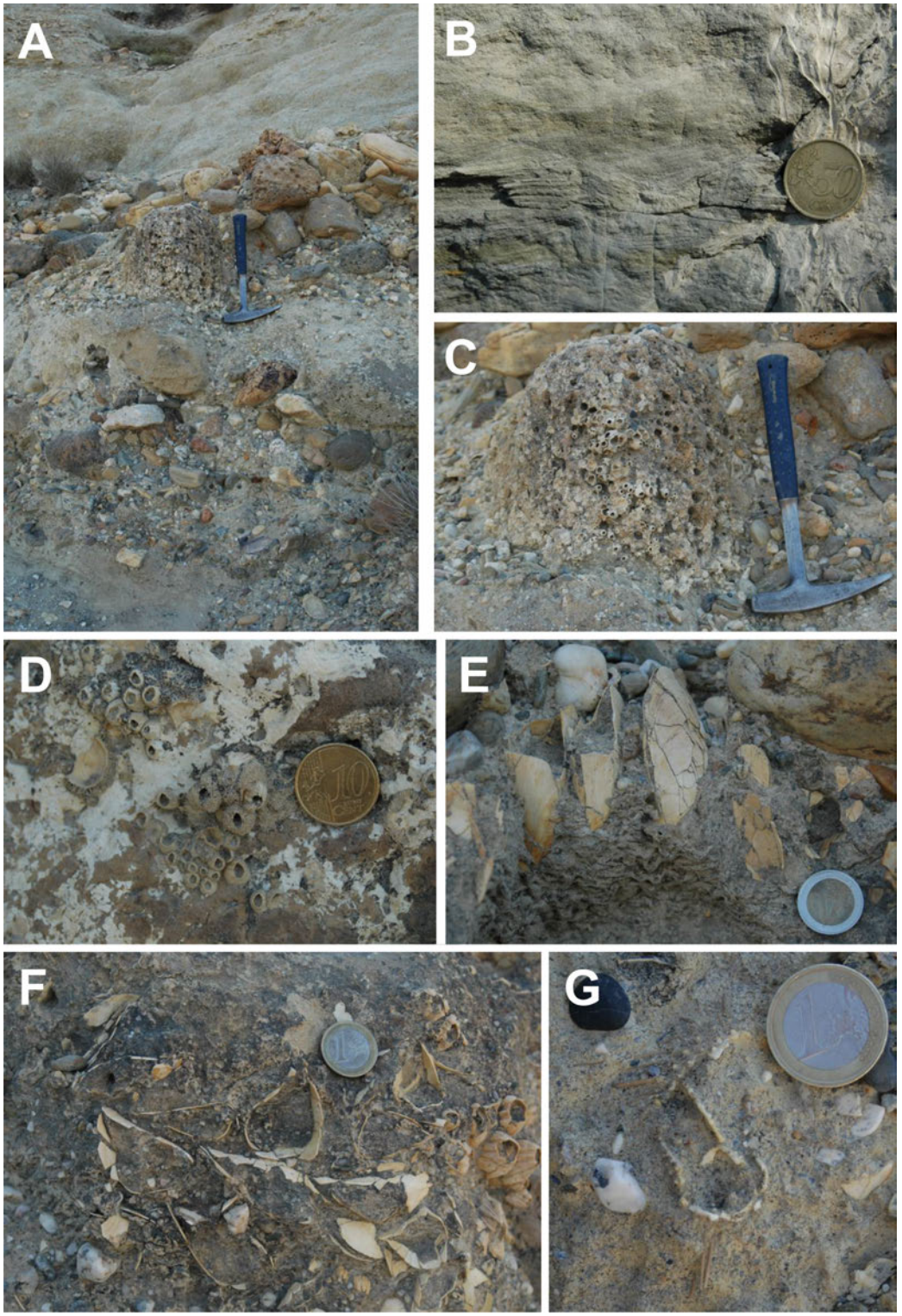

Figura 10. A) Niveles de "debris flows" mostrando granoclasificación inversa en el techo de la subunidad inferior. B) Arenas con laminación cruzada intercaladas entro los conglomerados. C) Canto colonizado por balánidos. D) Bloque colonizado por balánidos, algas calcáreas y briozoos sobre los balánidos sin ocluir las aperturas de los mismos, E-F) Varios individuos de *Mytilus edulis* articulados y manteniendo la posición original de crecimiento. G) Equinodermo regular con las espinas articuladas.

original de crecimiento (Figs. 11B-11C). Asociados a los corales se encuentran una serie de organismos que muestran una gran riqueza específica (abundancia relativa) y diversidad (Aguirre y Jiménez, 1998). La preservación *in situ* de estas comunidades apoya la idea previamente comentada de un medio protegido de muy baja energía.

El desarrollo de los bancos de coral se produjo en un ambiente ligeramente más profundo que los terrígenos del tramo inferior. En concreto son depósitos formados más allá del influjo de los aportes de terrígenos. Esta disposición se confirma ya que los niveles terrígenos del tramo inferior pasan a limos con bancos de coral hacia ambientes más profundos de la cuenca.

Hacia el techo de este tramo se encuentran arenas finas, ocasionalmente limos, que presentan laminación horizontal muy penetrativa. Estos niveles con laminación horizontal paralela alternan con otros intervalos homogéneos debido a la destrucción de la laminación por la actividad de los organismos bioturbadores (Fig. 11D). Por encima se observa un incremento en el tamaño de grano y se pasa, finalmente, a conglomerados que presentan laminación paralela y ligeramente inclinada hacia el sur. Se trata de facies de playa ("foreshore") (Fig. 11E). La serie finaliza con arenas y conglomerados rojizos que representan los depósitos continentales de los abanicos aluviales que alimentaron la cuenca (Fig. 11F).

El estudio de las facies, de las comunidades de organismos (Aguirre, 1998; Aguirre y Jiménez, 1997, 1998) y de las asociaciones de foraminíferos bentónicos (Pérez-Asensio y Aguirre, 2010) sugieren que el depósito de la Unidad II se produjo durante un ciclo de profundización-somerización. El máximo de batimetría coincidiría con el desarrollo de los corales en el inicio del tramo superior. Durante este momento, las asociaciones de foraminíferos bentónicos sugieren que debieron formarse fondos con praderas de *Posidonia* u otras fanerógamas marinas como se pone de manifiesto por la abundancia de formas epifíticas. Tras los corales, la cuenca vuelve a somerizarse hasta las facies de playas representadas por los conglomerados y los sedimentos de abanicos aluviales.

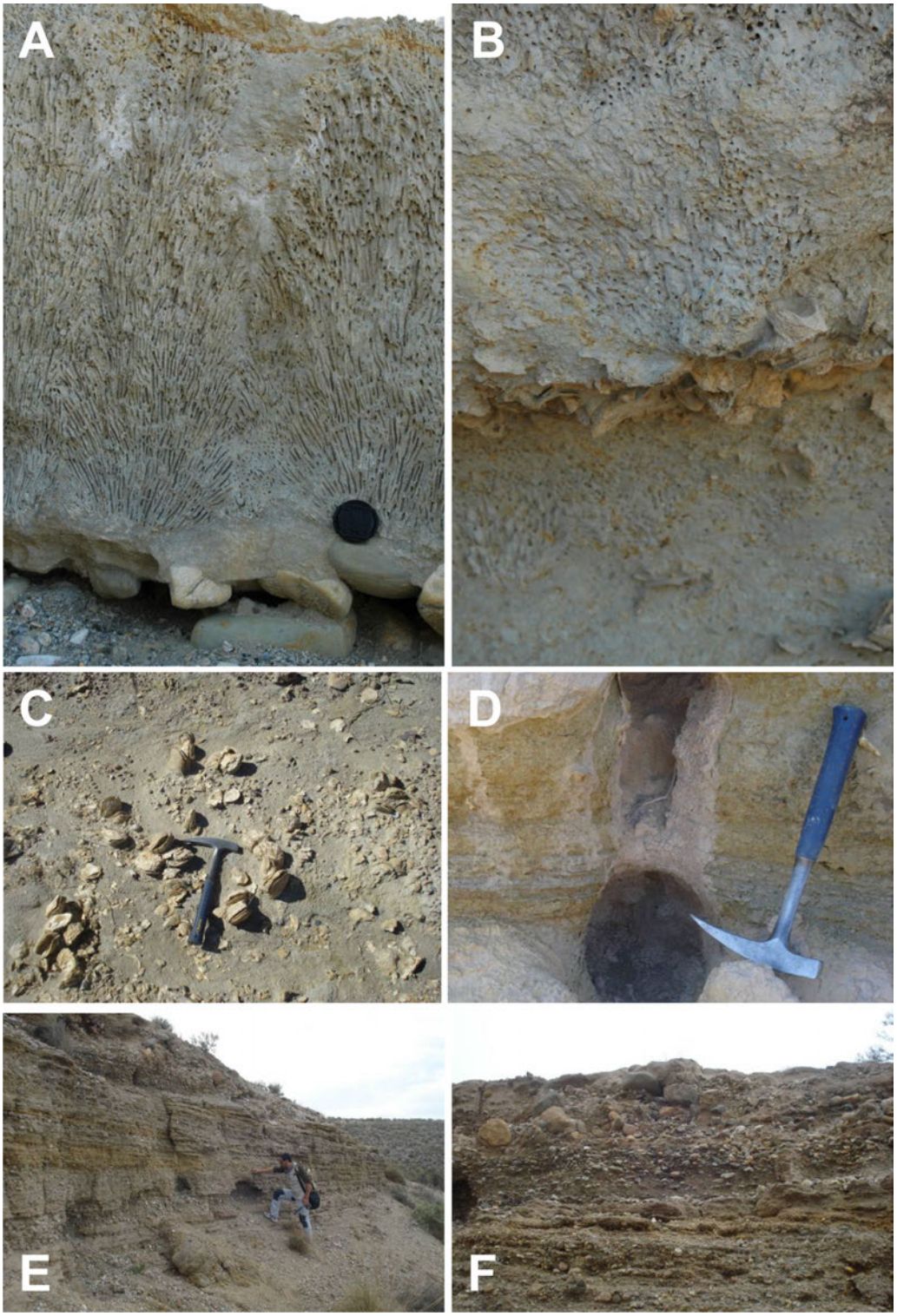

Figura 11. A) Crecimientos del coral *C. caespitosa* sobre cantos de "debris flows". B) Crecimientos del coral *C. caespitosa* sobre un banco de ostras que se encuentran articuladas y en posición de vida. C) Parches de ostras en posición de vida (foto tomada en Rambla Quebrada, al E de la Rambla de la Sepultura). D) Limos con laminación horizontal de tipo varva muy penetrativa. E) Conglomerados con una ligera inclinación hacia el sur (hacia la derecha de la foto) que representan facies de playa. F) Conglomerados de las zonas expuestas del abanico aluvial.

Segunda parada: sección El Castillico

Esta sección se localiza en el kilómetro 12.6 de la antigua carretera a Carboneras, en el punto de conexión más cercano entre las cuencas de Almería-Níjar y de Carboneras, a unos 5 km al OSO de Carboneras (Fig. 12). Justo en este punto es donde se puede observar el momento en el que materiales deltaicos procedentes del norte, delta de El Argamasón, sobrepasan los relieves volcánicos que separaban ambas cuencas durante la mayor parte del Plioceno inferior y pasan a verter hacia la

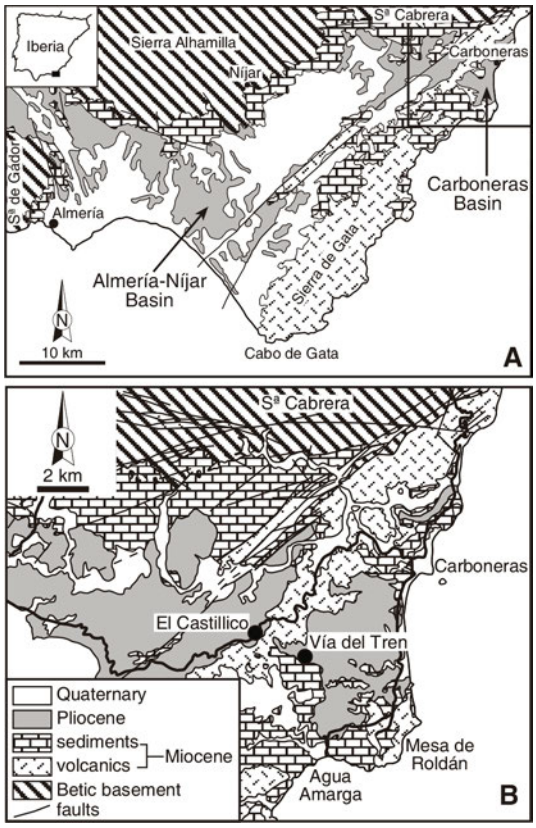

Figura 12. Localización de la Cuenca de Carboneras (A) y de la posición de la sección de El Castillico (B), en la zona más próxima entre las dos cuencas (tomada de Aguirre et al., 2008).

Cuenca de Carboneras. El objetivo de esta parada es observar, además del propio relleno en este punto de la cuenca, las concentraciones densas de balánidos que aquí se encuentran. Un estudio detallado de este afloramiento y de los condicionantes paleoambientales y biológicos que controlaron el desarrollo de las agrupaciones de balánidos puede encontrarse en Aguirre et al. (2008).

En la sección de El Castillico, los materiales pliocenos rellenan una pequeña cubeta (Fig. 13). Son depósitos carbonatados y siliciclásticos-carbonatados mixtos con cambios laterales y verticales de facies muy rápidos. El Plioceno descansa discordantemente sobre conglomerados y carbonatos muy fosilíferos del Mioceno superior. El contacto es una superficie de "hardground" con mineralizaciones de óxidos de hierro. El inicio de la secuencia pliocena es un nivel de conglomerado y brecha con cantos de andesitas derivados del basamento volcánico y algunos cantos de cuarcitas dispersos. Los cantos, de hasta 10 cm de tamaño, se encuentran empastados en una matriz carbonatada gruesa donde los elementos mayoritarios son algas coralinas calcáreas

Figura 13. Fotomontaje representando la morfología del relleno plioceno en la sección de El Castillico con estratos de morfología cóncava hacia arriba marcando la forma de la cubeta. El Plioceno comienza por encima del nivel cementado que se encuentra hacia la mitad de la sección y que da un resalte topográfico.

formando rodolitos y fragmentos de bivalvos. Especialmente llamativas son valvas aisladas de *Ostrea* de gran tamaño (hasta 20-25 cm de tamaño máximo). Por encima, en el centro de la cubeta, se pasa a unas arenas finas poco cementadas. En estas arenas se encuentran bivalvos, balánidos (*Concavus concavus*) y colonias arborescentes de briozoos (*Metrarabdotos* sp). Desde un punto de vista tafonómico, es interesante remarcar que las colonias de briozoos se encuentran completas y,

Figura 14. Colonias de briozoos arborescentes preservadas verticalmente manteniendo la posición original de vida.

en varios casos, dispuestas en posición vertical; es decir, manteniendo su posición original de crecimiento (Fig. 14). Así mismo, los balánidos muestran trazas de la coloración original y, con bastante frecuencia, con las placas operculares en su posición original. Todos estos rasgos indican un medio de depósito de baja energía y con una tasa de enterramiento rápido.

Por encima de las arenas se pasa a unos limos con algunos cantos de cuarcitas y de esquistos dispersos. Lo más característico e interesante de este nivel es la gran concentración de balánidos (Figs. 15A-15C), fundamentalmente de la especie *Concavus concavus*. Otras especies acompañantes, aunque en proporciones muy bajas, son *Balanus perforatus* y *Megabalanus* sp. Al igual que ocurre con las densas concentraciones de balánidos desarrolladas ac-

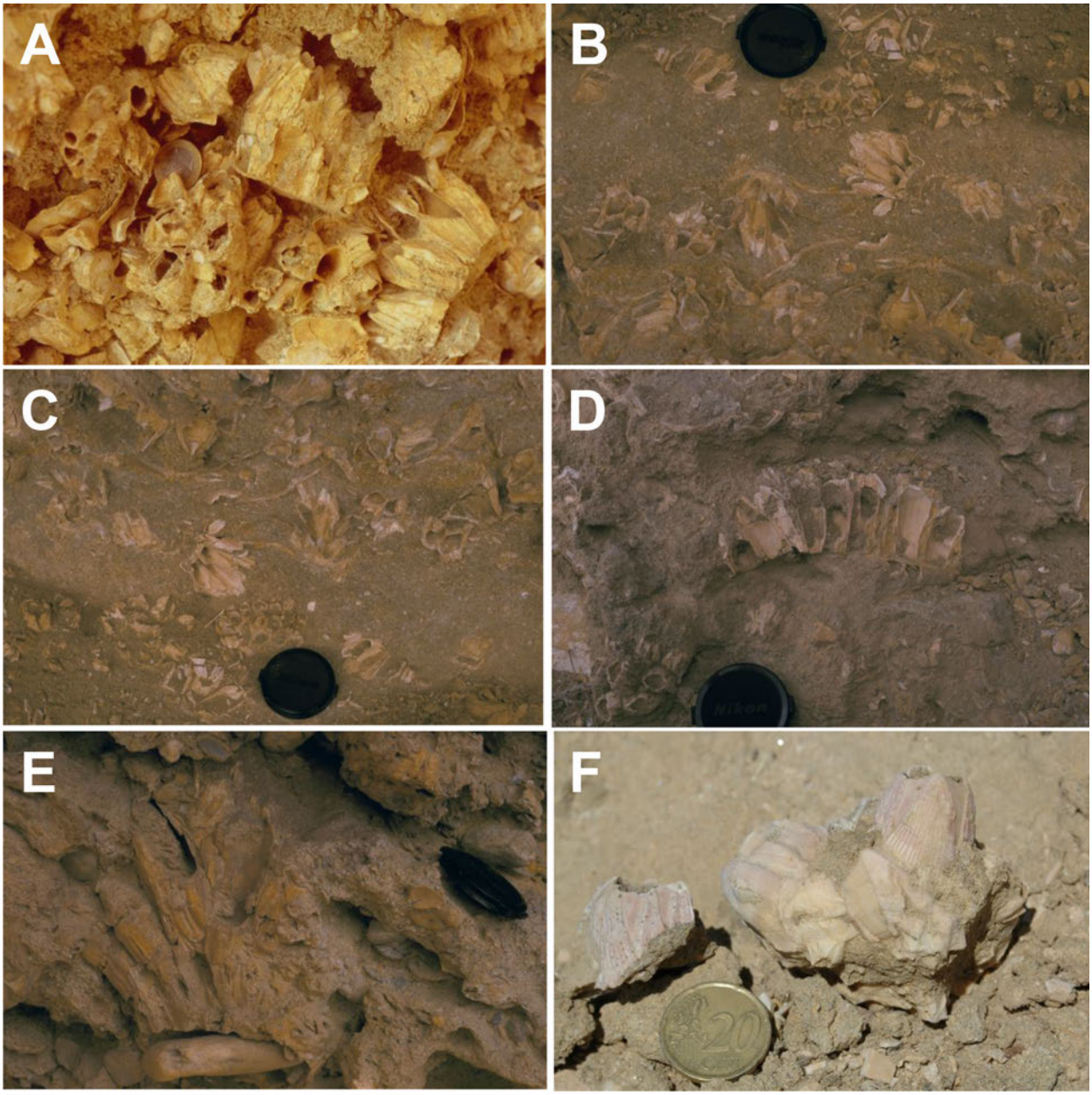

Figura 15. A-C) Concentración de balánidos (*C. concavus*). Nótese que el nivel de concentración se produce por la acumulación de agrupaciones de varios balánidos colonizando cualquier tipo de substrato disponible, en estos casos valvas de bivalvos. D) Agrupación de balánidos con formas tubulares sobre una valva de *Isognomon maxillatus*. E) Colonización de un canto de cuarcita donde los balánidos adquieren morfologías de conos invertidos. Los individuos del centro de la agrupación son de mayor tamaño que los del margen. F) Balánidos preservando trazas de coloración rosácea original.

tualmente desde la zona intermareal hasta zonas del submareal somero, las larvas, una vez fijadas sobre un substrato estable, producen sustancias químicas que atraen a otros conespecíficos. De esta forma, una especie suele monopolizar el espacio disponible generándose una alta competitividad intraespecífica por el espacio.

Los balánidos se encuentra formando pequeños parches colonizando cualquier substrato duro dis-

ponible; en este caso valvas de *Isognomon maxillatus*, *Ostrea edulis*, *O. lamellosa*, *Chlamys varia* y *Hinnites ercolanianus* o también sobre cantos (Figs. 15B-15E). Usualmente, se encuentran agrupaciones de varios individuos de balánidos pero sin el substrato sobre el que se cementaron. En estos casos, puede tratarse de colonizaciones sobre bivalvos de conchas aragoníticas que se han disuelto posteriormente durante la diagénesis o sobre cantos que se han caído por procesos de meteorización reciente.

La gran mayoría de las colonizaciones de balánidos se encuentran manteniendo la posición original de crecimiento (62.4%). El resto, aunque se encuentren parcialmente desplazadas o invertidas, presentan un alto nivel de integración de los individuos. Igualmente, es frecuente encontrar las placas operculares en su posición original. Así mismo, el 1.5% de la asociación de balánidos preservan trazas de la coloración original (Fig. 15E). Estas propiedades tafonómicas indican que la concentración de balánidos se produjo en un ambiente protegido (una cubeta) y como consecuencia de enterramientos catastróficos.

La mayoría de los balánidos forman agregaciones densas de hasta 25 individuos colonizando un substrato de tan solo 2-3 cm de diámetro. En estos casos, los individuos generan morfologías tubulares o cónicas con el vértice del cono hacia la placa basal (Figs. 15D-15F). Como promedio, los individuos cónicos muestran una relación de tamaño de base a altura de 1:3.6; donde el tamaño de la base oscila entre 0.4 y 4.5 cm y la altura entre 2.2 y 7.8 cm (n=62). En estas agregaciones densas de individuos, los que se encuentran en una posición central de la agrupación suelen ser más altos que los de la periferia, generando agrupaciones en forma de montículos sobre el substrato (Figs. 15B, 15C, 15E). Además, los individuos tiene la pared del esqueleto adelgazada en relación a los individuos que crecen de forma aislada y adquieren la característica forma de cono truncado o en forma de volcán. Estas variantes morfológicas tubulares o de conos invertidos se desarrollan especialmente en agregaciones densas, cuando el espacio disponible para la fijación es limitado. De igual forma, los individuos del centro de la agrupación crecen diferencialmente más altos que los de la periferia como una estrategia adaptativa para alcanzar el alimento disponible en zonas de alto aporte de nutrientes. No obstante, estos fenotipos producen morfologías muy inestables. La estabilidad se alcanza mediante dos procesos. Por un lado, el crecimiento denso hace que los individuos adyacentes en una colonia crezcan adosados unos a otros durante toda la ontogenia ganando, de esta forma, estabilidad. Por otro lado, al generarse una concentración densa en un nivel, las agregaciones individuales entran en contacto unas con otras incrementando de esta forma la estabilidad.

Por encima, y completando la sección, hay arenas medias y gruesas y conglomerados clastosoportados. Los componentes mayoritarios de la trama son cantos de cuarcitas y esquistos de 2-3 centímetros de tamaño que proceden de los relieves situados más al norte, de Sierra Cabrera.

En los márgenes de la cubeta se encuentran densas concentraciones de *Isognomon maxillatus*. Se preservan mayoritariamente como individuos completos, con las dos valvas articuladas y en posición horizontal. Junto con estos bivalvos también aparecen balánidos y colonias arborescentes de briozoos que se encuentran verticales o ligeramente desplazadas de la posición vertical pero manteniendo siempre un alto nivel de integridad de las colonias. Todo ello sugiere baja energía y enterramientos rápidos. Estas facies del borde de la cubeta progradan hacia el centro de la misma según se produjo su relleno. Por encima, los conglomerados de cuarcitas y arenas gruesas finalizan el relleno de la cubeta en sus márgenes.

Tercera parada: sección de la Quesería

Esta sección se sitúa en el extremo norte de la Cuenca de Carboneras (Fig. 16), al oeste del puerto de Carboneras, justo en el margen occidental de la localidad. El objetivo es observar diferentes facies de factorías de carbonatos durante la etapa transgresiva del Plioceno inferior en este punto de la cuenca. Un estudio más detallado de estos depósitos puede encontrarse en Martín et al. (2004). Los datos estratigráficos, sedimentológicos y paleontológicos del relleno plioceno de esta cuenca pueden consultarse en Aguirre (1998), Braga et al. (2003) y Aguirre et al. (2012).

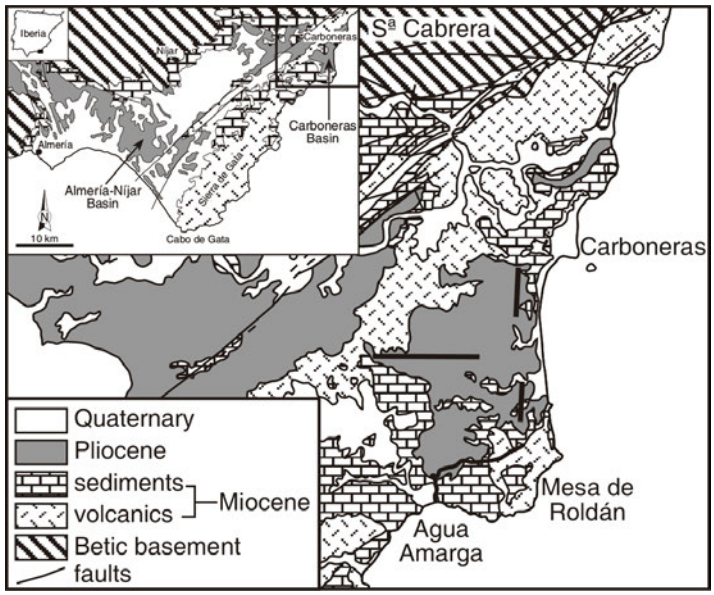

Figura 16. Localización de las tres secciones tipo en la Cuenca de Carboneras. Aquí se describe la localizada en el margen norte de la cuenca.

En la sección de la Quesería, próxima al asador restaurante homónimo, el Plioceno reposa discordantemente sobre margas del Messiniense (Mioceno superior) y sobre el basamento volcánico. Las margas miocenas presentan un alto contenido micropaleontológico. Entre los macrofósiles, lo único representativo son las trazas fósiles de diversa naturaleza. Es llamativo la presencia de trazas atribuibles a *Macaronichnus segregatis degiberti*, subicnoespecie caracterizada por la presencia de ramificaciones de las galerías (Fig. 17A).

En esta sección se reconocen solo dos subunidades pliocenas de la Cuenca de Carboneras, la inferior y la intermedia. En la base se encuentra una brecha formada por bloques de varios centímetros de tamaño de andesitas (Fig. 17B). Los cantos volcánicos se encuentran empastados en una matriz de calcirrudita (litofacies de "rudstone" y "grainstone") donde predominan briozoos, que se encuentran formando colonias ramosas (*Myriapora truncata*) y colonias nodulares celeporiformes (Figs. 17C-17D). Junto a los briozoos son también abundantes los fragmentos de equinodermos y bivalvos, junto con algunos balánidos. El dominio de colonias ramosas y nodulares de briozoos, junto con el carácter irregular de la superficie basal de los depósitos adosados al substrato volcánico, sugiere que se trata de un depósito en la base de un acantilado submarino.

Por encima se encuentra la subunidad intermedia,

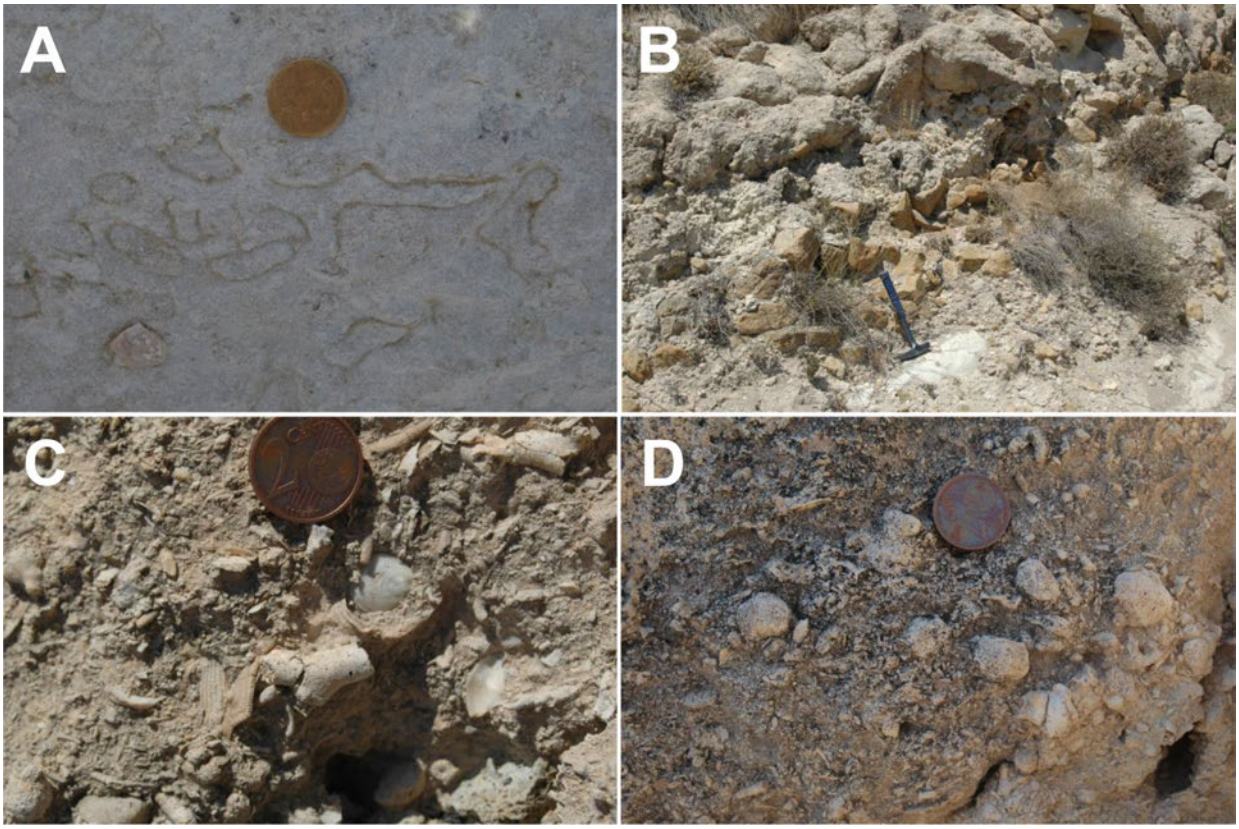

Figura 17. A) Trazas de *Macaronichnus segregatis degiberti* mostrando ramificaciones laterales de las galerías. B) Base de la secuencia pliocena con los bloques de andesitas directamente sobre el substrato del Mioceno superior. C) Colonia ramosa de *Myriapora truncata*. D) Colonias nodulares de briozoos celeporiformes.

representada por una alternancia de concentraciones de bivalvos (litofacies de "floatstone-baffle-stone") alternando con calcarenitas y calcirruditas (litofacies de "rudstone" y "grainstone") que presentan estratificaciones cruzadas en artesa de escala métrica apuntando una dirección de paleocorriente hacia el oeste-noroeste. Las capas de esta subunidad se encuentran prácticamente horizontales, con un leve buzamiento hacia el sur, hacia el centro de la cuenca. Hacia secciones más meridionales se produce un incremento de la inclinación de las capas, dando lugar a la geometría de plataforma en rampa con un incremento de la inclinación en una posición distal de la misma.

En cuanto a las concentraciones de bivalvos, se encuentran distintos niveles donde domina un tipo particular de bivalvo: concretamente *Neopycnodonote cochlear* en la parte baja, pectínidos (fundamentalmente *Chlamys* y *Aequipecten*) en la parte media y de *Ostrea edulis* en la parte superior (Figs. 18A-18C). Junto a los bivalvos se encuentran también braquiópodos, equinodermos, briozoos, serpúlidos y algas rojas calcáreas formando rodolitos (Fig. 18D). Es destacable que los bivalvos en las diferentes concentraciones aparecen completos y con un alto nivel de integridad de las conchas. Se interpretan como facies de factorías, donde domina un tipo de bivalvo dependiendo de las condiciones ambientales según una tendencia de somerización hacia techo: *N. cochlear* en ambientes más profundos y *O. edulis* en las condiciones más someras. Cabe destacar la existencia de patrones de preservación de conchas empaquetadas ("stac-

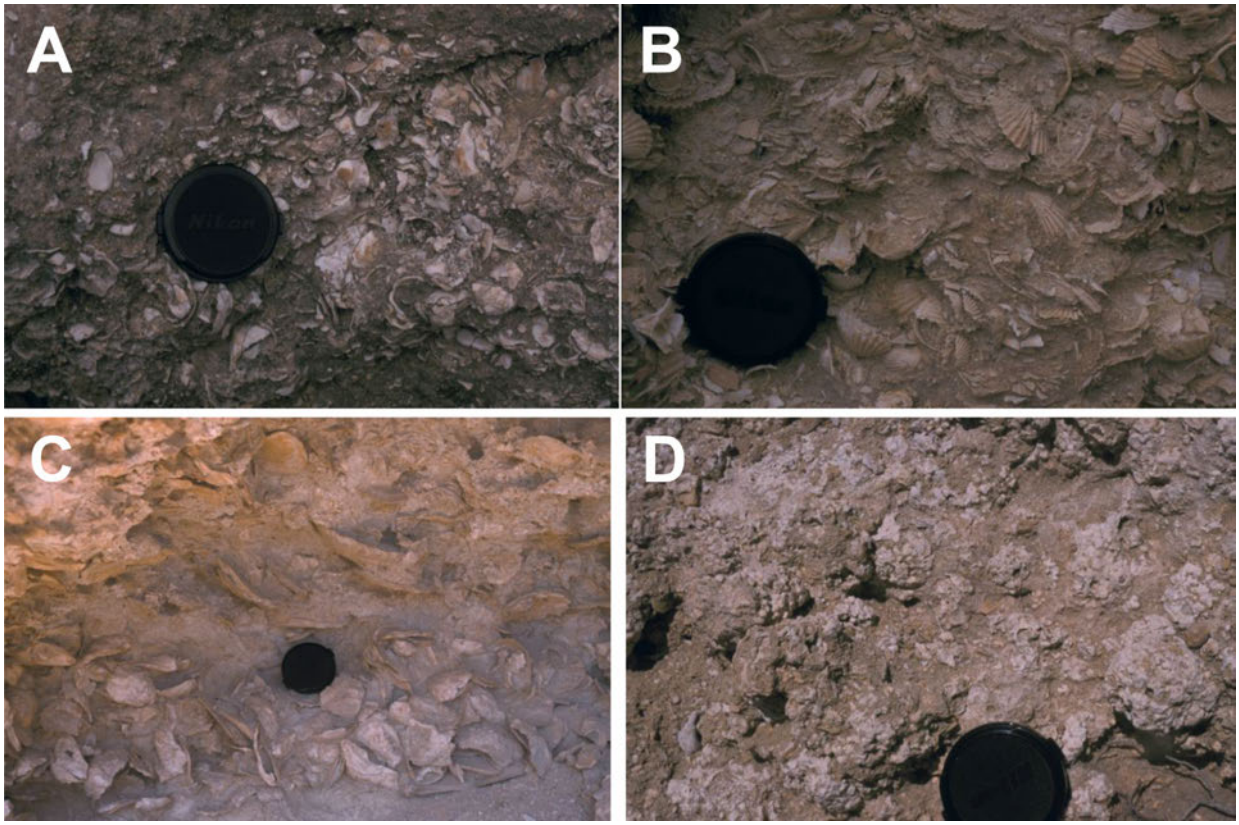

Figura 18. A) Concentración de *Neopycnodonte cochlear*. B) Concentración de *Chlamys* spp. y *Aequipecten* spp. C) Concentración de *Ostrea edulis*. D) Concentración de rodolitos.

king") que denota que el fondo estuvo afectado por tormentas.

En este punto de la cuenca, la subunidad superior no aflora aunque sí lo hace un poco más al sur. Está constituida por arenas muy cementadas con estratificaciones cruzada en artesa y por carbonatos ricos en bivalvos (*Flabellipecten*, *Glycymeris*, *Amusium* y *Ostrea*) y rodolitos.

Bibliografía

Addicott, W.O., Snavely, P.D., Jr., Burky, D. y Poore, R.Z. 1978. Neogene stratigraphy and paleontology of southern Almería province, Spain: An overview. *U.S. Geol. Surv. Bull.*, 1454, 49 pp.

Addicott, W.O., Snavely, P.D., Jr., Poore, R.Z. y Burky, D. 1979. La secuencia neógena marina de los Campos de Dalías y de Níjar (Almería). *Estudios Geol.*, 35: 609-631.

Aguirre, J. 1995. *Tafonomía y evolución sedimentaria del Plioceno marino en el litoral sur de España entre Cádiz y Almería*. Tesis Doctoral, Univ. Granada, 419 pp (inédita).

Aguirre, J. 2017. *Amisium cristatum* shell beds in the lower Pliocene deposits of Almería-Níjar Basin (SE Spain). *Spanish J. Palaeontol.*, 32: 3-16.

Aguirre, J. y Jiménez, A.P. 1997. Census assemblages in hard-bottom coastal communities: A case study from the Plio-Pleistocene Mediterranean. *Palaios*, 12: 598-608.

Aguirre, J. y Jiménez, A.P. 1998. Fossil analogues of the present-day ahermatypic *Cladocora caespitosa* coral banks: Sedimentary setting, dwelling community, and taphonomy (Late Pliocene, W Mediterranean). *Coral Reefs*, 17: 203-213.

Aguirre, J. y Sánchez Almazo, I.M. 1998. Foraminiferal assemblages in Upper Pliocene deposits of Almería-Níjar Basin (SE Spain): Biostratigraphic and palaeoenvironmental significance. *15th Intern. Sedimentol. Congress, Univ. Alicante*, p. 120.

Aguirre, J., Braga, J.C., Jiménez, A.P. y Rivas, P. 1996. Substrate-related changes in pectinid fossil assemblages. *Palaeogeogr., Palaeoclimat., Palaeoecol.*, 126: 291-308.

Aguirre, J., Pérez-Muñoz, A.B. y Sánchez-Almazo, I.M. 2006. Benthic foraminifer assemblages in the lower Pliocene deposits of the Almería-Níjar Basin (SE Spain). *Rev. Esp. Micropaleontol.*, 38, 411-428.

Aguirre, J., Martín, J.M., Braga, J.C., Betzler, C., Berning, B.B. y Buckeridge, J.S. 2008. Densely-packed concentrations of sessile barnacles (Cirripedia: Sessilia) from the early Pliocene of SE Spain. *Facies*, 54: 193-206

Aguirre, J., Braga, J.C., Martín, J.M. y Betzler, C. 2012. Palaeoenvironmental and stratigraphic significance of Pliocene rhodolith beds and coralline algal bioconstructions from the Carboneras Basin (SE Spain). *Geodiversitas*, 34: 115-136.

Berggren, W.A., Kent, D.V., Swisher, C.C., III y Aubry, M.P. 1995. A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy. En: *Geochronology time scales and global stratigraphic correlation* (Berggren, W.A., Kent, D.V., Aubry, M.P. y Handerbol, J., Eds.), SEPM Spec. Publ., 54: 129-212.

Boorsma, L.J. 1992. Syn-tectonic sedimentation in a Neogene strike-slip basin containing a stacked Gilbert-type delta (SE Spain). *Sed. Geol.*, 81: 105-123.

Boorsma, L.J. .1993. *Syn-tectonic sedimentation in a Neogene strike-slip basin (Serrata area, SE Spain).* Tesis Doctoral, Univ. Amsterdam, 85 pp.

Braga, J.C., Betzler, C., Martín, J.M. y Aguirre, J. 2003. Spit-platform temperate carbonates: the origin of landward-downlapping beds along a basin margin (lower Pliocene, Carboneras basin, SE Spain). *Sedimentology*, 50: 553-563.

Fourniguet, J. y Le Calvez, Y. 1975. Sur le Pliocène de la côte d'Andalousie (Espagne). *Bull. Soc. géol. Fr.*, 17: 604-611.

Goy, J.L. y Zazo, C. 1982. Niveles marinos cuaternarios y su relación con la tectónica en el litoral de Almería (España). *Bol. R. Soc. His. Nat. (Geol.)*, 80: 171-184.

Goy, J.L. y Zazo, C. 1986. Synthesis of the Quaternary in the Almeria littoral neotectonic activity and its morphologic features, western Betics, Spain. *Tectonophysics*, 130: 259-270.

Hilgen, F.J. y Langereis, C.G. 1993. A critical re-evaluation of the Miocene/Pliocene boundary as defined in the **Oignñizzdtidt.** *Earth Plant. Sci. Lett.*, 118: 167-179.

Iaccarino, S., Morlotti, E., Papani, G., Pelosio, G. y Raffi, S. 1975. Litostratigrafia e biostratigrafia di alcune serie neogeniche della provincia di Almeria (Andalusia Orinetale - Spagna). *Acta Natur. Aten. Parmense*, 11: 237-313.

Jiménez, A.P., Aguirre, J. y Rivas, P. 2009. Taxonomic study of scallops (Pectinidae: Mollusca, Bivalvia) from Pliocene deposits (Almería, SE Spain). *Rev. Esp. Paleontol.*, 24: 1-30.

Kennett, J.P. y Srinivasan, M.S. 1983. *Neogene planktonic foraminifera. A phylogenetic atlas*. Hutchinson Ross Publ. Com., Stroudsburg, 265 pp.

Kidwell, S.M. y Bosence, D.W.J. 1991. Taphonomy and time-averaging of marine shelly faunas. In: *Taphonomy. Releasing the Data Locked in the Fossil Record* (eds. Allison, P.A. y Briggs, D.E.G.). Topics in Geobiology. Plenum, New York, 115–209.

Łaska, W., Rodríguez-Tovar, F.J., Uchman, A. y Aguirre, J. (en prensa): Ecological snapshot of a population of *Panopea* within their traces (Pliocene, Agua Amarga Subbasin, SE Spain). *Palaeogeogr., Palaeoclimat., Palaeoecol.*

Lirer, F., Foresi, L.M., Iaccarino, S.M., Salvatorini, G., Turco, E., Cosentino, C., Sierro, F.J. y Caruso, A. 2019. Mediterranean Neogene planktonic foraminifer biozonation and biochronology. *Earth-Sci. Rev.*, 196: 102869; https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.05.013.

Lourens, L.J., Antonarakou, A., Hilgen, F.J., Van Hoof, A.A.M., Vergnaud-Grazzini, C. y Zachariasse, W.J. 1996. Evaluation of the Plio-Pleistocene astronomical timescale. *Paleoceanography*, 11: 391-413.

Martín, J.M., Braga, J.C., Aguirre, J. y Betzler, C. 2004. Contrasting models of temperate carbonate sedimentation in a small Mediterranean embayment: the Pliocene Carboneras basin, SE Spain. *J. Geol. Soc. London*, 161: 387-399.

Méndez Cecilia, M.A. 1971a. Nota sobre el Plioceno de la costa de Almería. *Acta Geol. Hispánica*, 6: 147-148.

Méndez Cecilia, M.A. 1971b.Pectínidos pliocenos de Almería. *Estudios Geol.*, 27: 487-495.

Montenat, C. 1977 *Les bassins Néogènes du Levante d'Alicante et de Murcia (Cordillères Bétiques orientales - Espagne). Stratigraphie, paleogeographie et évolution dynamique.* Doc. Lab. Géol. Fac. Sci. Lyon, 69: 345 pp.

Montenat, C. 1990 (Ed.): *Les bassins Néogènes du domaine Bétique oriental (Espagne)*. Doc. et Trav. IGAL, 12-13: 392 pp.

Montenat, C., Ott d'Estevou, Ph. y La Chapelle, G. 1990. Le bassin de Nijar-Carboneras et le couloir du bas-Andarax. *Doc. et Trav. IGAL*, 12-13: 129-164.

Perconig, E 1976. Estudios de algunos cortes del Neógeno de Sierra de Gádor y Campo de Dalías (Almería, España). *Rev. Esp. Micropaleontol.*, 8: 141-178.

Pérez-Asensio, J.N. y Aguirre, J. 2010. Benthic foraminiferal assemblages in temperate coral-bearing deposits from the late Pliocene. *J. Foram. Res.*, 40: 61- 78.

Postma, G. 1979. Preliminary note on a significant sequence in conglomeratic flows of a mass-transport dominated fan-delta (lower Pliocene, Almeria Basin, SE Spain). *Proc. Kon. Ned. Akad. van Wet., Ser. B*, 82: 465-471.

Postma, G. 1983. Water scape structures in the context of a depositional model of a mass flow dominated conglomeratic fan-delta (Abrioja Formation, Pliocene, Almeria Basin, SE Spain). *Sedimentology*, 30: 91-103.

Entidades Colaboradoras

Sociedad Española de Paleontología

IPHES
Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social

Universitas Palacitana

Universidad de Málaga

Ayuntamiento de Baza

fundación Caja Rural Granada

UNED

Proyecto Geoparque Granada

Universidad de Granada

Fundación Sierra Elvira

Universitat Rovira i Virgili

IUGS UNESCO 652
Reading geologic time in Paleozoic sedimentary rocks

ABePH
Asociación Bética de Paleoecología

ICREA