

Geo-Temas



Sociedad
Geológica
de
España

Volumen 18

EXTRACTO ABSTRACTS 1^{er} SIMPOSIO DE CUATERNARIO IBÉRICO AEQUA

5-7 julio 2021 Vitoria-Gasteiz

X Congreso Geológico de España

Simposio Cuaternario Ibérico AEQUA

emantazabalzazu



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

Geo-Temas

Revista no periódica editada por la Sociedad Geológica de España

<http://www.sociedadgeologica.org>
Depósito legal: S.398-2012

ISSN: 1576-5172 (versión impresa)
2792-2308 (versión digital)

Geo-Temas es una publicación de carácter no periódico en la que se recogen los resúmenes cortos o extensos de las comunicaciones presentadas en los Congresos Geológicos que celebra cuatrenualmente la Sociedad Geológica de España, así como en otros congresos, jornadas y simposios de carácter científico y organizadas por las comisiones de la SGE u otras asociaciones mediante convenios específicos. Los organizadores de cada reunión son los responsables de la obtención de los fondos necesarios para cubrir en su totalidad los gastos de edición y difusión del correspondiente número de Geo-Temas. Al no constituir una publicación de carácter periódico, Geo-Temas es distribuida exclusivamente a los inscritos en los actos a los cuales va dirigida la edición, reservándose un cierto número de ejemplares para la distribución por parte de la SGE.

La SGE no se hace responsable de las opiniones vertidas por los autores de los artículos, siendo por tanto éstas responsabilidad exclusiva de los respectivos autores.

La propiedad intelectual queda a plena disposición del autor de acuerdo con las leyes vigentes. queda prohibida la reproducción total o parcial de textos e ilustraciones de esta revista con fines comerciales sin autorización escrita de la SGE o de los autores. Se permite sin necesidad de autorización la generación de separatas para uso de los autores y la reproducción con fines docentes.

EDITORIA PRINCIPAL

Sonia García de Madinabeitia Martínez de Lizarduy

Departamento de Geología, Universidad del País Vasco UPV-EHU, 48940 Leioa, Bilbao (España)

Tel: +34 946 01 54 55; e-mail: sonia.gdm@ehu.es

EDITORES ADJUNTOS

Nueves López González

Instituto Español de Oceanografía
Centro Oceanográfico de Málaga
e-mail: nieves.lopez@ieo.es

Alberto Pérez López

Dpto. de Estratigrafía y Paleontología
Facultad de Ciencias,
Universidad de Granada
e-mail: aperezl@ugr.es

Aitor Cambeses Torres

Dpto. de Mineralogía y Petrología
Facultad de Ciencias,
Universidad de Granada
e-mail: aitorc@ugr.es

COMITÉ ORGANIZADOR

Presidente: Luís Eguiluz Alarcón. Universidad del País Vasco UPV-EHU

Martin Arriolabengoa Zubizarreta. Universidad del País Vasco UPV-EHU

Jon Errandonea Martín. Universidad del País Vasco UPV-EHU

Idoia Garate Olave. Universidad del País Vasco UPV-EHU

Sonia García de Madinabeitia Martínez de Lizarduy. Universidad del País Vasco UPV-EHU

Iván Martín Martín. Universidad del País Vasco UPV-EHU

Fernando Sarrionandia Eguidazu. Universidad del País Vasco UPV-EHU

Antonio Tarriño Vinagre. Universidad del País Vasco UPV-EHU

COMITÉ CIENTÍFICO

Juan Alcalde Martín
Juan Luís Alonso Alonso
Francisco J. Alonso Cháves
Enrique Álvarez Areces
Pilar Andonaegui Moreno
Ricardo Arenas Martín
Javier Aróstegui García
Martín Arriolabengoa Zubizarreta
Puy Ayarza Arribas
Juán Ignacio Baceta
José Manuel Baltuilla Martín
Alberto Bandrés Martínez
Bet Beamud
Alfonso Benito Calvo
José María Bermúdez de Castro
David Brusi
María del Carmen Cabrera
Amelia Calonge
Carolina Canora Catalán
Alejandro Currerat Bilbao
José Cernicharo
anuela Chamizo Borreguero
Ferrán Colombo Piñol
Juan Pablo Corella

Andrés Cuesta Fernández
Manuela Chamizo Borreguero
Ferrán Colombo Piñol
Juan Pablo Corella
Andrés Cuesta Fernández
Brais Currás Refojos
María Druet Vélez
Mathieu Duval
Luis Eguíluz Alarcón
Gemma Ercilla Zarraga
Carlota Escutia
Agustina Fernández
Concepción Fernández Leyva
Javier Fernández Lozano
Jorge Fernández Suárez
José Francisco Mediato
Alex Franco Bilbao
José Manuel Fuenlabrada Pérez
Gloria Gallastegui Suárez
Daniel García Jiménez
Fernando García García
Juan García Portero
Julián García Mayordomo
Olga García Moreno

Antonio García-Casco
Pedro Pablo Gil Crespo
José Luis Granja Bruña
Francisco Gutiérrez Santaolalla
Gabriel Gutiérrez Alonso
Nemesio Heredia Carballo
Pedro Pablo Hernández Huerta
Nadia Herrero Martínez
Álvaro Jiménez Berrocoso
Ruth Jiménez San Pedro
Jesús F. Jordá Pardo
María José Jurado
Pilar Llanes Estrada
Iván Martín Rojas (UA)
Blanca María Martínez
Javier Martínez Martínez
Luis Miguel Martínez Torres
Roberto Martínez-Orio
Pilar Mata del Campo
Teresa Medialdea Cea
Tania Mochales
Manuel Monge Ganuzas
Alfonso Muñoz Martín
Belén Oliva Urcia

Inmaculada Palomera
Josep M. Parés
Aitor Payros
Francisco J. Pérez Torrado
Joaquín A. Proenza
Oscar Pueyo
Isabel Rábano Gutiérrez del Arroyo
Roberto Rodríguez Fernández
Lidia Rodríguez Méndez
Francisco Javier Rodríguez Tovar
Ana Ruiz Constán
Sonia Sánchez Martínez
Teresa Sánchez-García
Esther Sanz Montero
Pablo-Gabriel Silva Barroso
Luis Somosa Losada
Susana Timón Sánchez
Susana Torrescusa Villaverde
José Ignacio Valenzuela Ríos
Blas Valero
Juan Tomás Vázquez Garrido
Néstor Vegas Tubía
Juan José Villalain Santamaría
Iñaki Yusta Arnal

SEDE EDITORIAL

Sociedad Geológica de España:

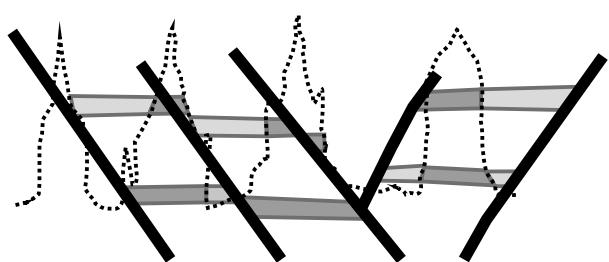
Facultad de Ciencias, Universidad de Salamanca. Plaza de la Merced, s/n. 37008 Salamanca, España.
<http://www.sociedadgeologica.org>

Imagen de portada: Slump en flysch negro, Armintza, Bizkaia.
Fotografía cedida por Roberto Pinedo Vadillo (@luminaterris).

Geo-Temas



Sociedad
Geológica
de
España



X CONGRESO GEOLÓGICO DE ESPAÑA
5-7 julio 2021 Vitoria-Gasteiz

Editores:

Jon Errandonea Martín
Idoia Gárate Olave
Sonia García de Madinabeitia
Fernando Sarrionaindia Eguidazu

Vol. 18 (2021)

Geo-Temas

Vol. 18 (2021)

Simposio Cuaternario Ibérico 2021 (SQIB 2021)

Coordinadores:

Alejandro Cearreta (EHU-UPV) y Pablo G. Silva (USAL)

Incremento de las tormentas al final del Último Interglaciar. ¿Está volviendo a ocurrir?	1000
T. Bardají, C. Zazo, J.L. Goy, C.J. Dabrio, y J. Lario	
Registro isotópico de tobas de tipo estromatolito del yacimiento arqueológico de los Aljezares (Aspe, Alicante)	1001
O. Bedmar, J. Cuevas-González, y D. Díez-Canseco	
Nuevas dataciones numéricas para Atapuerca Gran Dolina TD1, España	1002
M. Duval, J.M. Parés, I. Campaña, E. Carbonell, J.M. Bermúdez de Castro	
Análisis geológico del terremoto histórico de Pinos Puente (1806, Granada, S España)	1003
J. Elez, P.G. Silva, J.L., Giner-Robles, M.A. Rodríguez-Pascua, E. Roquero, R. Pérez-López, y T. Bardají	
Impacto humano y cambios naturales en la vegetación de la Costa Cantábrica oriental durante el Antropoceno	1004
A. Fernández Martín-Consuegra, S. Pérez-Díaz, y A. Cearreta	
Evolución espacial y temporal de la dinámica sedimentaria en la Albufera de Valencia: de la gestión pesquera a la degradación actual	1005
M. Galofré, C. Arenas, E. Vicente, A. Vicente de Vera, y B. Valero Garcés	
Tsunamis en Chile central: el registro sedimentario de Matanzas	1006
M. Galofré, M. Frugone, y B. Valero	
El registro sedimentario antropoceno en la Ría del Nalón (Asturias): Impacto histórico de la minería de carbón y mercurio	1007
J. Gardoki, A. Cearreta, A. García-Artola, M.J. Irabien, J.E. Gómez-Arozamena, y V. Villasante-Marcos	
Cambios ambientales e impacto humano durante el Antropoceno en zonas de montaña: el registro sedimentario del lago Isoba (León, NO España). 1008	
J. Gardoki, M. Morellón, C. Morales-Molino, J. Remondo, M. Leira, C. Sierra-Fernández, M.L. Canales, V. Villasante, F. Martín-Hernández, R. González, D. Baragaño, A.F. Lotter, E. Gobet, C. Schwörer, y W. Tinner	
Técnicas no destructivas para la determinación de procesos de meteorización física y química en las Islas Shetland del Sur, Antártida	1009
M. Gomez-Heras, J.A. Ortega-Becerril, B. Oliva-Urcia, J. López-Mártinez, T. Schmid, y R. Fort	
Identificación de impactos antropogénicos en el registro sedimentario estuarino: aplicación en la ría de Suances	1010
M.J. Irabien, A. Cearreta, H. Serrano, y J. Gómez-Arozamena	
Evolución del relieve en la Cordillera Cantábrica Central (Asturias): ¿movimientos en masa paraglaciales en Vía Carisa?	1011
M. Jiménez-Sánchez, L. Rodríguez-Rodríguez, M.J. Domínguez-Cuesta, G. Fernández-Viejo, J. Olona, P. Farias, B. Naves, D. Ballesteros, P. Valenzuela, y S. González-Lemos	
Retorno a Cova Rosa. Nuevas investigaciones geoarqueológicas en el yacimiento del Pleistoceno superior de Cova Rosa (Sardéu, Ribadesella, Asturias, España)	1012
J.F. Jordá Pardo, D. Álvarez-Alonso, E. Álvarez-Fernández, M. de Andrés-Herrero, P. Arias, J. Bécares, P. Carral, M. Cubas, K. Douka, C. Duarte, N. García-Ibañarriaga, M.J. Iriarte-Chiapuso, C. López-Tascón, A. Maestro, S. Martín-Jarque, J. Molina, X. Murelaga, A. Palencia, R. Portero, J. del Río, M. Rivero, A. Suárez-Bilbao, y L. Teira	
Estimación de la edad de las terrazas fluviales del río Yeltes (Salamanca) mediante cronofunciones	1013
I. Martín-Martín, P.G. Silva, y A.M. Martínez-Graña	
Influencia de la falla de Galera en el relieve del sector oriental del Geoparque de Granada (Cordillera Bética central)	1014
I. Medina-Cascales, F.J. García-Tortosa, I. Martín-Rojas, y P. Alfaro	
El impacto de la minería en la sedimentación y la ecología de lagos de alta montaña: el registro sedimentario de La Cueva (Asturias, NO de España)	1015
M. Morellón, J. Vegas, C. Morales-Molino, A. Vicente de Vera, M. Leunda, S. Plà-Rabes, J. Sánchez-España, F. Martín-Hernández, J.A. Rodríguez-García, y M.P. Mata	
Cambios paleoambientales en el Cuaternario de la plataforma marina de las Guayanás detectados por medio del foraminífero Ammonia tepida....	1016
A. Pascual, M. Pujos, y B. Martínez-García	

Espeleosismología de la Cueva de los Casares, Guadalajara: evidencias de un posible paleoterremoto	1020
R. Pérez-López, M. Alcaraz-Castaño, M.A. Rodríguez-Pascua, P.G. Silva, L. Luque, M.A. Perucha-Atienza, J. Elez, J.L. Giner-Robles, E. Roquero, y J. Alcolea-González	
Flujos de aire fresco en cuevas tectónicas y gravitacionales: una aproximación multidisciplinar	1021
M. Sánchez-Gómez, D. Gil, J.M. Gómez-López, J. Tovar-Pescador, J.L. Pérez-García, T. Fernández, T. Guerra, G. Garrido, y J.R. Jiménez-Pérez	
Análisis de los elementos geomorfológicos fluviales del río Jerte mediante teledetección SAR.....	1025
Y. Sánchez-Sánchez y A. Martínez-Graña	
Interpretación paleoambiental de los sedimentos holocenos de la ría de Suances (Cantabria) a través de su estudio micropaleontológico y geoquímico.....	1026
H. Serrano, M.J. Irabien, A. Fernández Martín-Consegura, y A. Cearreta	
<i>Phases of sedimentation and soil formation in SE Spain during the Holocene (Eastern Betic Cordillera)</i>	1027
P.G. Silva, E. Roquero, J. Eléz, T. Bardají, y A. Medialdea	
<i>The timing of Quaternary phases of fan development and soil formation in the semi-arid SE Spain (Eastern Betic Cordillera)</i>	1031
P.G. Silva, E. Roquero, T. Bardají, y J. Eléz	
Cronoestratigráfica del Cuaternario de la Península Ibérica (v 3.0)	1035
P.G. Silva, T. Bardají, J. Baena, J.L. Giner-Robles, J. van der Made, C. Zazo, A. Rosas, y J. Lario	
Las terrazas cuaternarias de los valles del Júcar y del Cabriel en su zona de confluencia en el corredor de Ayora-Cofrentes (Valencia)	1036
F. Tapias, P.G. Silva, J. Eléz, E. Roquero, T. Bardají, J.L. Giner-Robles, y F. Gutiérrez	
Facies sedimentarias en lagos de alta montaña del Pirineo central durante el Holoceno tardío: tipología e interpretación deposicional	1037
A. Vicente de Vera, M. Leunda, O. Sociats, M.P. Mata-Campo, y B.L. Valero-Garcés	
La respuesta heterogénea de los glaciares pirenaicos entre 2011 y 2020	1038
I. Vidaller, J. Revuelto, E. Izagirre, E. Alonso-González, S. Gascoin, P. Rene, E. Berthier, F. Rojas-Heredia, I. Rico, A. Moreno, J.I. López-Moreno	
Mineralogía magnética del depósito beachrock de Tunelboca (Ría de Bilbao, norte de España): Interrelación entre procesos sedimentarios naturales y desechos industriales ricos en hierro.....	1039
V. Villasante-Marcos, A. Cearreta, y M.J. Irabien	
Propiedades magnéticas de los sedimentos recientes de los lagos Ausente e Isoba (Cordillera Cantábrica, norte de España) como trazadores de cambios ambientales e influencia antrópica	1040
V. Villasante-Marcos, R. González, F. Martín, M. Morellón, y J. Gardoki	



Incremento de las tormentas al final del Último Interglaciado. ¿Está volviendo a ocurrir?

Increase in storminess at the end of the Last Interglacial. Is it happening again?

T. Bardají¹, C. Zazo², J.L. Goy³, C. J. Dabrio⁴ y J. Lario⁵

1 U.D. Geología, Dpto. Geología, Geografía y Medio Ambiente, Univ. de Alcalá 28805-Alcalá de Henares. teresa.bardaji@uah.es

2 Dpto. Geología, Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC, José Gutiérrez Abascal 2, 28006-Madrid. carizazo@mncn.csic.es

3 Dpto. Geología, Facultad de Ciencias, Universidad de Salamanca, 37008-Salamanca. joselgoy@usal.es

4 Dpto. Estratigrafía, Facultad de Geología, Universidad Complutense de Madrid 28040-Madrid. dabrio@ucm.es

5 Facultad de Ciencias, UNED, 28040-Madrid. javier.lario@ccia.uned.es

Palabras clave: deterioro climático, litoral, mediterráneo español, facies sedimentarias, MIS5.

Resumen

Análisis paleontológicos, geomorfológicos y sedimentológicos obtenidos a lo largo de los últimos 30 años en el litoral mediterráneo español, muestran un importante cambio meteorológico al final del último período interglaciado (MIS 5e). El pico más cálido del MIS5e (135-120 ka; Hearty *et al.*, 2007) ha sido datado en el litoral Mediterráneo español en 135ka (Zazo *et al.*, 2003). Entre los Cabos de Gata y de la Nao (Bardají *et al.*, 2009) y en Formentera, este pico está caracterizado por el desarrollo de sistemas de playa-duna de facies oolíticas, y presencia de fauna cálida (*Strombus bubonius* = *Persististrombus latus*), lo que indica un clima cálido con unas condiciones meteorológicas de viento y oleaje suaves. Al final del interglaciado (117ka), las condiciones meteorológicas cambian drásticamente como queda evidenciado por facies de mayor energía, conglomerados con matriz arcillosa rojiza, que apuntan hacia una mayor intensidad de lluvias y tormentas (Bardají *et al.*, 2009), pero manteniéndose las condiciones cálidas que caracterizan este interglaciado y que permiten la subsistencia del *S.bubonius*. El reciente aumento de tormentas en la costa mediterránea podría ser indicativo de una situación análoga a la del último interglaciado en nuestro litoral.

Abstract

*Paleontological, geomorphologic and sedimentological analyses obtained over the last 30 years on the Spanish Mediterranean coast show a significant change in the weather at the end of the last interglacial period (MIS 5e). The warmest peak of MIS5e (135-120 ka; Hearty *et al.*, 2007) has been dated on 135ka on the Spanish Mediterranean coast (Zazo *et al.*, 2003). Between Cape of Gata and Cape of La Nao (Bardají *et al.*, 2009) and on Formentera, this peak is characterised by the development of beach-dune systems with oolitic facies, and by the presence of warm fauna (*Strombus bubonius* = *Persististrombus latus*) pointing to a warm climate with mild wind and wave conditions. At the end of the interglacial (117ka), the meteorological conditions change drastically, as can be seen by the high-energy facies, conglomerates with reddish clayey matrix, what indicates a greater intensity of rain and storms (Bardají *et al.*, 2009), but still under the warm conditions that characterise this interglacial that allow the survival of *S.bubonius*. The increase in storms that have occurred recently along the Mediterranean coast could be indicative of a situation similar to that of the last interglacial along our coasts.*

Referencias

- Bardají, T., Goy, J.L., Zazo, C., Hillaire-Marcel, C.J., Dabrio, C.J., Cabero, A., Ghaleb, B., Silva, P.G. y Lario, J. (2009). *Geomorphology* 104, 22-37
- Hearty, P.J., Hollin, J.Y., Neumann, A.C., O'Leary, M.J. y McCulloch, M. (2007). *Quaternary Science Reviews* 26, 2090-2112
- Zazo, C., Goy, J.L., Dabrio, C.J., Bardají, T., Hillaire-Marcel, C., Ghaleb, B., González-Delgado, A. y Soler, V. (2003). *Marine Geology* 194, 103–133.

Agradecimientos: financiado por FEDER-MINECO CGL2015-69919-R; contribución del Grupo Español del IGCP-639 “Sea-Level Change from minutes to millenia”.

Registro isotópico de tobas de tipo estromatolito del yacimiento arqueológico de los Aljezares (Aspe, Alicante)

Isotopic record of stromatolite like tufas of Aljezares archeological site (Aspe, Alicante)

O. Bedmar¹, J. Cuevas-González¹ y D. Díez-Canseco¹

¹ Dpto. Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, Facultad de Ciencias, Universidad de Alicante, 03690 San Vicente del Raspeig (Alicante). olga.bedmar@gmail.com, jaime.cuevas@ua.es, davinia.diezcanseco@ua.es

Palabras clave: Cuaternario, isótopos estables, paleoambiente, paleoclima, tobas estromatolíticas.

Resumen

En este trabajo se estudia la composición isotópica ($\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^{13}\text{C}$) de depósitos tobáceos de tipo estromatolito del yacimiento arqueológico del Pleistoceno superior de los Aljezares (Aspe, Alicante). La muestra estudiada corresponde a un nivel estratigráfico de relativa continuidad y situado entre conglomerados clasto-soportados. Presenta una morfología dómica y una estructura interna laminada donde alternan láminas de crecimiento claras-porosas y oscuras-densas, que fueron muestreadas individualmente. Estas alternancias representarían ciclos estacionales anuales (*sensu* Arenas *et al.*, 2019), por lo que la muestra reflejaría 11 años. Los resultados isotópicos muestran, por un lado, compatibilidad con los valores medidos en aguas meteoríticas actuales, sugiriendo un contexto paleoclimático similar. Por otro lado, las variaciones de $\delta^{18}\text{O}$ muestran dos conjuntos de valores que podrían responder a un cambio paleoambiental entre un régimen hídrico abierto y otro más restringido. Estos resultados son compatibles con trabajos previos (e.j. Cuevas-González *et al.*, 2020) donde se interpreta para la formación de los depósitos un contexto fluvio-lacustre en una cuenca sujeta a represamientos, en el que se impondrían cambios en el régimen hídrico con dominancia fluvial a otros con dominancia lacustre. Es destacable que facies similares no hayan sido descritas en depósitos cuaternarios de esta zona y son un punto de partida para la reconstrucción paleoclimática y paleoambiental del registro continental reciente de la región meridional mediterránea peninsular.

Abstract

*In this work, the isotopic composition ($\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$) of stromatolite like tufa deposit from the Upper Pleistocene archaeological site of the Aljezares (Aspe, Alicante) is studied. The sample studied corresponds to a stratigraphic level of relative continuity and located between clast-supported conglomerates. It has a domic morphology and a laminated internal structure where light-porous and dark-dense growth laminae alternate, which were sampled individually. These alternations would represent annual seasonal cycles (*sensu* Arenas *et al.*, 2019), so the sample would reflect 11 years. The isotopic results show, on the one hand, compatibility with the values measured in current meteoric waters, suggesting a similar paleoclimatic context. On the other hand, the $\delta^{18}\text{O}$ variations show two sets of values that could respond to a paleoenvironmental change between an open and a more restricted water regime. These results are compatible with previous works (e.g., Cuevas-González *et al.*, 2020) where a river-lake context is interpreted for the formation of deposits in a basin subject to damming, and changes in the water regime with river dominance would be imposed to other with lake dominance. It is noteworthy that similar facies have not been described in Quaternary deposits of this area and are a starting point for the paleoclimatic and paleoenvironmental reconstruction of the recent continental records in the southern Mediterranean region.*

Referencias

- Arenas, C., Osácar, M.C., Auqué L. y Sancho, C. (2019). *Journal of Palaeogeography*, doi: 10.1186/s42501-019-0021-y
Cuevas-González, J., Díez-Canseco, D., Elez, J., Eixea, A., Ibáñez, V. y Civieta, O. (2019). En: *XV Reunión Nacional de Cuaternario*. Comunicaciones, 129-132.

Nuevas dataciones numéricas para Atapuerca Gran Dolina TD1 (Burgos, España)

*New numerical age constraints for TD1 unit from
Atapuerca Gran Dolina (Burgos Spain)*

Mathieu Duval^{1,2}, Josep M. Parés¹, Isidoro Campaña¹, Eudald Carbonell³, José María Bermúdez de Castro¹

1 Centro Nacional de Investigación sobre la Evolución Humana (CENIEH), Burgos, Spain

2 Australian Research Centre for Human Evolution (ARCHE), Griffith University, Brisbane, Australia.

3 Institut Català de Paleoecología Humana i Evolució Social (IPHES), Spain.

Palabras claves: Resonancia Paramagnética Electrónica; Cuarzo; Jaramillo; Magnetoestratigrafía

Resumen

Atapuerca Gran Dolina (Burgos, España) es un relleno sedimentario kárstico de unos 25 m de espesor en el cual se han identificado 12 unidades litoestratigráficas. Si la parte superior de la secuencia ha sido ampliamente estudiada durante las últimas décadas debido a su riqueza en restos arqueológicos, paleontológicos y paleoantropológicos, las unidades TD1-2 en la parte inferior han recibido, en cambio, mucho menos atención. Sin embargo, la reciente apertura de una sección de 10 m de profundidad dentro de TD1 abrió por la primera vez la posibilidad de estudiar en detalle los depósitos de interior de la cueva.

En particular, el estudio magnetoestratigráfico de estos niveles reveló la presencia de varios intervalos de polaridad normal (Parés *et al.*, 2018). Basándose en los datos cronológicos disponibles, los autores correlacionaron el intervalo más largo, posicionado en la parte superior de TD1, con el evento magnético Jaramillo (0,99-1,07 Ma). Con el objetivo de confirmar esta correlación, se cogieron varias muestras de sedimento en TD1 para su datación numérica mediante Resonancia Paramagnética Electrónica (ESR). Los resultados obtenidos permiten refinar la cronología de los depósitos de la parte inferior de Gran Dolina y proponer una correlación entre los varios intervalos de polaridad normal y la escala de tiempo de polaridad geomagnética (GPTS).

Abstract

Atapuerca Gran Dolina site (Spain) is a 25-m thick cave sedimentary infill where 12 lithostratigraphic units have been identified. If the uppermost part of the sequence has been widely studied over the last decades due to its richness in archaeological, paleontological and paleoanthropological remains, TD1-2 units at the bottom have instead received much less attention. However, the recent opening of a 10-m deep trench within TD1 revealed a thick unit of cave interior deposits, including laminated silt and clay.

*In order to constrain the chronology of these deposits, a detailed magnetostratigraphic study of TD1 was carried out (Parés *et al.*, 2018). Results showed a dominantly reversed polarity, suggesting a Matuyama age (>0.78 Ma) for TD1, with a few short intervals of normal polarity in between. In particular, the uppermost interval has been tentatively correlated to the Jaramillo subchron (0.99-1.07 Ma). In order to confirm this initial chronological attribution, several sediment samples were collected along the sequence for Electron Spin Resonance dating purpose. The dating results will contribute to refine the chronostratigraphic framework of these Early Pleistocene cave interior deposits and enable correlations with other cave sedimentary infills of the Atapuerca complex.*

Referencias

- Parés J.M., Álvarez-Posada C., Sier M., Moreno D., Duval M., Woodhead J., Ortega A.I., Campaña I., Rosell J., Bermúdez de Castro J.M., Carbonell E. (2018). Chronology of the cave interior sediments at Gran Dolina archaeological site, Atapuerca (Spain). *Quaternary Science Reviews* 186, pp. 1-16.

Análisis geológico del terremoto histórico de Pinos Puente (1806, Granada, S España).

Geological analysis of the Pinos Puente historical earthquake (1806, Granada, S Spain).

J. Elez¹, P.G. Silva¹, J.L. Giner-Robles², M.A. Rodríguez-Pascua³, E. Roquero⁴, R. Pérez-López³, T. Bardají⁵

1 Dpto. de Geología, Fac. de Ciencias, Universidad de Salamanca (USAL), 37008 Salamanca. j.elez@usal.es, pgsilva@usal.es,

2 Dpto. Geología y Geoquímica. Fac. Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid (UAM) 28049 Madrid. jorge.giner@uam.es

3 Instituto Geológico y Minero de España (IGME), 28004 Madrid ma.rodriguez@igme.es, r.perez@igme.es

4 Dpto. de Edafología. E.T.S.I. Agrónomos. Universidad Politécnica (UPM). 28040 Madrid. elvira.roquero@upm.es

5 U.D. Geología. Universidad de Alcalá (UAH). 28871 Alcalá de Henares (Madrid). teresa.bardaji@uah.es

Palabras clave: Terremoto histórico, ShakeMap, Intensidad, Cuenca de Granada, Falla de Sierra Elvira.

Resumen

Para el estudio del terremoto de Pinos Puente en 1806 (VIII EMS) se ha combinado el análisis de los Efectos Ambientales de Terremotos (escala ESI-07) con el de los Efectos Arqueológicos. Se ha recopilado la información dispersa en fuentes documentales y tras la catalogación de los efectos se ha procedido a la elaboración de un mapa de intensidades y a una modelización mediante ShakeMaps, adaptando las metodologías estándar del United States Geological Survey a las particularidades de terremotos históricos (Silva *et al.*, 2017). Este evento presenta una intensidad de VIII (EMS y ESI-07). En el área macro-sísmica, cerca de 60 km², más del 80% de las edificaciones sufrieron daños relevantes y el 7 % quedaron completamente derruidas. La geometría de las zonas de intensidad $\geq VI$ (prácticamente delimitadas a la Cuenca de Granada) indica una fuerte amplificación sísmica relacionada con el potente registro de materiales cuaternarios no consolidados en la llanura de inundación del río Genil. De los ShakeMaps obtenidos, el que mejor explica el conjunto de efectos geológicos recopilados apunta a que la fuente sismogénica del evento fue el segmento de Pinos Puente de la Falla de Sierra Elvira-Dilar (Sanz de Galdeano *et al.*, 2012). El modelo de mejor encaje se realiza con una longitud de falla de 60 km, buzamiento de unos 60° SO y Mw 5,8, generando aceleraciones horizontales máximas (PGA) por encima de 0,30 g en zonas amplias.

Abstract

*For the study of the 1806 Pinos Puente event (VIII EMS), the analysis of the Environmental Earthquake Effects (ESI-07 scale) was combined with that of the Archaeological Effects. The information dispersed in documentary sources was compiled and effects catalogued. An intensity map has been elaborated and a modeling has been carried out using ShakeMaps, adapting the standard methodologies of the United States Geological Survey to the particularities of historical earthquakes (Silva *et al.*, 2017). This event shows an intensity of VIII (EMS and ESI-07). In the macro-seismic area, of about 60 km², more than 80% of the buildings suffered relevant damage and 7% were completely destroyed. The geometry of the intensity zones $\geq VI$ (practically constrained to the Granada Basin) indicates a strong seismic amplification related to the thick register of unconsolidated Quaternary materials in the floodplain of the Genil River. The ShakeMap that best explains the compiled earthquake geological effects points out to the Pinos Puente segment of the Sierra Elvira-Dilar normal fault (Sanz de Galdeano *et al.*, 2012) as the more probable seismogenic source. The best fitting model results from a fault length of 6.0 km, dipping about 60° SW and Mw 5.8, generating maximum horizontal accelerations (PGA) above 0.30 g in large areas. This work has been funded by the QTECSPAIN project MINECO-FEDER CGL2015-67169-P, USAL.*

Referencias

Silva, P.G., Elez, J., Giner-Robles, J.L., Rodríguez-Pascua, M.A., Pérez-López, R., Roquero, E., Bardají, T., Martínez-Graña, A.M. (2017). *Quaternary international* 451, 185-208

Sanz de Galdeano, C., García-Tortosa, F., Peláez, J., Alfaro, P., Azañón, J., Galindo-Zaldívar, J., López Casado, C., López Garrido, A., Rodríguez-Fernández, J., & Ruano, P. (2012). *Journal of Iberian Geology* 38 (1), 209-223.

Impacto humano y cambios naturales en la vegetación de la Costa Cantábrica oriental durante el Antropoceno y el Holoceno.

Human impact and natural changes in the Eastern Cantabrian Coast vegetation during the Anthropocene and Holocene.

A. Fernández Martín-Consuegra¹, S. Pérez-Díaz² y A. Cearreta¹

¹ Dpto. de Geología, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco UPV/EHU, 48080 Bilbao. aitor.fernandez@ehu.eus; alejandrocearreta@ehu.eus

² Dpto. de Geografía, Urbanismo y Ordenación del Territorio. Universidad de Cantabria. E.T. S. I. Caminos, Canales y Puertos. Avda. de los Castros, s/n. 39005 Santander. sebastian.perezdiaz@unican.es

Palabras clave: Polen, Antropoceno, Holoceno, Estuarios, Costa Cantábrica.

Resumen

El impacto humano en el medioambiente puede ser estudiado a través de una gran variedad de indicadores como, por ejemplo, el polen conservado en los sedimentos. Los estuarios de la costa cantábrica han sido históricamente lugares de explotación y asentamiento humano gracias a la gran variedad de recursos que estos pueden aportar, lo que queda reflejado en su registro fósil. El objetivo de este trabajo es reconstruir el proceso de antropización del paisaje vegetal en la costa cantábrica oriental durante el Holoceno. Para ello, se han estudiado diferentes registros sedimentarios: Sondeos largos (± 16 m) que se extienden varios miles de años y sondeos cortos (50 cm) datados aproximadamente en los últimos 200 años todos ellos perforados en los estuarios del Urola, Oka y Saja-Besaya.

En general, se observa un crecimiento progresivo del polen arbóreo (*Alnus*, *Betula*, *Quercus* caducifolios y *Pinus* sp.) que nos indica una recuperación de los espacios de bosque durante los últimos 200 años. Otros taxones antropogénicos como *Cerealia* t., *Poaceae*, *Apiaceae* (ligados a la deforestación y a la construcción de infraestructuras) y *Sordaria* t. aparecen con porcentajes significativos en algunas partes de los sondeos cortos, sugiriendo la presencia de actividades agrícolas y ganaderas. La explotación agrícola y maderera provocaron una reducción de las especies arbóreas en favor de los taxones herbáceos (*Apiaceae*, *Poaceae*). Con el abandono progresivo de estas actividades, los bosques se recuperaron, apareciendo especies como *Alnus*. A pesar de esto, la recuperación de los espacios forestales sobre todo en los últimos 200 años se debe a las repoblaciones iniciadas en el siglo XIX que se agudizaron con el “Plan Nacional de Reforestación” llevado a cabo durante la década de 1940.

Abstract

*The estuaries of the Cantabrian coast have been historically places of exploitation and human settlement due to the variety of resources that these areas can provide, leaving their footprint in the fossil record. The objective of this work is to reconstruct the process of anthropization of the vegetable landscape (through pollen data) in the eastern Cantabrian coast. Agricultural and timber exploitation caused a reduction of tree species in favour of herbaceous taxa (*Cerealia* t., *Poaceae*, *Apiaceae*, *Sordaria* t.). Subsequently, a progressive growth of tree pollen can be observed, indicating a recovery of forest areas. This is due to the abandonment of agricultural activities that led, partially, to the colonization of these spaces by taxa such as *Alnus*. Moreover, in the last 200 years, the observed forest recovery is clearly linked to the reforestation started in the 19th century.*

*The main objective of these reforestations was timber exploitation, and that is why we observed an increase in taxa such as *Pinus pinaster*. In addition, from 1940 onwards, the so-called “National Reforestation Plan” was implemented, which intensified the growth of the forest areas and was also responsible for the introduction of foreign species such as *Eucalyptus* sp. The data show that, in the short Anthropocene cores, a greater human impact (reforestation, agricultural activities and infrastructures) is observed compared to the long Holocene cores.*

Evolución espacial y temporal de la dinámica sedimentaria en la Albufera de Valencia: de la gestión pesquera a la degradación actual

Temporal and spatial evolution of depositional dynamics in the Albufera de València: from fisheries to the current degradation

M. Galofré¹, C. Arenas², E. Vicente³, A. Vicente de Vera¹ y B. Valero Garcés¹

1 Instituto Pirenaico de Ecología, CSIC, Avda. Montañaña 1005, 50059 Zaragoza. marcelgalofre@ipe.csic.es; blas@ipe.csic.es

2 Departamento de Ciencias de la Tierra, Área de Estratigrafía, Universidad de Zaragoza, 50009 Zaragoza. carenas@unizar.es

3 Departamento de Microbiología y Ecología, Facultad de Biología, Universidad de Valencia, 46100, Burjasot Valencia.

eduardo.vicente@uv.es

Palabras clave: Antropoceno, paleolimnología, laguna costera, sedimentología, geoquímica.

Resumen

La Albufera de Valencia es una laguna costera de aguas oligohalinas e intensamente eutrofizada, situada al sur de la ciudad de Valencia (España). La pesca y las explotaciones de sal fueron actividades importantes hasta la segunda mitad del siglo XIX, cuando el cultivo del arroz se popularizó hasta convertirse en un monocultivo intensivo (Ibor *et al.*, 2001). Alrededor de la década de 1970, el uso de fertilizantes y pesticidas, el vertido de aguas residuales y la urbanización e industrialización de las inmediaciones llevaron a la Albufera a un estado de elevada contaminación y eutrofización. Con el objetivo de reconstruir la evolución espacial y temporal de la dinámica sedimentaria de la Albufera, se realizaron dos transectos de sondeos cortos, NE-SO y NO-SE. En este trabajo presentamos una reconstrucción basada en el estudio de 8 sondeos lacustres por medio del análisis de facies sedimentarias y de múltiples indicadores, como análisis químicos elementales (XRF e ICP-OES), análisis de isótopos estables en la materia orgánica ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$), nuevas dataciones de ^{14}C e integración de estudios previos (Marco *et al.*, 2019). La dinámica sedimentaria muestra una gran influencia de aportes terrígenos en el extremo norte de la Albufera y la compleja interrelación entre procesos aluviales, marinos y la actividad humana durante los últimos 200 años. Comprender el funcionamiento del sistema a lo largo de su historia facilitará encontrar una solución permanente para el actual estado de degradación de la Albufera.

Abstract

*La Albufera de València is an oligohaline lagoon, currently hyper-eutrophic, located south of the city of Valencia (Spain). Fishing and salt exploitations were dominant economic activities until the second half of the 19th century, when rice farming became an intensive monoculture (Ibor *et al.*, 2001). Around the 1970s, the use of fertilizers and pesticides, the uncontrolled wastewater discharge and the industrialization and urban development brought the Albufera to an unprecedented state of pollution and eutrophication. In order to improve the knowledge about the spatial and temporal Albufera's evolution, we have recovered and studied 8 short sediment cores along two NE-SW and NW-SE transects. We present a paleolimnological study based on detailed sedimentological descriptions and multiproxy analysis, including elemental chemical analyses (XRF and ICP-OES), stable isotopes in organic matter ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$), new ^{14}C dating and the integration of previous studies (Marco *et al.*, 2019). The depositional model illustrates the large impact of terrestrial input in the northern areas and the complex interaction among alluvial, marine and anthropic processes. Understanding how this system has developed through time will help to implement mitigation and remediation practices to improve the current degraded environmental stage of the Albufera.*

Referencias

- Ibor, C. S. (2001). *Regadiu i canvi ambiental a l'Albufera de València* (Colección Oberta, N° 57). Universitat de València. 334 p.
Marco-Barba, J., Burjachs, F., Reed, J.M., Santisteban, C., Usera, J.M., Alberola, C., Expósito, I., Guillem, J., Patchett, F., Vicente, E. y Mesquita-Joanes, F. (2019). *Limnetica* 38(1), 353-389.

Tsunamis en Chile central: el registro sedimentario de Matanzas

Tsunamis in central Chile: the sedimentary record of Matanzas

M. Galofré¹, M. Frugone² y B. Valero Garcés¹

1 Instituto Pirenaico de Ecología, CSIC, Avda. Montaña 1005, 50059 Zaragoza. marcelgalofre@ipe.csic.es; blas@ipe.csic.es

2 Departamento de Ecología & Centro UC Desierto de Atacama, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago. matutefrugone@gmail.com

Palabras clave: Paleosismología, Holoceno, fluorescencia de rayos X, sedimentología.

Resumen

La costa de Chile central se ubica en la zona de subducción entre la placa de Nazca y Sudamericana, y en ella se han registrado los eventos sísmicos tsunamigénicos más grandes del planeta (9.5 Mw, Valdivia 1960, 8.8 Mw, Maule 2010). Hemos aplicado técnicas de análisis sedimentológico y geoquímico (XRF) a la secuencia sedimentaria de la laguna de Matanzas (33.765°S , 71.675°W) recuperada en 2013 para identificar eventos sísmicos y depósitos de tsunamis durante el Holoceno y mejorar el conocimiento de la compleja evolución de su cuenca (Villa-Martínez, 2002; Contreras *et al.*, 2014). El registro presenta intervalos masivos y capas de gravas y arenas intercaladas entre depósitos finamente laminados que se han interpretado como depósitos de tsunamis, posiblemente asociados a la dinámica litoral de ambientes de lagoon abierto durante la transgresión marina del Holoceno temprano y medio. Durante el Holoceno tardío los sedimentos son predominantemente bandedos depositados en ambientes lacustres o de lagoon restringido, produciéndose el aislamiento definitivo con el océano hace unos 600-1000 años cal BP. Este trabajo proporciona nuevos datos sobre cambios en la intensidad y frecuencia de terremotos y tsunamis en la costa de Chile central, necesarios para la mejor gestión de los riesgos geológicos.

Abstract

The coast of central Chile, located in the subduction zone between the Nazca and the South American plates, has recorded some of the largest tsunamigenic seismic events on the planet (9.5 Mw, Valdivia 1960, 8.8 Mw, Maule 2010). We have applied sedimentological and geochemical analysis (XRF) techniques to the sedimentary sequence of the Matanzas lake (33.765°S , 71.675°W) recovered in 2013 to identify seismic events and tsunami deposits during the Holocene and to improve the knowledge of the complex evolution of this coastal basin (Villa-Martínez, 2002; Contreras *et al.*, 2014). The record presents massive intervals and layers of gravel and sand interspersed between finely layered deposits that have been interpreted as tsunami deposits, possibly associated with the coastal dynamics of open lagoon environments during the marine transgression of the early and middle Holocene. During the late Holocene, predominantly banded sediments deposited in a restricted lagoon, followed by fine grained, laminated deposits in lake environments after the definitive isolation from the Pacific Ocean about 600-1000 years ago. This work provides new data on changes in the intensity and frequency of earthquakes and tsunamis in the central Chile coast, needed for better management of geological risks.

Referencias

- Contreras-López, M., Vergara Cortés, H. y Figueroa, R. (2014). *Anales Museo Historia Natural de Valparaíso* 27, 51-67.
Villa Martinez, R.P. (2002). *Historia del clima y la vegetación de Chile central durante el Holoceno: una reconstrucción basada en el análisis de polen, sedimentos, microalgas y carbón*. Tesis Doctoral, Univ. de Chile, 68 p.

El registro sedimentario antropoceno en la Ría del Nalón (Asturias): Impacto histórico de la minería de carbón y mercurio

The Anthropocene sedimentary record of the Nalón estuary (Asturias): Historical impact of coal and mercury mining

J. Gardoki¹, A. Cearreta¹, A. García-Artola¹, M.J. Irabien¹, J.E. Gómez-Arozamena² y V. Villasante-Marcos³

1 Dpto. Geología, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco (UPV/EHU), 48080 Bilbao. jon.gardoqui@ehu.eus, alejandro.cearreta@ehu.eus, ane.garcia@ehu.eus, mariajesus.irabien@ehu.eus

2 Dpto. Ciencias Médicas y Quirúrgicas, Universidad de Cantabria (UC), 39011, Santander. jose.gomez@uican.es

3 Observatorio Geofísico Central, Instituto Geográfico Nacional 28014, Madrid. vvillasante@mitma.es

Palabras clave: foraminíferos bentónicos, geoquímica, radioisótopos, estuario.

Resumen

El registro sedimentario reciente de la Ría del Nalón (Asturias) está caracterizado por una importante señal antrópica, derivada de la extracción histórica de carbón y mercurio, particularmente desde 1850 (García-Ordiales *et al.*, 2017; 2018; 2020). Sin embargo, aún se desconoce la respuesta de la microfauna frente el estrés ambiental provocado por la contaminación antrópica en este estuario. Este trabajo se centra en el análisis multidisciplinar (foraminíferos bentónicos, sedimentología, geoquímica y magnetismo ambiental) de dos sondeos de 50 cm de longitud perforados en su zona intermareal media y datos mediante radioisótopos de vida corta. El estudio multidisciplinar de su registro sedimentario y el establecimiento de una cronología precisa han permitido una reconstrucción de la transformación ambiental del estuario durante los últimos 200 años como consecuencia de la actividad minera en su cuenca fluvial.

Abstract

*The recent sedimentary record of the Nalón estuary (Asturias) is characterized by a relevant anthropogenic imprint, derived from the historical extraction of coal and mercury, particularly since 1850 (García-Ordiales *et al.*, 2017; 2018; 2020). Nevertheless, the microfaunal response to environmental stress provoked by the anthropic pollution in this estuary remains unstudied. This work focuses on the multidisciplinary analysis (benthic foraminifera, sedimentology, geochemistry and environmental magnetism) of two 50-cm long intertidal cores drilled in the middle estuary that were dated by short-lived radioisotopes. The multidisciplinary study of its sedimentary record and the establishment of an accurate chronology have allowed a reconstruction of the environmental transformation of the estuary during the last 200 years as a consequence of the mining activity in its watershed.*

Referencias

- García-Ordiales, E., Cienfuegos, P., Roqueñí, N., Covelli, S., Flor-Blanco, G., Fontolan, G. y Loredo, J. (2017). *Environmental Science and Pollution Research* 26, 3115-3128.
- García-Ordiales, E., Covelli, S., Rico, J.M., Roqueñí, N., Fontolan, G., Flor-Blanco, G., Cienfuegos, P. y Loredo, J. (2018). *Chemosphere* 198, 281-289.
- García-Ordiales, E., Flor-Blanco, G., Roqueñí, N., Covelli, S., Cienfuegos, P., Álvarez, R., Fontolan, G. y Loredo, J. (2020). *Marine Geology* 424, 106167.

Cambios ambientales e impacto humano durante el Antropoceno en zonas de montaña: el registro sedimentario del lago Isoba (León, NO España)

Environmental changes and human impact during the Anthropocene in mountain areas: the sedimentary record of Lake Isoba (León, NW Spain)

J. Gardoki¹, M. Morellón¹, C. Morales-Molino², J. Remondo³, M. Leira⁴, C. Sierra-Fernández⁵,
M.L. Canales¹, V. Villasante⁶, F. Martín-Hernández⁷, R. González⁷, D. Baragaño⁸, A.F. Lotter²,
E. Gobet², C. Schwörer², W. Tinner²

1 Dpto. Geodinámica, Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid. C/ José Antonio Nováis, 12. 28040-Madrid, España. jgardoqu@ucm.es; mmorello@ucm.es; mcanales@ucm.es

2 Institute of Plant Sciences & Oeschger Centre for Climate Change Research, University of Bern. Altenbergrain 21, CH-3013, Bern (Switzerland). cesar.morales@ips.unibe.ch; andre.lotter@ips.unibe.ch; erika.gobet@ips.unibe.ch; christoph.schwoerer@ips.unibe.ch; willy.tinner@ips.unibe.ch

3 Universidad de Cantabria. Avda. de los Castros s/n. 39005-Santander (Cantabria), España. juan.remondo@unican.es

4 Dpto. Biología, Universidad de A Coruña. 15008 A Coruña, España. m.leira@udc.es

5 Dpto. de Tecnología Minera, Topografía y de Estructuras, Universidad de León. 24071-León, España. csief@unileon.es

6 Observatorio Geofísico Central, Instituto Geográfico Nacional, Real Observatorio de Madrid, C/ Alfonso XII, 3. 2014-Madrid. vvillasante@mitma.es

7 Dpto. Física de la Tierra y Astrofísica, Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Complutense de Madrid. Plaza de Ciencias, 1. 28040-Madrid. fatima@fis.ucm.es; ricarg01@ucm.es

8 INDUROT, Environmental Technology, Biotechnology, and Geochemistry Group, Universidad de Oviedo, Campus de Mieres, 33600-Mieres (Asturias), España. diegobcoto@uniovi.es

Palabras clave: diatomeas, sedimentos lacustres, Antropoceno, León.

Resumen

Isoba ($43^{\circ} 02' N$, $5^{\circ} 18' O$, 1400 m s.n.m.m.) es un lago de origen glaciokárstico de 5.5 m de profundidad situado en el oeste de la Cordillera Cantábrica. El análisis multidisciplinar de un sondeo de 66.5 cm (sedimentología, geoquímica, susceptibilidad magnética, polen y diatomeas), de la zona más profunda del lago y datado mediante ^{210}Pb y ^{137}Cs , ha permitido reconstruir los principales cambios ambientales registrados en la zona durante los últimos siglos como resultado del impacto antrópico y la variabilidad climática reciente. Los resultados indican un aumento en la tasa de sedimentación y de la concentración de metales pesados (Pb, Zn, Cu) a partir de la segunda mitad del siglo XX, coincidiendo con la llamada “Gran Aceleración”, y son coherentes con las reconstrucciones de las zonas costeras del Cantábrico. El estudio en curso de las asociaciones de la microflora de diatomeas y sus variaciones en abundancia y diversidad, permiten una reconstrucción más precisa de los cambios ambientales locales y regionales registrados en esta zona durante el Antropoceno.

Abstract

Isoba ($43^{\circ} 02' N$, $5^{\circ} 18' W$, 1400 m a.m.s.l.) is a glaciokarstic lake with 5.5 m water depth, located in the western Cantabrian Range. The present study focuses on a 66.5 cm long core recovered from the deepest area of the lake, and dated by ^{210}Pb and ^{137}Cs . The multidisciplinary approach (sedimentology, geochemistry, magnetic susceptibility, pollen and diatoms) allows reconstructing the main environmental changes occurred during the last centuries, as a result of the interplay of anthropic impact and recent climatic variability. Results indicate an increase in sedimentation rate and heavy metal concentration (Pb, Zn, Cu) since the second half of the 20th century, coincident with the so called ‘Great Acceleration’. The aforementioned increasing tendency is coherent with Cantabrian coastal records. Our study on diatom microflora, and its variations in abundance and diversity, aims to reconstruct precisely the main local and regional environmental changes recorded in this particular mountain area during the Anthropocene.

Técnicas no destructivas para la determinación de procesos de meteorización física y química en las Islas Shetland del Sur, Antártida

Non-destructive techniques for the assessment of physical and chemical weathering processes in the South Shetland Islands, Antarctica

M. Gomez-Heras¹, J.A. Ortega-Becerril¹, B. Oliva-Urcia¹, J. López-Mártínez¹, T. Schmid² y R. Fort³

1 Dpto. Geología y Geoquímica, Universidad Autónoma de Madrid. 28049 Madrid, miguel.gomezheras@uam.es

2 Centro de Investigaciones Energéticas Medio Ambientales y Tecnológicas-CIEMAT, 28040 Madrid.

3 Instituto de Geociencias (CSIC-UCM), 28040 Madrid.

Palabras clave: Península Antártica, meteorización, playas levantadas, geomorfología

Resumen

En las Islas Shetland del Sur son comunes los depósitos de playas levantadas principalmente por la evolución glacioisostática. Estos depósitos están formados por acumulaciones de cantos redondeados de tamaño centimétrico a decimétrico. Una vez depositados, estos cantos sufren diferentes procesos de meteorización física (p.ej. crioclastia, haloclastia y biodeterioro) que dan lugar a la formación de microfracturas, normalmente invisibles a simple vista. Al mismo tiempo, los procesos de meteorización química (p.ej. oxidación de minerales ricos en hierro) producen cambios de color superficial de los cantos. El establecimiento de pautas en la evolución de la meteorización en playas levantadas de diferentes edades (pre-Holoceno a Holoceno), sirven para inferir como han actuado y con qué velocidad los diversos procesos de meteorización. Este trabajo muestra los resultados de un conjunto de técnicas no destructivas como espectrofotometría, dureza al rebote (mediante martillo de Schmidt y Equotip) y velocidad de propagación de ultrasonidos y discute su efectividad a la hora de discernir que procesos físicos y químicos de meteorización han tenido lugar en los depósitos estudiados. [Este trabajo ha sido realizado en el marco de los proyectos CTM2014-57119-R y RTI2018-098099-B-I00 del Plan Nacional de I+D+i y S2018/NMT-4372 del Programa de I+D de la Comunidad de Madrid.]

Abstract

Raised beach deposits are a common feature in the South Shetland Islands. These deposits, formed mainly by glacioisostatic evolution, consist of accumulations of rounded centimetre to decimetre size pebbles. Once deposited, these pebbles undergo different physical weathering processes (e.g. cryoclasty, haloclasty and biodeterioration) leading to microcracking, which is usually invisible to the naked eye. At the same time, chemical weathering processes (e.g. oxidation of iron-rich minerals) cause colour changes. The establishment of patterns in the evolution of weathering on raised beaches of different ages (pre-Holocene to Holocene), serve to infer how various weathering processes have acted and how quickly. This work shows results from a series of non-destructive techniques such as spectrophotometry, rebound hardness (using Schmidt and Equotip hammer) and ultrasonic propagation velocity and discusses their effectiveness in discerning what physical and chemical weathering processes have taken place in the studied deposits. [This work was carried out in the frame of projects: CTM2014-57119-R and RTI2018-098099-B-I00 from the Spanish RDI National program and project S2018/NMT-4372 from the RD program of the regional government of Madrid.]

Identificación de impactos antropogénicos en el registro sedimentario estuarino: aplicación en la ría de Suances.

Identification of anthropogenic impacts in the estuarine sedimentary record: Suances estuary as a case study.

M.J. Irabien¹, A. Cearreta¹, H. Serrano¹, J. Gómez-Arozamena²

1 Dpto. de Geología, Universidad del País Vasco UPV/EHU, Apartado 644, 48080 Bilbao, mariajesus.irabien@ehu.eus, alejandro.cearreta@ehu.eus, humberto.serrano@ehu.eus

2 Departamento de Ciencias Médicas y Quirúrgicas, Universidad de Cantabria, Avda Herrera Oria s/n, 39011 Santander, jose.gomez@unican.es

Palabras clave: estuario, metales, radioisótopos, foraminíferos, sondeos sedimentarios

Resumen

El estudio combinado de las concentraciones de metales pesados (Pb, Zn, Cu, Hg), la signatura isotópica del Pb, el contenido en radioisótopos (^{210}Pb , ^{137}Cs , $^{239+240}\text{Pu}$) y la evolución temporal de las asociaciones de foraminíferos en tres sondeos recogidos en la zona media de la ría de Suances (Cantabria) ha permitido identificar la huella de diferentes actividades humanas durante los últimos 140 años en el registro sedimentario: 1) Cambios en el uso del suelo: la desaparición de foraminíferos y de radioisótopos a 9 cm de profundidad en el sondeo realizado junto a la depuradora de aguas residuales de Vuelta Ostrera (EDAR, 49 cm de longitud) aparece como evidencia de la ocupación histórica de la marisma para actividades agrícolas y de su posterior recuperación ambiental; 2) Explotación de recursos: la elevada contaminación por Pb, Zn y Cd presente en los sedimentos del sondeo realizado aguas abajo (Miengo 2, 47 cm de longitud) refleja la herencia medioambiental dejada por las actividades mineras desarrolladas en Reocín. Así mismo, se han identificado las improntas radioisotópicas y geoquímicas derivadas de un episodio catastrófico (la rotura en 1960 del depósito de residuos mineros conocido como “La Luciana”) y de la inundación de la mina tras su cierre en 2003; 3) Actividades industriales: la desaparición de los foraminíferos en el registro sedimentario reciente (post 1933) del sondeo Miengo 2 parece estar relacionada con los vertidos ácidos de la industria local. Igualmente, se observa una excelente relación entre la evolución de las concentraciones de mercurio a lo largo del sondeo Miengo 1 (47 cm de longitud) y los datos históricos disponibles sobre la producción de cloro-álcali.

Abstract

The combined study of heavy metal concentrations (Pb, Zn, Cu, Hg), isotopic signature of Pb, radioisotope contents (^{210}Pb , ^{137}Cs , $^{239+240}\text{Pu}$) and evolution with time of foraminiferal assemblages in three cores collected in the middle zone of the Suances estuary (Cantabria) allowed the identification of the fingerprint left in the sedimentary record by different human activities during the last 140 years: 1) Changes in land use: the disappearance of foraminifera and radioisotopes at 9 cm depth in the core retrieved close to the Vuelta Ostrera wastewater treatment plant (EDAR, 49 cm long) reflects the reclamation of the saltmarsh for agricultural activities and its subsequent environmental recovery; 2) Resource exploitation: the high contamination by Pb, Zn and Cd present in the sediments of the core collected downstream (Miengo 2, 47 cm long) reflects the environmental impact left by mining activities carried out in Reocín. Likewise, radioisotopic and geochemical imprints derived from a catastrophic episode (the breakage in 1960 of the “La Luciana” mining wastes deposit) and the flooding of the mine after its closure in 2003 have been also identified; 3) Industrial activities: the disappearance of foraminifera from the recent sedimentary record (post 1933) of the Miengo 2 core seems to be related to the acid spills from the local industry. Furthermore, an excellent relationship is observed between the evolution of mercury concentrations along the Miengo 1 core (47 cm long) and the historical data available on the chlor-alkali production.

Evolución del relieve en la Cordillera Cantábrica Central (Asturias): ¿movimientos en masa paraglaciales en Vía Carisa?

Landscape evolution in Central Cantabrian Mountains (Asturias): paraglacial landslides in Vía Carisa?

M. Jiménez-Sánchez¹; L. Rodríguez – Rodríguez², M. J. Domínguez-Cuesta¹; G. Fernández-Viejo¹,
J. Olona¹, P. Farias¹, B. Naves¹, D. Ballesteros, P. Valenzuela, S. González-Lemos¹

1 Departamento de Geología, Universidad de Oviedo, C/Jesús Arias de Velasco, s/n, 33005 Oviedo. mjimenez@uniovi.es, dominguezmaria@uniovi.es, gaby@geol.uniovi.es, olona@geol.uniovi.es, pvalenzuela@geol.uniovi.es, saul@geol.uniovi.es

2 CITIMAC, Universidad de Cantabria, Avd. los Castros 48, 39005 Santander. laura.rodriguezr@unican.es

3 UMR 6266 IDEES, Université de Rouen-Normandie/CNRS. Mont Saint-Aignan CEDEX, Francia. balledan@univ-rouen.fr

Palabras clave: Geoarqueología, Vía Carisa, Asturias, movimientos en masa, datación

Resumen

Este trabajo presenta parte de los resultados de la investigación geoarqueológica realizada en el campamento romano de Vía Carisa (Camino *et al.* 2001), en la montaña central asturiana ($43^{\circ}5'29''N$, $5^{\circ}42'8''E$). El objetivo era establecer la evolución del paisaje y su interacción con la actividad humana. La metodología de trabajo combinó cartografía geomorfológica, investigación geofísica, realización de sondeos manuales en depósitos lagunares y datación por radiocarbono AMS. El relieve resulta de la interacción de procesos fluviales, de gravedad y antrópicos, destacando la presencia de antiguos movimientos en masa cubiertos por pequeñas lagunas estacionalmente desecadas. La datación radiométrica de la base de dos sondeos (calibrada según Stuiver *et al.* 2020) proporcionó edades mínimas de 31.960 ± 240 años BP (36.138-35.607 años cal BP) y 25.310 ± 130 años BP (29.549-29.179 años cal BP) para los movimientos en masa. Estos datos son consistentes con la edad de depósitos proglaciares de otras áreas de la Cordillera Cantábrica (Rodríguez-Rodríguez *et al.* 2015) y permiten sugerir la posibilidad de condiciones paraglaciares (anteriores a 36 ka BP) para el desarrollo de los depósitos gravitacionales.

Abstract

*This paper presents part of the results of the geoarchaeological research carried out in the Roman camp of Via Carisa (Camino *et al.* 2001), in the central Asturian mountains ($43^{\circ}5'29''N$, $5^{\circ}42'8''E$). The research aimed to establish the evolution of the landscape and its interaction with human activity. The work methodology combined geomorphological mapping, geophysical research, hand-drill coring in pond deposits and AMS radiocarbon dating. The landscape of the area results from the interaction of fluvial, gravity and anthropic processes, with the outstanding appearance of ancient mass movements and colluvium covered by small seasonally dried ponds. Radiometric dating (calibrated according Stuiver *et al.* 2020) of the bottom of two cores provided minimum ages of 31.960 ± 240 yr BP (36,138-35,607 yr cal BP) and $25,310 \pm 130$ BP (29,549-29,179 yr cal BP) for the landslides. These data are consistent with the chronology of proglacial deposits from other areas of the Cantabrian Mountains (Rodríguez-Rodríguez *et al.* 2015) and suggest the possibility of paraglacial conditions (prior to 36 ka BP) for the development of the gravitational deposits.*

Referencias

- Camino Mayor, J., Estrada García, R., Viniegra Pacheco, Y. (2002): El campamento romano de la Vía Carisa en Asturias Transmontana. *Espacio, Tiempo y Forma, Serie I*, 14, 261-276
- Rodríguez-Rodríguez, L., Jiménez-Sánchez, M., Domínguez-Cuesta, M.J., Aranburu, A., 2015. Research history on glacial geomorphology and geochronology of the Cantabrian Mountains, north Iberia ($43\text{--}42^{\circ}\text{N}$ / $7\text{--}2^{\circ}\text{W}$). *Quaternary International*, 364, 6-21.
- Stuiver, M., Reimer, P.J., and Reimer, R.W., 2020, CALIB 7.1 [WWW program] at <http://calib.org>, accessed 2020-2-25

Retorno a Cova Rosa. Nuevas investigaciones geoarqueológicas en el yacimiento del Pleistoceno superior de Cova Rosa (Sardéu, Ribadesella, Asturias, España).

Cova Rosa revisited. New geoarchaeological researchs at the Upper Pleistocene site of Cova Rosa (Sardéu, Ribadesella, Asturias, Spain).

J.F. Jordá Pardo^{1,4}, D. Álvarez-Alonso², E. Álvarez-Fernández^{3,4}, M. de Andrés-Herrero⁵, P. Arias⁶,

J. Bécares^{3,4}, P. Carral⁷, M. Cubas⁸, K. Douka⁹, C. Duarte¹⁰, N. García-Ibaibarriaga¹¹,

M.J. Iriarte-Chiapuso¹¹, C. López-Tascón⁸, A. Maestro¹², S. Martín-Jarque^{3,4}, J. Molina¹, X. Murelaga¹³,

A. Palencia¹⁴, R. Portero^{3,4}, J. del Río¹⁵, M. Rivero¹⁴, A. Suárez-Bilbao¹¹ y L. Teira⁶

1 LEP. Dpto. Prehistoria y Arqueología, UNED. Madrid, Spain. jjorda@geo.uned.es / 2 Dpto. Prehistoria y Arqueología, Universidad Complutense de Madrid. Madrid, Spain. / 3 Dpto. Prehistoria, Historia Antigua y Arqueología, Universidad de Salamanca. Salamanca, Spain. / 4 GIR-PREUSAL, Universidad de Salamanca. Salamanca, Spain. / 5 Dpto. Historia y Arqueología, Universidad de Alcalá. Alcalá de Henares (Madrid), Spain. / 6 IIIPC, Universidad de Cantabria. Santander, Spain. / 7 Dpto. Geología y Geoquímica, Universidad Autónoma de Madrid. Madrid, Spain. / 8 Dpto. Historia, Universidad de Oviedo. Oviedo, Spain. / 9 ORAU, University of Oxford. Oxford, United Kingdom. / 10 ICArEHB, Universidad do Algarve. Faro, Portugal. / 11 Dpto. Geografía, Prehistoria y Arqueología, UPV-EHU. Vitoria-Gasteiz, Spain. / 12 Dpto. Investigación y Recursos Geológicos, IGME. Madrid, Spain. / 13 Dpto. Estratigrafía y Paleontología. UPV-EHU. Bilbao, Spain. / 14 Dpto. Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica I, Universidad Complutense de Madrid. Madrid, Spain. 15 Instituto de Geociencias IGEO, CSIC-UCM. Madrid, Spain.

Palabras clave: Karst, Estratigrafía, Sedimentología, Pleistoceno superior, Paleolítico superior.

Resumen

La cavidad kárstica de Cova Rosa (Sardéu, Ribadesella, Asturias), abierta en las calizas de La Escalada (Moscoviense, Carbonífero), contiene una importante secuencia arqueosedimentaria excavada durante la segunda mitad del siglo XX por Jordá Cerdá y Gómez Fuentes (1982) con niveles del Solutrense, Magdaleniense y Mesolítico, estudiada sedimentológicamente por Hoyos Gómez (1979). En los últimos años los miembros de un amplio equipo de investigación estamos trabajando de nuevo sobre este yacimiento y sus materiales (Álvarez-Fernández y Jordá Pardo, 2018) y en este trabajo presentamos la secuencia estratigráfica que ha sido estudiada de nuevo con metodología geoarqueológica.

Abstract

The karstic cavity of Cova Rosa, open in the La Escalada limestones (Moscovien, Carboniferous) contains an important archaeosedimentary sequence excavated during the second half of the 20th century by Jordá Cerdá and Gómez Fuentes (1982) with levels of Solutrense, Magdalenian and Mesolithic, studied sedimentologically by Hoyos Gómez (1979). In the last years members of a large research team are working again on this site and its materials (Álvarez-Fernández and Jordá Pardo, 2018) and in this contribution we present the stratigraphic sequence that has been studied again with geoarchaeological methodology.

Referencias

Álvarez-Fernández, E. y Jordá Pardo, J.F. (Eds.) (2018). *El poblamiento prehistórico en el valle del Sella. Cincuenta años del descubrimiento de la cueva de Titot Bustillo y 60 de las primeras intervenciones del profesor Francisco Jordá en las cuevas de El Cierro y Cova Rosa (Ribadesella, Asturias)*. Asociación Cultural Amigos de Ribadesella, Universidad de Salamanca y UNED, Ribadesella, 208 p.

Hoyos Gómez, M. (1979). *El karst de Asturias en el Pleistoceno superior y Holoceno. Estudio morfológico, sedimentológico y paleoclimático*. Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid, 446 p.

Jordá Cerdá, F. y Gómez Fuentes, A. (1982). *Cova Rosa-A*. Universidad de Salamanca, Salamanca, 108 p.

Estimación de la edad de las terrazas fluviales del río Yeltes (Salamanca) mediante cronofunciones.

Assessment of the age of the Yeltes River fluvial terraces (Salamanca) through chronofunctions.

I. Martín-Martín¹, P.G. Silva¹ y A.M. Martínez-Graña¹

¹ Dpto. Geología, Facultad de Ciencias, Universidad de Salamanca (USAL), Plaza de los Caídos s/n., 37008, Salamanca, España.
ivan_martin96@usal.es; pgsilva@usal.es; amgranna@usal.es

Palabras clave: Terrazas fluviales, Cronología, Río Yeltes, Macizo Ibérico, Cuenca del Duero (España)

Resumen

Este trabajo analiza la evolución geomorfológica cuaternaria del río Yeltes-Huebra, junto con el Águeda y el Tormes, afluentes más importantes del Duero en la zona fronteriza con Portugal, aguas abajo del importante escalón topográfico e hidrográfico que supone el Cañón de Los Arribes (c.450 m). Se ha realizado la cartografía de detalle de la zona donde el Yeltes se encaja en la superficie de la Raña de la cuenca de Ciudad Rodrigo, a una altitud relativa de +102-105 m en la zona (Martín-Martín, 2019) pero alrededor de +450-500 m con relación al Duero donde se prolonga sobre la Superficie de erosión fundamental del Macizo Ibérico (Cunha *et al.*, 2019). Se han identificado 9 terrazas entre +77-80 m (T1) +3-4 m (T9) encajadas en la Raña entre las localidades de El Maillo (Sierra de Francia) y Pedraza de Yeltes (Superficie de Erosión). El análisis cronológico se ha realizado mediante la aplicación de las cronofunciones desarrolladas por Silva *et al.*, (2017) para los valles fluviales de la vertiente atlántica de la zona central de la Península Ibérica. El análisis realizado indica que la red fluvial se desarrolló a partir de 1,1 - 1,2 Ma y que el exorreísmo (captura atlántica) comenzó hace unos 1,6-1,8 Ma, correlativa a los últimos estadios de desarrollo de La Raña y con la edad de la captura atlántica (c. 1,8 Ma) de la cuenca del Duero propuesta recientemente con datos de la zona portuguesa por Cunha *et al.* (2019). Los datos cronológicos obtenidos indican que el desarrollo de terrazas coincide en la mayoría de los casos con estadios isotópicos (OIS) cálidos o más bien el tránsito de estadios fríos a cálidos, especialmente a partir del OIS 9 (c. 300 ka) cuando la conectividad del drenaje Atlántico-Duero puede decirse que ya fue completamente efectiva. Estos nuevos datos requieren de futuras dataciones para comprobar si las terrazas más altas del Yeltes (> 50 m) podrían ser más antiguas y correlativas a los rañizos de la Cuenca del Tajo (Silva *et al.*, 2017), considerando sus alturas relativas respecto a Los Arribes.

Abstract

*This paper analyses the Quaternary geomorphological evolution of the Yeltes-Huebra River (together with the Águeda and the Tormes ones) are the main tributaries of the Duero downstream of the important topographic and hydrographic step constituted by Los Arribes Canyon (c.450 m) around the Portuguese border. A detailed geomorphologic cartography of the Yeltes valley has been performed in the area in which this river dissects the Early Pleistocene Raña surface throughout the Ciudad Rodrigo Neogene Basin at a relative altitude of +102-105 m (Martín-Martín, 2019). This altitude coincides with the fundamental erosion surface of the Iberian Massif, at +450-500 m downstream Los Arribes topographic step in the Portuguese Douro (Cunha *et al.*, 2019). The chronological analysis applies the chronofunctions developed for Central Spain by Silva *et al.*, (2017). This analysis indicates that the drainage network in the zone developed from 1.1 - 1.2 My and that exorheism began some 1.6-1.8 My ago, coinciding with the age of the Atlantic capture (c. 1.8 My) of the Duero basin recently proposed by Cunha *et al.* (2019) with data from the Portuguese area. The obtained chronological data indicate that terrace formation coincides in most cases with warm isotopic stages (OIS) or rather the transit from cold to warm stages, especially from OIS 9 (c. 300 ky) when the connectivity of the Atlantic-Duero drainage can be said to be effective.*

Referencias

- Cunha, P., Martins, A., Gomes, A., Stokes, M., Cabrale, J., Lopes, F., Pereira, D., De Vicente, G., Buylaert J. P., Murray, A. S. and Antón, L. (2019). *Global and Planetary Change* 181, <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2019.102985>
- Martín-Martín, I. (2019). *Evolución geomorfológica del río Yeltes (Salamanca) durante el Cuaternario*. Trabajo Fin de Máster (Inédito). Universidad de Salamanca. 45 p.
- Silva, P. G., Roquero, E., López-Recio, M., Huerta, P. y Martínez-Graña, A. M. (2017). *Quaternary Science Reviews* 166, 188-203. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quascirev.2016.05.027>

Influencia de la falla de Galera en el relieve del sector oriental del Geoparque de Granada (Cordillera Bética central)

Influence of the slow Galera Fault in the landscape of the Eastern Granada Geopark (central Betic Cordillera)

I. Medina-Cascales¹, FJ. García-Tortosa², I. Martín-Rojas¹, P. Alfaro¹

1 Dpto. de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, Universidad de Alicante, 03690, San Vicente del Raspeig, Alicante, Spain.

2 Dpto. de Geología, Universidad de Jaén, Campus Las Lagunillas, 23071 Jaén, Spain. gtortosa@ujaen.es

Palabras clave: Cuaternario, falla activa, geomorfología tectónica, índices geomorfológicos.

Resumen

El paisaje de badlands entre Castilléjar y Galera es uno de los paisajes más atractivos del sector oriental del Geoparque de Granada y está estrechamente ligado a la actividad reciente de la falla de Galera. Esta falla de salto en dirección sinistrorsa, de unos 30 km de longitud, deforma rocas sedimentarias del Plio-Pleistoceno y también afecta en algunos lugares terrazas fluviales del Holoceno. Esta falla activa tiene una baja tasa de desplazamiento horizontal, de aproximadamente 0,5 mm/año y una componente de salto vertical aún menor, que varía entre 0,02 y 0,05 mm/año. El análisis cuantitativo de la topografía y de la red de drenaje, y el cálculo de varios índices geomorfológicos (PRR: *profile relief ratio*, AF: factor de asimetría, SL: índice del gradiente del perfil longitudinal de un río, y Vf: relación entre anchura y altura del valle) muestran como a pesar de la baja tasa de desplazamiento de la falla, su movimiento queda reflejado en el relieve, gracias también al tipo de roca y al clima semiárido. El desplazamiento horizontal de la falla ha producido desvíos laterales de algunos cauces, ha desarrollado canales subparalelos a la traza de la falla y ha formado una pequeña cuenca *pull-apart*. Por otra parte, el desplazamiento vertical de la falla ha elevado el bloque meridional, especialmente en su sector central. Este levantamiento tectónico ha generado una asimetría muy marcada en las cuencas de drenaje entre ambos bloques de falla. En el bloque meridional, más elevado, los cauces son generalmente más cortos y menos maduros, con un perfil longitudinal de mayor pendiente, que producen una mayor incisión fluvial y tienen cuencas de drenaje más pequeñas. En este bloque es donde se ha generado el relieve de *badlands* durante aproximadamente los últimos 500 ka. Por el contrario, en el bloque meridional, los cauces son más largos y maduros, con perfiles longitudinales más suaves, una incisión fluvial menor y con cuencas de drenaje más extensas.

Abstract

The badlands between Castilléjar and Galera is one of the most significant features of the Granada Geopark landscape. These badlands are related to the Galera Fault. This 30 km-long active structure presents a strike-slip kinematics with a minor reverse component. Fault slip rates of the Galera Fault are low, ~0.5 mm/yr of strike-slip rate and 0.02-0.05 mm/yr of vertical slip rate. We carried out a quantitative Analysis of the topography and drainage network by means of the application of different geomorphic indexes (PRF, AF, SL and Vf) to check the tectonic activity. Our studies show that, despite the low fault-slip rate, fault-related displacement controls the evolution of the landscape, because of the high erodibility of outcropping rocks and semi-arid conditions. The strike-slip component of the Galera Fault is responsible for stream deflections, fault-strike-subparallel channels, and the development of a pull-apart basin. Uplift related to the Galera Fault generated an asymmetric landscape between fault blocks. In the south uplifted block streams are generally shorter, less mature, with steeper longitudinal profiles, higher valley incision, and smaller catchments. Badlands landscape develops in this south block during the last 500 kyr. In the downthrown north block, streams are generally longer, more mature, with gentler longitudinal profiles, less valley incision, and larger catchments.

El impacto de la minería en la sedimentación y la ecología de lagos de alta montaña: el registro sedimentario de La Cueva (Asturias, NO de España)

The impact of mining in the sedimentation and ecology of high mountain lakes: The sedimentary record of La Cueva (Asturias, NW Spain)

M. Morellón¹, J. Vegas², C. Morales-Molino³, A. Vicente de Vera⁴, M. Leunda³, S. Plà-Rabes⁵, J. Sánchez-España², F. Martín-Hernández⁶, J.A. Rodríguez-García², M.P. Mata²

1 Dpto. Geodinámica, Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid. C/ José Antonio Nováis, 12. 28040-Madrid, España. mmorello@ucm.es

2 Instituto Geológico y Minero de España, IGME. Calle Ríos Rosas 23. 28003 Madrid, España. j.vegas@igme.es; j.sanchez@igme.es; ja.rodriguez@igme.es; p.mata@igme.es

3 Institute of Plant Sciences & Oeschger Centre for Climate Change Research, University of Bern. Altenbergrain 21, CH-3013, Bern (Switzerland). cesar.morales@ips.unibe.ch; maria.leunda@ips.unibe.ch

4 Instituto Pirenaico de Ecología (IPE) – CSIC, Avda. Montañana 1005, 50015 Zaragoza (Zaragoza) a.vicentevera@csic.es

5 CREAF. Campus de Bellaterra (UAB), Edifici C. 08193 Cerdanyola del Vallès, Barcelona (Spain). s.pla@creaf.uab.cat

6 Dpto. Física de la Tierra y Astrofísica, Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Complutense de Madrid. Plaza de Ciencias, 1. 28040-Madrid. fatima@fis.ucm.es

Palabras clave: lagos de montaña, sedimentos lacustres, análisis multiproxy, último milenio, minería

Resumen

La Cueva (43° 03' N, 6° 06' O, 1550 m s.n.m.) es un lago de origen glacial de 21 m de profundidad situado en el Parque Natural de Somiedo (oeste de la Cordillera Cantábrica, Asturias). El entorno del lago ha estado sometido al impacto de la minería de hierro desde el siglo XIX hasta finales del XX. Recientemente se llevó a cabo una restauración medioambiental que implicó el emplazamiento de escombreras en la cuenca de drenaje. El análisis multidisciplinar (sedimentología, geoquímica, susceptibilidad magnética, imanación remanente, polen, carbones, esporas de hongos coprófilos y diatomeas) de un sondeo de 66 cm recuperado en la zona más profunda del lago y datado mediante ^{210}Pb y ^{14}C permite reconstruir la evolución del lago durante el último milenio, desde su estado “pre-impacto minero” hasta la actualidad. El registro sedimentario de La Cueva muestra cómo el cambio climático reciente y las diversas actividades humanas (agricultura, ganadería, minería, explotación hidroeléctrica) han provocado cambios en la dinámica sedimentaria y biológica del lago y la vegetación de su cuenca. Este estudio muestra la compleja interacción e importancia relativa entre variabilidad climática y actividades humanas en la evolución reciente de los lagos de montaña y la conveniencia de las investigaciones paleolimnológicas para la evaluación de las medidas de restauración medioambiental en zonas protegidas.

Abstract

La Cueva (43°03'N, 6°06'O, 1550 m asl) is a 21-m deep lake of glacial origin located in the Somiedo Natural Park (western Cantabrian Range, Asturias). The lake catchment has been subjected to the impact of iron mining since the early 19th century until late 20th century. The recently accomplished environmental restoration of the area involved the re-deposition of large tailings in the lake catchment. The multi-proxy analysis (sedimentology, geochemistry, magnetic susceptibility, magnetic remanence, diatoms, pollen, charcoal and dung fungal spores) of a 66-cm long sediment core, recovered from the deepest area of the lake and dated using ^{210}Pb and ^{14}C , allows reconstructing the dynamics of this lake during the last millennium from its ‘pre-mining impact’ conditions to the present. The sedimentary sequence of La Cueva has recorded how recent climate change and diverse human activities (farming, cattle raising, mining, hydropower) have driven changes in the sedimentary and biological dynamics of the lake and the surrounding vegetation. This study illustrates the complex interaction and relative importance of climate variability and human impact in the recent evolution of mountain lakes and the importance of paleolimnological research on the evaluation of restoration measurements in natural protected areas.

Cambios paleoambientales en el Cuaternario de la plataforma marina de las Guayanas detectados por medio del foraminífero Ammonia tepida

Palaeoenvironmental changes in the Quaternary of the Guianas continental shelf, using Ammonia tepida foraminifera

A. Pascual¹, M. Pujos² y B. Martínez-García³

1 Dpto. de Geología. Fac. Ciencia y Tecnología. Universidad del País Vasco UPV/EHU Apdo. 644, 48080 Bilbao. ana.pascual@ehu.eus
2 5 Allée du Prat, Cestas, F-33610 France. pujosm@wanadoo.fr

3 Sociedad de Ciencias Aranzadi, Centro Geo-Q, Mendibile kalea, 48940 Leioa, Bizkaia blancamaria.martinez@ehu.eus

Resumen: Se han estudiado los ejemplares de la especie de foraminífero *Ammonia tepida*, indicativa de la presencia de aguas de origen amazónico, en 4 testigos sedimentarios extraídos en la plataforma marina de las Guayanas. El análisis de su distribución, junto con dataciones absolutas ¹⁴C, ha permitido identificar cuatro unidades que caracterizan cambios oceanográficos registrados a lo largo del Cuaternario. La unidad 4 (42.350-37.377 años cal BP) representa un ambiente litoral con fuerte dinámica y libre de la influencia amazónica en la actual isobata de 47 m. La Unidad 3 (26.071-13.302 años cal BP) pone de manifiesto la existencia de una antigua línea de costa, sin influencia amazónica donde hoy se sitúa la actual plataforma externa. La Unidad 2 (9720-1086 años cal BP) indica ambientes someros, reductores y evaporíticos, sobre todo en los testigos obtenidos a menor profundidad. La unidad 1 señala la sedimentación más reciente (1086 años cal BP-Actualidad), dominando a profundidades menores de 20 m *A. tepida*, donde aparecen los bancos de lodo originados por la carga en suspensión de origen amazónico.

Palabras clave: *Ammonia tepida*, foraminíferos bentónicos, paleoceanografía, plataforma de las Guayanas, Cuaternario.

Abstract: The specimens of the *Ammonia tepida* foraminifera, found in 4 cores extracted from the Guianas continental shelf, have been studied. This species indicates the presence of waters of Amazonian origin in this shelf. The analysis of its distribution, together with Carbon-14 dating, has allowed us to identify four units that characterize oceanographic changes recorded throughout the Quaternary. Unit 4, dated between 42,350 and 37,377 years cal BP, represents a coastal environment with strong dynamics and free of the Amazonian influence in the current 47 m isobath. Unit 3 (26,071-13,302 years cal BP) shows the existence of an old coastline, without Amazonian influence, where the outer shelf is currently located. Unit 2 (9720-1086 years cal BP) indicates shallow, low oxygen and evaporitic environments, especially in cores obtained at small depths. Unit 1 indicates the most recent sedimentation (1086 years cal BP- Present). *Ammonia tepida* is very abundant in areas less than 20 m deep, where mud banks originate from the suspended load of Amazonian origin.

Keywords: *Ammonia tepida*, benthic foraminifera, paleoceanography, Guianas continental shelf, Quaternary

INTRODUCCION

Las Guayanas (Guyana, Surinam y Guayana francesa) forman parte de la fachada Noreste de América del Sur (2°-8°N y 51°-61°W). El antepaís está constituido por el zócalo guyanés precámbrico, cristalino y metamórfico, que se encuentra peneplanizado y cubierto por un espeso manto forestal gracias a su clima ecuatorial con estaciones seca y lluviosa alternantes.

La plataforma continental de las Guayanas está constituida por una banda continua de más de 1100 km de longitud y de 100 a 150 km de ancho. Está limitada por una ruptura de pendiente alrededor de las isobatas de 80 a 100 m, a menudo señalada por formaciones arrecifales erosionadas, por debajo de las cuales se desarrolla un vasto talud cortado por cañones submarinos (Pujos y Odin, 1986). La morfología de esta plataforma está caracterizada por largas bandas paralelas a la costa, de pendiente débil a moderada,

lo que facilita la sedimentación de material terrígeno. A lo largo de la costa aparecen bancos limosos e interbancos hasta las isobatas 20 a 25 m. La sedimentación que cubre la plataforma está compuesta por dos facies alternantes: terrígena y biogénica-autigénica, que es el resultado del sedimento aportado por el río Amazonas, y por las variaciones glacioeustáticas plio-pleistocenas. En épocas de bajo nivel marino se registran facies relictas autóctonas de arenas, minerales autigénicos, ferruginosos, oolitos y complejos bioarrecifales (Pujos y Odin, 1986). En períodos de alto nivel del mar se depositan en las costas abundantes cantidades de lodos, en forma de bancos, procedentes principalmente del Amazonas.

La hidrodinámica de la plataforma continental está directamente influenciada por la corriente de las Guayanas, rama norte de la corriente ecuatorial originaria de Guinea. Esta arrastra hacia el NW los aluviones del Amazonas que se depositan a lo largo del litoral hasta el delta del Orinoco

(Pujos y Odin, 1986). Toda la plataforma marina guyanesa está afectada por estos aportes del río Amazonas, el sistema fluvial más grande del mundo con una cuenca de drenaje de $6,1 \times 10^6$ km², y con una media anual de sedimentos descargados y transportados en suspensión de 754×10^6 T/año entre 1995 y 2007 (Anthony *et al.*, 2010).

Alrededor del 90% de la carga total de sedimentos del Amazonas son limo y arcilla. Del 15 al 20% de esta descarga se manifiesta por grandes plumas de turbidez en las proximidades de la desembocadura del Amazonas formando bancos de barro. Estos migran hacia el noroeste bajo la acción de la corriente de Guayana, el oleaje y las corrientes litorales. Los bancos aparecen espaciados a intervalos de 15 a 25 km y generalmente se encuentran hasta 20-30 m de profundidad (Anthony *et al.*, 2010). La migración de los bancos de lodo es responsable de cambios morfológicos en el litoral de las Guayanás: acreción y erosión de la línea de costa y de las marismas, cambios ecológicos en los manglares y desviación de las bocas de los estuarios hacia el NW (Anthony *et al.*, 2019).

En este trabajo se presenta la información aportada por los foraminíferos bentónicos, especialmente por la especie *Ammonia tepida* (Cushman), en 4 testigos sedimentarios extraídos en la plataforma de las Guayanás. La sucesión a lo largo de los testigos de esta especie eurihalina que señala el paso de las aguas amazónicas a lo largo de esta plataforma (Pascual *et al.*, 2009), permite poner de manifiesto los paleoambientes que se han sucedido en esta zona a lo largo del Cuaternario. De esta manera se complementan los estudios previos referentes a la distribución de las asociaciones actuales (Margerel, 1977; Debenay *et al.*, 2004; Pascual *et al.*, 2009) y finiquaternarias (Pujos y Pascual, 1992; Pascual y Pujos, 1996, 1997) de foraminíferos bentónicos en la plataforma de las Guayanás.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se estudian los ejemplares de *A. tepida* en 4 testigos sedimentarios extraídos de la plataforma de las Guayanás en la campaña oceanográfica Guyante II, realizada a bordo del buque oceanográfico Le Suroît, por el Institut de Géologie du Bassin d'Aquitaine (IGBA) en 1990 (Fig. 1). Los testigos fueron obtenidos mediante un perforador "Kullenberg core" y sus facies principales, reconocidas mediante sísmica de 3,5 KHz, corresponden a depósitos del Cuaternario (Pujos y Pascual, 2015). Estos testigos han estado almacenados en el Departement de Géologie et Océanographie de la Universidad de Bordeaux I (Francia), en condiciones controladas de temperatura y humedad óptimas. La información sobre los cortejos arcillosos en los sedimentos de estos testigos se encuentra en Pujos y Pascual (2015). Los datos sobre el análisis micropaleontológico del testigo KS19 aparecen sintetizados en Pujos y Pascual (1992) y los de los testigos KS15 y KS105 en Pascual y Pujos (1996). Las dataciones absolutas ¹⁴C radiométrica estándar y AMS (Accelerator Mass Spectrometry) empleando conchas de moluscos y caparazones de foraminíferos se midieron en Beta Analytic Inc., Florida (USA) y las de turba en el centro de Faibles Radioactivités, Gif-sur-Yvette (Francia). La

taxonomía de las especies de foraminíferos bentónicos se ha actualizado siguiendo la normativa de WoRMS (<http://www.marinespecies.org/foraminifera> 2020-02-20).

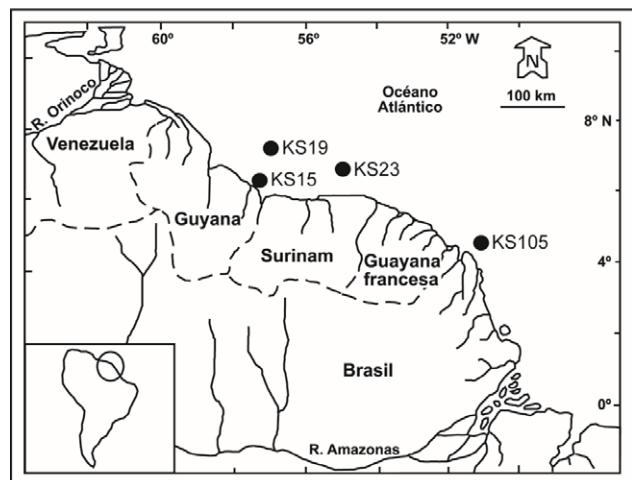


FIGURA 1. Localización geográfica de los testigos estudiados (Modificada de Pascual *et al.*, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Un total de 3102 ejemplares de la especie de foraminífero bentónico *A. tepida* han sido encontrados en los testigos analizados. Esta especie, junto con las asociaciones de foraminíferos bentónicos, diferencia 4 unidades a lo largo de los testigos.

Unidad 4 (42.350-37.377 años cal BP). Está presente en el limo gris de la base del testigo KS23 (coordenadas 6°49.220N-55°00.320W, 47 m de profundidad) (Figs. 1 y 2), donde no aparece *A. tepida*. La especie mayoritaria es *Quinqueloculina lamarciana* d'Orbigny, siendo secundarias *Hanwazaia concentrica* (Cushman), *Uvigerina peregrina* Cushman y *Sigmoilopsis schlumbergeri* (Silvestri), todas ellas con ejemplares rotos y retrabajados. Esta asociación señala un medio de plataforma interna (Pascual *et al.*, 2009). Estos limos, pertenecientes al Marine Isotope Stage MIS3, con una microfauna de caparazones fragmentados, rodados y desgastados y con numerosas colonias de briozoos (*Lunulites*), señalan la existencia de un ambiente litoral en un contexto de activa dinámica costera. Además, puesto que no aparece *A. tepida*, esta zona se encontraría libre de la influencia del Amazonas.

Unidad 3 (26.071-13.302 años cal BP). Se registra en el testigo KS19 (7°11.530N-56°01.060W, 87 m de profundidad). Entre 135 y 98 cm el sedimento está formado por limo gris sobre un lecho centímetrico de arenas gruesas. *Ammonia tepida* aparece como especie secundaria (<6%) (Fig. 2). Son escasos los foraminíferos planctónicos y aparecen moluscos bivalvos, espículas de esponjas y briozoos. La datación absoluta (121-123 cm) arroja una edad de 26.071 años cal BP. Las especies más abundantes son *Rosalina globularis* d'Orbigny y *Q. lamarciana* acompañadas de *A. tepida* y *Miliolinella subrotunda* (Montagu). Estos datos indican la proximidad de una costa no sujeta a la influencia del Amazonas.

Efectivamente, entre 30.000 y 20.000 años BP, se desarrolló una importante barrera arrecifal rodeando las costas de América del Sur, hoy en día sumergida entre -80 y -100 m (Pujos y Odin, 1986). Estos limos se depositarían en la parte posterior del arrecife formando parte de un prisma sedimentario de bajo nivel marino durante el MIS 2. A continuación, y hasta los 42 cm, un limo beige con niveles arenosos contiene restos de conchas datadas en 13.302 años cal BP (43-46 cm). Domina *A. tepida* (hasta el 70% del total) acompañada por *R. globularis*, especie de ambiente costero con vegetación (Pascual *et al.*, 2009). Las especies secundarias como *Angulogerina angulosa* (Williamson), *Bulimina marginata* d'Orbigny, *Trifarina bradyi* Cushman y *U. peregrina* junto con la aparición de foraminíferos planctónicos indican ambientes oceánicos más abiertos, ya instaurados en el Pleistoceno final. Esto coincide con la fusión de los hielos registrada a partir de los 15.000 años y el comienzo del aumento del nivel del mar.

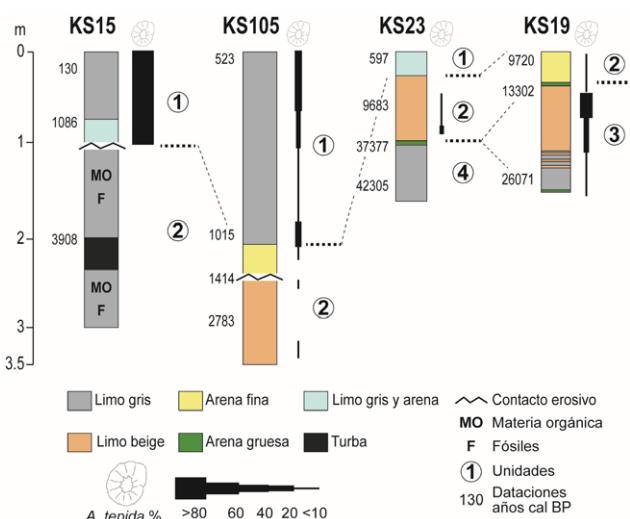


FIGURA 2. Unidades diferenciadas de acuerdo a los porcentajes de *Ammonia tepida* en los testigos obtenidos en la plataforma de las Guayanás. Se presentan además el tipo de sedimento y las dataciones absolutas.

Unidad 2 (9720-1086 años cal BP). Aparece en los 4 testigos analizados (Fig. 2). Las edades más antiguas corresponden a la plataforma media y las más modernas a la plataforma interna litoral. Así, en el testigo de la plataforma externa (KS19) desde los 42 cm hasta techo (Fig. 2), *A. tepida* es minoritaria. La asociación dominante la forman *A. angulosa*, *Cibicidoides lobatulus* (Walker y Jacob), *Liebusella soldanii* (Jones y Parker) y *U. peregrina*, siendo abundantes los foraminíferos planctónicos (<40%). Estos datos confirman un ambiente de plataforma externa al comienzo del Holoceno (9720 años cal BP).

En el testigo KS23 de la plataforma media, el limo beige (Fig. 2) (9683 años cal BP) representa esta unidad. Las especies más abundantes son *H. concentrica*, *Q. lamarkiana* y *S. schlumbergeri*. La presencia de *A. tepida*, con muchos caparazones cubiertos por una pátina de óxidos de hierro, en especial al comienzo de este episodio (Fig.

2) señala un ambiente marino costero con alteraciones *in situ* importantes.

El testigo KS15 (6°39.630N-57°30.620W, 16 m de profundidad) (Fig. 1) presenta de la base a 110 cm un limo gris dividido por un depósito de turba (Fig. 2). No aparecen foraminíferos pero sí abundantes mineralizaciones, en especial siderita en pequeñas bolas epigenéticas con núcleos formados por foraminíferos. También aparecen cristalizaciones sobre fragmentos de raíces, indicando abundante materia orgánica. Esto sugiere un paleoambiente de sabanas pantanosas, manglares y marismas costeras, separadas del océano por un chenier, cordón arenoso extensamente desarrollado en el litoral (Anthony *et al.*, 2019). La presencia de óxidos de hierro y siderita indica un medio reductor. Este ambiente carente de oxígeno provocaría la muerte del manglar y el consiguiente depósito de turba datado en 3908 años cal BP. Los limos grises posteriores (Fig. 2) presentan laminaciones carbonosas negras y abundantes cristales de yeso, indicando un medio confinado con una fase evaporítica. Tras una superficie de erosión se deposita limo gris y arena (Fig. 2) que contiene numerosos fragmentos de moluscos y escasos foraminíferos bentónicos (riqueza nF<39; nº de especies S<4), siendo *A. tepida* la especie dominante (>83%). Esto señala un ligero aumento del nivel del mar y de las condiciones hidrodinámicas suficientes para desmantelar el chenier, permitiendo a las aguas oceánicas invadir el espacio lagunar hace 1086 años cal BP.

En el testigo KS105 (4°45.277N-51°30.773W, 38 m de profundidad) (Fig. 1), la unidad 2 se encuentra en limo beige y arena fina (Fig. 2). Estos sedimentos son ricos en materia orgánica, yeso y pirita, lo que indica ambientes reductores y localmente evaporíticos. Escasos ejemplares de *A. tepida* (<1%) mal conservados y cubiertos de óxidos están presentes en algunos de los niveles (Fig. 2). La especie mayoritaria es *Q. lamarkiana*, acompañada por *C. lobatulus*, *Eponides repandus* (Fichtel y Moll) y *Quinqueloculina seminula* (Linnaeus). Los foraminíferos, escasos, cubiertos por óxidos, retrabajados y mal conservados (80% de rotura), se encuentran intercalados entre niveles azoicos. El limo gris ha sido datado en 2783 y 1414 años cal BP.

Unidad 1 (1086 años cal BP-Actualidad). Se encuentra en la parte superior de los testigos KS15, KS105 y KS23. Las asociaciones de foraminíferos bentónicos varían de acuerdo a la batimetría. En el testigo KS15, sobre limo gris, aumenta la riqueza y diversidad de los foraminíferos bentónicos, siendo *A. tepida* mayoritaria (Fig. 2), señalando la fuerte influencia de los aportes amazónicos en la zona litoral, a menos de 20 m de profundidad (Pascual *et al.*, 2009). A techo del testigo KS105 se encuentra limo gris (Fig. 2) con numerosos fragmentos de cuarzo y abundantes briozos en su base. Domina *A. tepida* acompañada de *Ammonia beccarii* (Linnaeus) y *Pseudodononion japonicum* Asano. El nivel 190 cm tiene una edad de 1015 años cal BP y el nivel 20 cm de 523 años cal BP. En el testigo KS23 sobre limo gris y arena no aparece *A. tepida*, dominando *E. repandus*, *H. concentrica* y *Q. lamarkiana*. Por tanto, la unidad 1 representa la sedimentación actual y reciente donde están presentes los bancos de lodos creados por la

carga en suspensión de origen amazónico y que se extienden hasta los 30 o 40 m de profundidad.

CONCLUSIONES

El foraminífero *A. tepida* pone de manifiesto la presencia de aguas de origen amazónico a lo largo de la plataforma marina de las Guayanás. El análisis de la distribución de esta especie, junto con las asociaciones de foraminíferos bentónicos, ha permitido identificar cuatro unidades que caracterizan cambios oceanográficos registrados a lo largo del Cuaternario.

La unidad 4 (42.350-37.377 años cal BP) se encuentra en el testigo de la plataforma media (47 m de profundidad). No aparece *A. tepida*, dominando *Q. lamarckiana* con ejemplares rotos y fuertemente retrabajados. Señala un medio litoral con activa dinámica costera, libre de la influencia amazónica.

La Unidad 3 (26.071-13.302 años cal BP) se sitúa en la base del testigo de la plataforma externa (87 m de profundidad). *Ammonia tepida* es minoritaria, dominando *R. globularis* y *Q. lamarckiana*. Esta asociación confirmaría la existencia de una antigua línea de costa sin influencia amazónica en la actual plataforma externa. Pone de manifiesto el descenso del nivel del mar durante el MIS 2.

La unidad 2 (9720-1086 años cal BP) aparece en los 4 testigos. Los más antiguos corresponden a lodos de la plataforma media y los más modernos a los de la plataforma interna litoral. Los foraminíferos, escasos y mal conservados, se encuentran intercalados entre niveles azoicos. Los caparazones de *A. tepida* cubiertos de óxidos y retrabajados y un sedimento rico en materia orgánica, yeso y pirita, indican condiciones someras, reductoras y localmente evaporíticas, mucho más acusadas en los testigos obtenidos a menos profundidad.

En la unidad 1 las asociaciones de foraminíferos bentónicos varían de acuerdo a la batimetría, dominando a menos de 20 m de profundidad *A. tepida*. Esta unidad representa la sedimentación actual y reciente (1086 años cal BP-Actualidad), donde están presentes en el litoral los bancos de lodos creados por la carga en suspensión de origen amazónico.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por HAREA-Coastal Geology Research Group (EJ/GV; IT976-16).

REFERENCIAS

- Anthony, E.J., Gardel, A., Gratiot, N., Proisy, C., Allison, M.A., Dolique, F y Fromard, F. (2010): The Amazon-influenced muddy coast of South America: a review of mud bank-shoreline interactions. *Earth Science Reviews*, 103: 99–121.
- Anthony, E.J., Brunier, G., Gardel, A. y Hiwat, M. (2019): Chenier Morphodynamics on the Amazon-Influenced Coast of Suriname, South America: Implications for Beach Ecosystem Services. *Frontiers In Earth Science*, 7(35): 20.
- Debenay, J.P., Guiral, D. y Parra, M. (2004): Behaviour and Taphonomic Loss in Foraminiferal Assemblages of Mangrove Swamps of French Guiana. *Marine Geology*, 208: 295-314.
- Margerel, J.P. (1977): Les Foraminifères du plateau et du talus continental de la Guyane. *Revue des travaux de l'Institut des Pêches Maritimes*, 41 (4): 403-416.
- Pascual, A. y Pujos M. (1996): Análisis micropaleontológico del sedimento holoceno de la plataforma de las Guayanás: interpretación paleoceanográfica. *Geogaceta*, 20: 213-216.
- Pascual, A. y Pujos M. (1997): Asociaciones de foraminíferos bentónicos cuaternarios de la plataforma del río Maroni (Guayana francesa): contribución paleogeográfica. *Geogaceta*, 22: 141-144.
- Pascual, A., Martínez García, B., Rodríguez Lázaro, J. y Pujos, M. (2009): Asociaciones de foraminíferos bentónicos recientes en la plataforma marina de las Guayanás. *Geogaceta*, 46: 75-78.
- Pujos, M. y Odin, G. (1986): La sédimentation au Quaternaire terminal sur la plate-forme continentale de la Guyane française. *Oceanologica Acta*, 9 (4): 363-382.
- Pujos, M. y Pascual, A. (1992): Los paleoambientes costeros de la plataforma continental de Guyana y Surinam en el Cuaternario terminal. En: *III Congreso Geológico de España*. Comunicaciones, 2, 161-165.
- Pujos, M. y Pascual, A. (2015): Apports terrigènes et sédimentation épicontinentale en régime tropical équatorial sud-américain (Guyanes, Colombie caraïbe et Pacifique): paléogéographie et paléoclimatologie depuis le dernier Maximum Glaciaire. *Physio-Géo*, 9: 1-71.

Espeleoseismología de la Cueva de los Casares, Guadalajara: evidencias de un posible paleoterremoto.

Speleoseismology of Los Casares Cave: evidence of a paleoearthquake.

R. Pérez-López¹, M. Alcaraz-Castaño², M.Á. Rodríguez-Pascua¹, P.G. Silva³, L. Luque²,
M.A. Perucha-Atienza¹, J. Elez³, J.L. Giner-Robles⁴, E. Roquero⁵ y J. Alcolea-González²

1 Área de Riesgos Geológicos. IGME C/Ríos Rosas 23, Madrid 28003. r.perez@igme.es, ma.rodriguez@igme.es, ma.perucha@igme.es

2 Área de Prehistoria, Universidad de Alcalá de Henares. C/ Colegios 2, 28801 Alcalá de Henares. manuel.alcaraz@uah.es, luis.luque@uah.es

3 Dpto. Geología Universidad Salamanca, Escuela Politécnica Superior de Ávila. pgsilva@usal.es;jelez@usal.es

4 Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid. jorge.giner@uam.es

5 Dpto. Edafología. E.T.S.I. Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid. elvira.roquero@upm.es

Palabras clave: paleoterremoto, Cueva de los Casares, estalactitas, Guadalajara.

Resumen

La Cueva de los Casares (Riba de Saelices, Guadalajara), constituye un magnífico yacimiento con evidencias de ocupación humana (Neandertal – Sapiens) desde el Paleolítico medio (ca. 45 ± 3 ka BP, Alcaraz-Castaño *et al.*, 2017). A pesar de ser un sistema de corto desarrollo, unos 250 m de orientación E-W, presenta un nivel de destrucción de estalactitas en una galería colgada que se encuentra a escasos 100 m desde la entrada. Su ubicación como un techo colgado a unos 6 m de altura sin acceso por gradas laterales, hace muy difícil que el nivel de destrucción sea debido a la acción antrópica. Se ha llevado a cabo una medida sistemática de la geometría de ruptura de estalactitas, y se han recogido muestras para un posterior análisis geoquímico de series de Urano – Torio, con el fin de intentar fechar el paleoevento. Los análisis preliminares indican que dicho nivel es compatible con un paleoterremoto cuya magnitud mínima para campo lejano (superior a 50 km de distancia) podría ser superior a M 6, y para un terremoto cercano (menor a 10 km de distancia del epicentro con la cueva) podría ser superior a M 4,5.

Abstract

*Los Casares Cave (Riba de Saelices, Guadalajara) represents an excellent Middle Palaeolithic archaeological site with evidence of Neanderthal –Sapiens different occupational stages (ca. 45 ± 3 ka BP, Alcaraz-Castaño *et al.*, 2017). Despite of the small karstic system spatial development (250 m length and E-W trend), a destruction layer was recognized affecting the speleothems. Different apparently coetaneous soda-straws, stalactites and even one stalagmite were broken. The location of this destruction layer is placed out from possible anthropogenic manipulation, in a hanging roof 6 m high. We have carried out a systematic measurement of broken soda-straws and samples were collected to be analysed by Uranium series. Preliminary results suggest the occurrence of a paleoearthquake either from far-field seismic source (> 50 km) of minimum magnitude $M > 6$, or near-field seismic source (< 10 km), and with magnitude $M > 4.5$. The age of this event could shed light about the hypothesis that the human communities living into the cave were affected by this earthquake.*

Referencias

Alcaraz-Castaño M., Alcolea-González J., M. Kehl, R.-M. Albert, J. Baena-Preysler, R. de Balbín-Behrmann, F. Cuartero, G. Cuenca-Bescós, F. Jiménez-Barredo, J.-A. López-Sáez, R. Piqué, D. Rodríguez-Antón, J. Yravedra y G.-Ch. Weniger. (2017). A context for the last Neandertals of interior Iberia: Los Casares cave revisited. *PLoS ONE* 12(7): e0180823. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180823>

Flujos de aire fresco en cuevas tectónicas y gravitacionales: una aproximación multidisciplinar

Cool airflows in tectonic and gravitational caves: a multidisciplinary approach

M. Sánchez-Gómez¹, D. Gil¹, JM. Gómez-López², J. Tovar-Pescador³, JL. Pérez-García², T. Fernández²,
T. Guerra¹, G. Garrido⁴ y JR. Jiménez-Pérez⁴

1 Departamento de Geología, Universidad de Jaén, Campus las Lagunillas s/n, 23071, Jaén. msgomez@ujaen.es, dgil@ujaen.es, tguerra@ujaen.es

2 Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría, Universidad de Jaén, Campus las Lagunillas s/n, 23071, Jaén. jglopez@ujaen.es, jlfperez@ujaen.es, ffernandez@ujaen.es,

3 Departamento de Física, Universidad de Jaén, Campus las Lagunillas s/n, 23071, Jaén. jtovar@ujaen.es

4 Departamento de Informática, Universidad de Jaén, Campus las Lagunillas s/n, 23071, Jaén. ggluque@ujaen.es, rjimenez@ujaen.es

Resumen: Los flujos descendentes de aire fresco que salen al exterior de las cavidades son un proceso conocido, pero poco estudiado. La presente comunicación incorpora los resultados preliminares de las investigaciones de un equipo multidisciplinar para caracterizar y analizar estos flujos, sus implicaciones medioambientales y la información que suministran del interior de macizos kársticos fracturados. Se han realizado medidas in situ de temperatura, humedad y velocidad del viento, y medidas de temperatura mediante cámaras de infrarrojo térmico (TIR) terrestres y transportadas en drones. Se han estudiado dos sectores con diferentes características geológicas en Sierra Mágina (Jaén). En ambos sectores, la salida de aire fresco ha resultado ser un fenómeno generalizado que se produce durante más de 4 meses al año en múltiples puntos. La temperatura del aire saliente es casi constante para cada boca a lo largo de la estación cálida, pero en cambio pueden variar de una boca a otra próxima. El estudio de este fenómeno tiene aplicaciones directas en espeleología y análisis de riesgos, mediante la localización de bocas y fracturas preferentes. Son necesarias posteriores investigaciones, que incluyan su modelización, para poder determinar los factores del interior del macizo que controlan la temperatura y caudal de salida.

Palabras clave: cuevas tectónicas, TIR, dron, microclima subterráneo.

Abstract: The downflowing cool air that goes outside the cavities is a known process, but barely studied. This communication incorporates preliminary results of a multidisciplinary-team research to characterize and analyze these airflows, their environmental implications and the information they provide from the interior of fractured karst massifs. In situ measurements of temperature, humidity and wind speed, have been carried out together with image captures by handheld and carried-UAV thermal infrared (TIR) cameras. Two sectors in Sierra Mágina (Jaén, S. Spain) with different geological characteristics have been studied. In both sectors, the expelled cool airflow has turned out to be a widespread phenomenon that occurs for more than 4 months a year at multiple points. The temperature of the outgoing air is almost constant for each entrance throughout the warm season, but instead it can vary from one entrance to the next. The study of this phenomenon has direct applications in speleology and risk analysis, by locating entrances and preferential fractures. In order to determine the factors inside the rock massif that control the process characteristics, future research is necessary, including its modeling.

Keywords: tectonic caves, TIR, UAV, cave microclimate.

INTRODUCCIÓN

El Medio Subterráneo supone una parte muy importante del Medio Ambiente, aunque poco conocida y estudiada. Por ello suele ser obviada, si bien cada vez adquiere mayor relevancia. Las cavidades por su parte constituyen una parte significativa de este medio, en donde los pasajes conocidos son en realidad una fracción pequeña de todos los espacios subterráneos teóricamente accesibles, y estos a su vez corresponden a una ínfima parte de todos los huecos en los que el karst puede albergar fluidos. Esta circunstancia ha hecho que se ensayan diversas técnicas geofísicas con las que descubrir y caracterizar los huecos (Martínez-Moreno

et al., 2013 y referencias allí incluidas). Sin embargo, la mayor parte de las técnicas geofísicas convencionales, por ejemplo, gravimetría, sólo son útiles para los espacios mayores y sólo para determinadas geometrías (Gambetta et al., 2011).

Uno de los procesos más dinámicos en ciertos tipos de cavidades es el flujo de aire. Los flujos de aire ascendente se producen cuando el aire del interior de la cavidad, que mantiene una temperatura promedio durante todo el año, está relativamente más cálido que el del exterior y es, por lo tanto, menos denso (Faimon y Lang, 2013). Este hecho ha sido utilizado tradicionalmente en el ámbito espeleo-

lógico-deportivo para localizar entradas de cavidades, por ejemplo, durante las primeras nevadas. Diversos trabajos científicos han testeado la utilidad del uso de cámaras térmicas, también con un fin esencialmente localizador (Rinker, 1975; Wynne *et al.*, 2008), aunque recientemente, y gracias al avance del uso de los drones, ha sido posible la obtención de ortoimágenes térmicas que abren la posibilidad de un análisis cuantitativo de este fenómeno (Pérez-García *et al.*, 2018).

Por el contrario, el flujo descendente de aire relativamente fresco, aunque igualmente conocido (Dematteis, 1972) ha sido mucho menos estudiado. Estos flujos, se deben a la misma razón que los flujos de aire relativamente templado: el aire en el interior de las cavidades a una temperatura casi constante se vuelve más pesado que el aire exterior durante el verano. No hay una razón clara para la diferencia del número de estudios sobre uno u otro proceso, pero sería esperable encontrar causas que hicieran del flujo descendente de aire fresco algo menos frecuente, intenso o evidente.

Este trabajo pretende ser una primera aproximación al conocimiento de estos flujos descendentes de aire fresco y su interacción con la atmósfera en la superficie. Proponemos su estudio mediante diversas metodologías: (a) una monitorización microclimática de las entradas a las cavidades y su entorno; (b) una caracterización a través de imágenes térmicas terrestres, una zonación espacial mediante ortoimágenes térmicas obtenidas por cámaras transportadas en drones; y (c) técnicas informáticas de evaluación que determinen de forma semiautomática el peso de los diferentes factores en el control microclimático de las cavidades.

Hemos escogido para este estudio cavidades generadas por a fracturación denominadas cavidades tectónicas, pues su desarrollo esencialmente vertical formando simas, acentúan mediante el efecto chimenea los flujos de aire. Dentro de este tipo de cavidades, hemos considerado también las cuevas dilatacionales formadas en escarpes rocosos por tensión, que deben considerarse en sentido estricto como gravitacionales (Margielewski y Urban, 2017). Ambos tipos de cuevas son abundantes en la Cordillera Bética, y a diferencia de otras cavidades su formación es independiente de las condiciones climáticas (pluviométricas) en las que se encuentren, y en cierta medida de la litología. Además, la existencia en toda la extensión de la cordillera de un clima mediterráneo con un fuerte contraste de temperaturas verano-invierno, hace suponer a priori que los flujos de aire fresco son un fenómeno generalizado que controla una parte importante del intercambio de gases entre el subsuelo y la atmósfera.

SITUACIÓN Y CONTEXTO GEOLÓGICO

Para la presente comunicación se presentan dos zonas de estudio en Sierra Mágina, en la provincia de Jaén (Fig. 1). Una en la Serrezuela de Pegalajar, como ejemplo de un sistema complejo de simas debidas a fracturas puramente tectónicas (fallas y diaclasas), formando ángulos altos respecto a la orientación de la ladera (Fig. 1), y otra en el Torcal de Arbuniel, como ejemplo de simas dilatacionales debidas a la distensión de un escarpe en retroceso.

La Serrezuela de Pegalajar constituye un acuífero kárstico fracturado sobre calizas prebéticas de edad Cretácica (González-Ramón, 2007). Presenta una alta densidad de simas, accesibles hasta 10-40 m de profundidad, aunque existe un gran número de fracturas no practicables, pero con circulación de aire. Por su parte El Torcal de Arbuniel está formado a partir de un cuerpo tabular de travertinos Pliocuaternarios, con más de 50 m de espesor formado sobre materiales triásicos impermeables (Fig. 1). Se observan abundantes abrigos asociados a la propia formación de la toba calcárea y simas desarrolladas sobre fracturas subparalelas al perímetro de la meseta de travertinos.

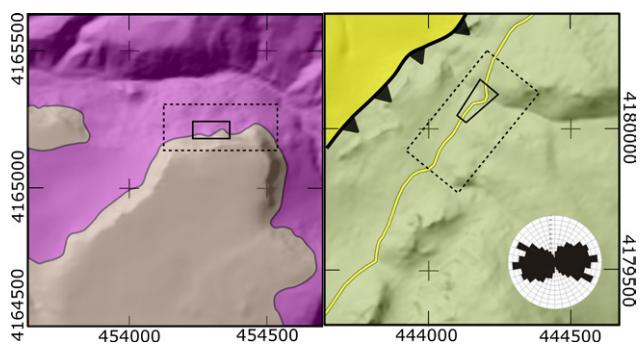


FIGURA 1. Geología sobre el modelo de sombras de las zonas de estudio en el Torcal de Arbuniel (izquierda) y la Serrezuela de Pegalajar (derecha). Cuadrícula UTM30 de 500 m. Leyenda: Morado= Triásico; verde= carbonatos cretácicos; amarillo= margas miocenas; castaño= travertinos pliocuaternarios. Las zonas de vuelo dron con cámaras TIR corresponden a los rectángulos de líneas discontinuas. Se indica la posición de la ortoimagen y fotografía de la Fig. 2. La distribución de fracturas de la Serrezuela está tomada de González-Ramón (2007).

METODOLOGÍA

La caracterización microclimática de las cavidades se ha realizado siguiendo dos protocolos. Según se midiera la temperatura (T) y humedad, o la velocidad del flujo de aire. La temperatura in situ se ha obtenido de forma continua, mediante registradores de datos comerciales con una precisión de $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y una resolución de $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$, con los que se realiza una calibración cruzada cada campaña de medidas, alcanzando una precisión relativa de $\pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Un sensor en una campaña típica registra un dato de T cada 10 minutos durante 3 meses. Los sensores se sitúan en tres posiciones normalizadas, en la entrada, a 2 m y a 7-10 m de profundidad. Cuando es posible se sitúan sensores a mayor profundidad, buscando la zona homotérmica de la cavidad. La velocidad de flujo de aire se toma de forma discreta, mediante sensores de molinete o de hilo caliente, con una resolución mínima de 0.1 m/s y un umbral de 0.4 m/s . En cada sector se han monitorizado varias bocas a diferentes alturas, con una diferencia de hasta 60 m; concretamente 5 en el Torcal y 8 en la Serrezuela. Además, se ha situado un sensor en el exterior de cada sector para establecer una referencia de T , presión y humedad.

Para la obtención de ortoimágenes térmicas se ha seguido la metodología propuesta en Pérez-García *et al.* (2018), consistente en realizar una captura de imágenes mediante UAV

con sensor fotográfico convencional y otra con sensor térmico. Una vez procesado fotogramétricamente las fotografías del vuelo visible, se puede pasar la georreferenciación de este bloque, al bloque de imágenes térmicas mediante el uso de puntos homólogos. Finalmente, una vez orientado el bloque de imágenes térmicas se procede a la obtención de la ortoimagen térmica a partir del modelo de detalle obtenido en el vuelo visible y las imágenes correspondientes al vuelo térmico. Las imágenes térmicas terrestres se han adquirido empleando una cámara FLIR SC660 equipada con un microbolímetro con un rangopectral de 7,5-13 μm .

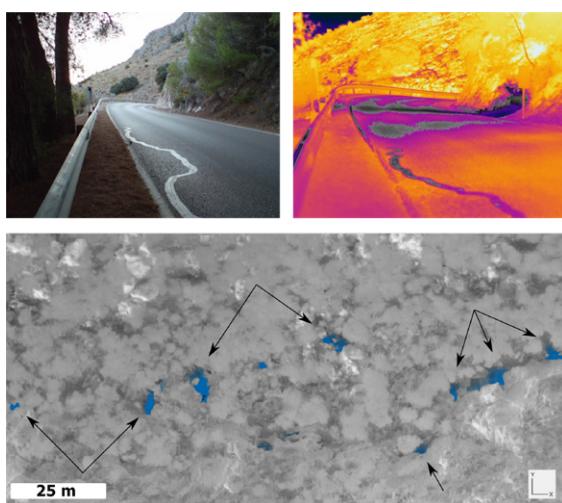


FIGURA 2. Ejemplo de imágenes en infrarrojo térmico, Situación en Fig. 1. Arriba: Imagen con cámara de mano en la Serrezuela de Pegalajar (arriba), donde se observa el efecto de un chorro de aire fresco sobre la carretera (las fotografías visible y TIR están tomadas a la vez por la cámara). Tonos más oscuros a 10°C, más brillantes a 30°C. Abajo: Ortoimagen del Torcal de Arbuniel (abajo), los tonos azules indican zonas con menos de 12°C mientras que el fondo de la imagen la escala de grises oscila entre 20°C y 40°C (puntos brillantes).

Por último, se ha realizado un tratamiento de los datos microclimáticos para generar un modelo descriptivo del fenómeno estudiado. Este tratamiento de los datos se ha desarrollado utilizando la herramienta KNIME y siguiendo un proceso clásico de minería de datos. En primer lugar, se pre-procesan los datos para eliminar redundancias, valores anómalos y tratar valores perdidos. Una vez validados los datos por atributo, se lleva a cabo un proceso de normalización que unifica las métricas de cada sensor y las adecúa a una misma escala temporal. A continuación, se seleccionan los atributos más relevantes mediante un proceso semiautomático de reducción de dimensionalidad que tiene en cuenta el conocimiento experto. Sobre el conjunto de datos resultante, se realiza un análisis exploratorio que permite reconocer patrones destacados en relación con los parámetros que controlan el flujo de aire.

RESULTADOS

Los sectores estudiados fueron escogidos por conocerse en ellos sendas simas denominadas del Aire o Viento, sin

embargo, las primeras ortoimágenes térmicas (Fig. 2) mostraron que la salida de aire relativamente frío no era una singularidad de las entradas conocidas, sino que era un proceso generalizado en ciertas posiciones de las laderas. Por ejemplo, en el Torcal de Arbuniel, se encontraron 9 salidas adicionales de aire fresco en la ladera norte. Esto permitió una monitorización in situ más exhaustiva considerando bocas antes desconocidas o impracticables, pero que permitían la colocación de al menos dos sensores siguiendo el protocolo establecido. Estas salidas de aire fresco dejan una marca térmica ostensible en superficie (Fig. 2) ocasionada por el escurrimento del aire más pesado ladera abajo. Estas marcas suelen perderse si hace viento o hay una insolución directa que enmascara el efecto del aire fresco.

El comportamiento térmico de la bocas muestra diferencias muy marcadas en cada estación (Fig.3). Durante el invierno, la distribución de T del sensor a 0 m, sigue un patrón normal, similar al del sensor exterior, con la misma moda, pero sin los valores extremos. En cambio, durante el verano la T del exterior tienen una fuerte oscilación de más de 30°C, mientras que la entrada de la cueva la oscilación es de sólo unos pocos grados, con modas extremadamente marcadas (Fig. 3), que pueden considerarse la T característica de esa entrada.

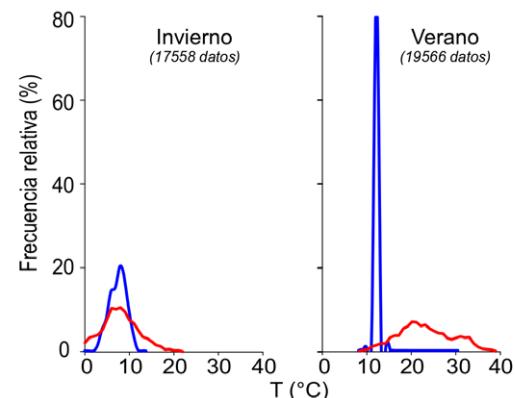


FIGURA 3. Comparación entre los histogramas de T a la entrada de la Sima del Aire (azul) y en su exterior (rojo) en la Serrezuela de Pegalajar. Los histogramas corresponden al registro de temperatura cada 10 min durante dos años, cuatro meses cada estación, aunque muchos datos se pierden por problemas con los sensores.

La velocidad de salida del aire oscila entre una brisa inapreciable con los sensores empleados, es decir, por debajo de 0.4 m/s, y ráfagas de 4 m/s en los momentos de más calor. No obstante, la velocidad promedio en ambas zonas de estudio para una salida típica es de 2 m/s con una T exterior de 35°C. Este valor puede variar también en función de la geometría de la boca.

La estabilidad de la T de salida de una boca concreta contrasta con la variabilidad observada en distintas bocas próximas de un mismo sector. Así en la Serrezuela de Pegalajar donde la cavidad mostrada en la Figura 3 tiene una T característica de 12°C, existen salidas de aire a 15-16°C y a 9°C, situadas a menos de 100 m de distancia. La distribución de

la T característica no depende de la altura topográfica de la salida. Por el contrario, salidas a diferentes alturas, pero alineadas según una posible fractura, presentan T características similares.

El análisis de los factores que condicionan las T y velocidad del flujo está todavía en un estadio preliminar, aunque se están obteniendo algunos resultados prometedores. Como ejemplo, la Figura 4 muestra la relación entre la T interior de una cavidad en el Torcal de Arbuñel, donde se concentra un flujo fresco, y la T del exterior. Se observa que en invierno la T del interior se corresponde con la exterior. Por el contrario, en el resto de estaciones, especialmente verano, la T interior se desliga de la exterior, estabilizándose a la T característica de esa cueva. No obstante, en verano y otoño existen "excursiones de T", que analizadas corresponden a entradas de aire por fuertes vientos del W, predominantes en la región, que homogenizan la T del interior.

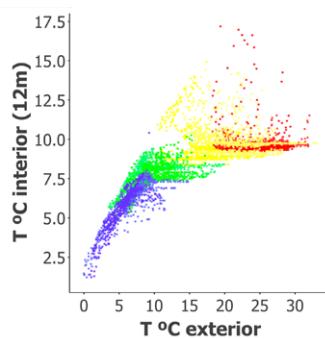


FIGURA 4. Comparación entre las temperaturas del exterior y el interior de una cavidad del Torcal de Arbuñel, durante 2019. Tonos: azul= invierno, verde= primavera, rojo= verano, amarillo= otoño. La línea superpuesta corresponde a la pendiente igual a 1.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las salidas de aire relativamente frío (fresco) desde cavidades ha demostrado ser un fenómeno generalizado a todas las escalas. El avance tecnológico de sensores, cámaras y drones permite descubrir, observar y monitorizar el proceso en amplias extensiones y durante largos períodos de tiempo. En los días de verano, el flujo de aire del interior estabiliza la T de los sensores situados en las entradas independientemente del calor que haga en el exterior. De hecho, un análisis más pormenorizado indica que a mayor T exterior, menos oscilaciones en la T del sensor, ya que está afectado por un volumen mayor de aire.

Se han observado velocidades del flujo sostenidas de 2 m/s, valor muy por encima de los registrados en otras cavidades, principalmente turísticas. Esto es debido al desarrollo esencialmente vertical de las simas tectónicas, incluyendo las que se originan tras los escarpes de procesos gravitacionales.

Las diferencias de T observadas en salidas próximas no pueden explicarse por razones climatológicas, pues se encuentran en las mismas laderas y a alturas similares. La causa más probable debe ser la diferente geometría de la red de fracturas por la que circula el aire descendente. Esto abre la puerta a utilizar el análisis espacio-temporal de las

salidas de aire fresco para conocer mejor el interior del karst tectónico.

Por otra parte, las ortoimágenes térmicas, que ya se han demostrado útiles para la detección y caracterización de salidas de aire templado (Pérez-García *et al.*, 2018), son igualmente útiles para detectar el número y distribución de las salidas de aire fresco. Este trabajo muestra por primera vez su existencia en sectores amplios utilizando esta técnica. La exploración espeleológica y medioambiental, y los estudios de peligrosidad en macizos rocosos, podrán beneficiarse de esta metodología para identificar cavidades y resaltar las fracturas más importantes.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto se ha financiado mediante una ayuda del Instituto de Estudios Giennenses y los grupos RNM-325 y TEP-213 de la Junta de Andalucía.

REFERENCIAS

- Dematteis, G. (1972). *Manuale di esplorazione sotterranea*. (P. Gribaudi, Ed.) (1st ed.). Turín.
- Faimon, J., & Lang, M. (2013). Variances in airflows during different ventilation modes in a dynamic U-shaped cave. *International Journal of Speleology*, 42(2), 115–122.
- Gambetta, M., Armadillo, E., Carmisciano, C., Stefanelli, P., Cocchi, L., & Tontini, F. C. (2011). Determining geophysical properties of a near-surface cave through integrated microgravity vertical gradient and electrical resistivity tomography measurements. *Journal of Cave and Karst Studies*, 73(1), 11–15.
- González-Ramón, A. (2007). *Hidrogeología de los Acuíferos Kársticos de las Sierras de Pegalajar y Mojón Blanco (Jaén)*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada. 304 p.
- Margielewski, W., & Urban, J. (2017). Gravitationally induced non-karst caves: Tectonic and morphological constrains, classification, and dating; Polish Flysch Carpathians case study. *Geomorphology*, 296, 160–181.
- Martínez-Moreno, F. J., Pedrera, A., Galindo-Zaldívar, J., López-Chicano, M., Azor, A., Martín-Rosales, W., *et al.* (2016). The Gruta de las Maravillas (Aracena, South-West Iberia): Setting and origin of a cave in marbles from dissolution of pyrite. *Geomorphology*, 253, 239–250.
- Pérez-García, J. L., Sánchez-Gómez, M., Gómez-López, J. M., Guerra, T., Gil, D., & Fernández, T. (2018). Geo-referenced thermal infrared images from UAV surveys as a potential tool to detect and characterize shallow cave ducts. *Engineering Geology*, 246, 277–287.
- Rinker, J. N. (1975). Airborne infrared thermal detection of caves and crevasses. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 41, 1391–1400.
- Wynne, J. J., Titus, T. N., & Chong Diaz, G. (2008). On developing thermal cave detection techniques for earth, the moon and mars. *Earth and Planetary Science Letters*, 272, 240–250.

Análisis de los elementos geomorfológicos fluviales del río Jerte mediante teledetección SAR.

Analysis of fluvial landforms in Jerte river by SAR remote sensing.

Sánchez-Sánchez, Y¹. y Martínez-Graña, A¹

¹ Departamento de geología. Universidad de Salamanca. Plaza de la Merced s/n. Salamanca, España. yolanda.ss@usal.es; amgranna@usal.es

Palabras clave: *Inundación, geomorfología, teledetección, SAR, Extremadura, Spain*

Resumen

Las altas precipitaciones provocan eventos extraordinarios generando inundaciones, dando lugar a efectos catastróficos. Para el análisis de la exposición y vulnerabilidad al riesgo de inundación es necesario el estudio evolutivo multitemporal de algunas zonas que por eventos puntuales causan grandes daños materiales e incluso pérdidas humanas. Algunos sectores del río Jerte (Cáceres, Extremadura) presentan condicionantes geomorfológicos que permiten un análisis detallado de la génesis de los elementos fluviales (Lombana y Martínez-Graña, 2021), influyendo en los procesos geodinámicos de erosión-sedimentación.

En este estudio, se analizan los cambios geomorfológicos del sistema fluvial generados por el efecto de las intensas precipitaciones ocurridas el 21 noviembre de 2020 en el Valle del Jerte. A partir de imágenes SAR (Sentinel 1), se delimita el perímetro y la distribución de la lámina de agua durante el evento máximo de inundación (Sánchez-Sánchez *et al.*, 2019), para posteriormente con imágenes Sentinel 2 analizar los cambios morfodinámicos ocurridos en cada sector del cauce fluvial. Como resultado destacamos: (1) las modificaciones en la conectividad hidrológica causadas por fenómenos de traslación y corte de canales fluviales, actualmente abandonados; (2) el aumento de las dimensiones de barras fluviales centrales y laterales del cauce por fenómenos de acreción y; (3) procesos erosivos afectando a infraestructuras urbanas.

Abstract

Strong rainfall events trigger high flooding events, causing catastrophic effects on the environment and human facilities. In order to analyze exposure and vulnerability to flood risk, it is necessary to carry out a multi-temporal evolutionary study of some areas which, due to specific events, cause great material damage and even human losses. Some sectors of the Jerte River (Cáceres, Extremadura) present geomorphological conditions that allow a detailed analysis of the genesis of fluvial landforms (Lombana and Martínez-Graña, 2021), influencing the geodynamic processes of erosion-sedimentation.

*In this study, we analyze the geomorphological changes on the fluvial system as a consequence of the strong rainfall event occurred on November 21, 2020 around the Jerte Valley. Based on the analysis of SAR images (Sentinel 1), the perimeter and distribution of the water-sheet are delimited during the maximum flood event (Sánchez-Sánchez *et al.*, 2019). Subsequently, the analysis of post-flood Sentinel 2 images allow to identify the morphodynamic changes that occurred in different sectors of the riverbed. As a result, we highlight: (1) modifications in the hydrological connectivity caused by shifting and cutting of river channels, currently abandoned; (2) the increase in the dimensions of the central and lateral river bars due to accretion phenomena and; (3) erosive processes affecting urban infrastructures and facilities.*

Referencias

- Lombana, L. y Martínez-Graña, A. (2021). Environmental Earth Sciences.
Sánchez-Sánchez, Y., Quirós, E., Durán-Barroso, P., y Martínez-Graña, A. (2019). pp. 501–4 En *Teledetección: hacia una visión global del cambio climático*, Valladolid.

Interpretación paleoambiental de los sedimentos holocenos de la ría de Suances (Cantabria) a través de su estudio micropaleontológico y geoquímico

Paleoenvironmental interpretation of the Holocene sediments in the Suances estuary (Cantabria) through its micropaleontological and geochemical study

H. Serrano¹, M.J. Irabien¹, A. Fernández Martín-Consuegra¹ y A. Cearreta¹

¹ Dpto. de Geología, Universidad del País Vasco UPV/EHU, Apartado 644, 48080 Bilbao, humberto.serrano@chu.eus, mariajesus.irabien@ehu.eus, aitor.fernandez@ehu.eus, alejandro.cearreta@ehu.eus.

Palabras clave: Holoceno, estuario, foraminíferos, polen, metales pesados.

Resumen

Se han analizado las asociaciones de foraminíferos bentónicos, el contenido polínico y las concentraciones de metales pesados del relleno sedimentario holoceno de la ría de Suances (Cantabria), a partir de un sondeo largo (17 m) perforado en la zona supramareal del estuario medio. Se han reconocido tres tramos distintos que pueden ser identificados con las fases (cortejos sedimentarios) que configuran la secuencia estratigráfica típica de los estuarios cantábricos durante el ciclo transgresivo holoceno: (1) un tramo basal (cortejo de nivel marino bajo o LST) formado por facies fluviales sin foraminíferos y escaso contenido polínico; (2) un tramo intermedio (cortejo transgresivo o TST) constituido por sedimentos estuarinos fangosos depositados durante la inundación del valle fluvial por la subida del nivel del mar (7.980 - 7.380 ± 30 años BP); y (3) separado por un hiato, un tramo superior (cortejo de nivel marino alto o HST) compuesto por sedimentos recientes correspondientes a un ambiente de marisma intensamente antropizado, en los que se observa un incremento de las concentraciones de metales pesados como consecuencia de la intensa actividad minera e industrial desde mediados del siglo XIX, así como la presencia de taxones polínicos exóticos (*Eucalyptus* sp.).

Abstract

*Benthic foraminiferal assemblages, palynological and heavy metal contents in the Holocene sedimentary record of the Suances estuary (Cantabria) have been analyzed from a borehole (17 m) taken at a supratidal area in the middle estuary. The results obtained have allowed the identification of three sections, which can be associated with the depositional sets that constitute the typical stratigraphic sequence of the Cantabrian estuaries during the Holocene marine transgressive cycle: (1) a basal section (lowstand systems tract or LST) formed by fluvial facies without foraminifera and low palynological content; (2) an intermediate section (transgressive systems tract or TST) that consists of muddy estuarine sediments deposited during the flooding of the river valley due to sea level rise (7.980 - 7.380 ± 30 years BP); and (3) after a stratigraphic hiatus, an upper section (highstand systems tract or HST) formed by recent sediments corresponding to a strongly anthropized salt-marsh, including increased concentrations of heavy metals as a consequence of the intensive mining and industrial activities since mid-19th century, as well as the presence of exotic pollinic taxa (*Eucalyptus* sp.).*

Phases of sedimentation and soil formation in SE Spain during the Holocene (Eastern Betic Cordillera).

Fases de sedimentación y formación de suelos en el SE de España (Cordillera Bética Oriental) durante el Periodo Holoceno.

P.G. Silva¹, E. Roquero², J. Eléz¹, T. Bardají³, A. Medialdea⁴

1 Dpto. Geología, Universidad de Salamanca, Escuela Politécnica Superior. Ávila, Spain. pgsilva@usal.es; j.elez@usal.es

2 Dpto. Edafología. E.T.S.I. Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, Spain. elvira.roquero@upm.es

3 U.D. Geología. Universidad de Alcalá. Alcalá de Henares (Madrid), Spain. teresa.bardaji@uah.es

4 Centro Nacional de Investigación sobre la Evolución Humana (CENIEH). Burgos, Spain. alicia.medialdea@cenieh.es

Abstract: This work gathers the set of available regional geochronological data (^{14}C , Th/U, OSL, TL) on alluvial sediments, calcretes and soils for the semiarid SE Spain to build a theoretical timescale for the most important phases of sedimentation and soil formation occurred in the zone during the Holocene. Most of the data come from the set of paleoseismological and paleoclimatic research in the Murcia–Almería region during the last 15 years. The gathered geochronological data set includes approximately 60 dates, covering the last 11 ka, of which 12 data corresponds to calcretes and carbonate soils. The robust data set of ^{14}C ages allows to construct a detailed ages frequency distribution function discriminating periods (bins) of 500 years. The analysis clearly identifies the climatic events of 8.2 and 2.4 ka, recently considered as GSSP for the North-griplian and the Meghalayan ages, as drier periods with minor sedimentation, but enhanced calcrete formation, especially the first one. The analysis also identifies the Holocene optimum, as well as the Roman and Medieval warm periods as phases of major sedimentation.

Keywords: Alluvial sedimentation, calcretes, chronology, Holocene, SE Spain.

Resumen: Este trabajo utiliza el conjunto de datos geocronológicos regionales disponibles (^{14}C , Th/U, OSL, TL) sobre sedimentos aluviales, calcretas y suelos para el SE semiárido de España con el fin de construir una escala temporal teórica de las fases más importantes de sedimentación y formación de suelos ocurridas en la zona durante el Holoceno. La mayoría de los datos proceden del conjunto de investigaciones paleoseismológicas y paleoclimáticas realizadas en la región de Murcia - Almería durante los últimos 15 años. El conjunto de datos geocronológicos recogidos es de unas 60 fechas, cubriendo los últimos 11 ka, de los cuales 12 fechas corresponden a calcretas y suelos carbonatados. El robusto conjunto de datos de edades de ^{14}C permite construir una función detallada de distribución de frecuencia de edades discriminando períodos (bins) de 500 años. El análisis, identifica claramente los eventos climáticos de 8.2 y 2.4 ka, recientemente considerados como GSSP para el Norgripense y el Meghalayense, como períodos más secos con menor sedimentación, pero con mayor desarrollo de calcretas, especialmente el primero. El análisis también identifica el Óptimo Climático Holoceno, así como los períodos cálidos romano y medieval como fases de mayor sedimentación.

Palabras clave: Sedimentación aluvial, calcretas, cronología, Holoceno, SE España.

INTRODUCTION

Main data on Holocene sedimentation in the semi-arid SE Spain come from the Guadalentín Depression (Calmel-Avila, 2002; Silva et al., 2008, Silva, 2015) in the Murcia region and from the Almanzora and Aguas rivers (Schulte et al., 2008; Candy et al., 2009). These studies identify broad phases of increased sedimentation during Holocene Optimum, early Bronze Age, and the Ibero-Roman warm period (i.e. Silva, 2015). On the other hand, important episodes of calcrete development and aridification have been identified at the early Holocene, during the initial stages of the present interglacial (OIS 1; Candy et al., 2009). However, in SE Spain another important episode of soil formation (carbonate accumulation) concurs with the collapse of the calcolithic populations in the area

and the transit to the Early Bronze Age (i.e. Calmel-Avila, 2002; Silva et al., 2008), nearly coinciding with the initial phases of the newly recognized Meghalayan age after c. 4.2 ka (Walker et al., 2019). Despite all the existing studies, these reach local conclusions hardly extrapolable to the entire semiarid SE Spain.

This work uses the set of available regional geochronological data (OSL, TL, ^{14}C , Th/U) on fan sediments, calcretes and soils from the eastern Betic Cordillera during the Holocene Period in order to construct a theoretical time-framework for discriminate major periods of sedimentation, erosion and soil formation in SE Spain. Chronological data come from palaeoclimatic and paleoseismological trenching studies carried out along the last fifteen years in Holocene deposits from Murcia and Almería (i.e.

Calmet-Avila, 2002; Masana et al., 2004; 2005; Schulte et al., 2008; Silva et al., 2008; Candy et al., 2009; Ortúñu et al., 2012; Insua et al., 2015; Ferrater et al., 2017; Masana et al., 2018).

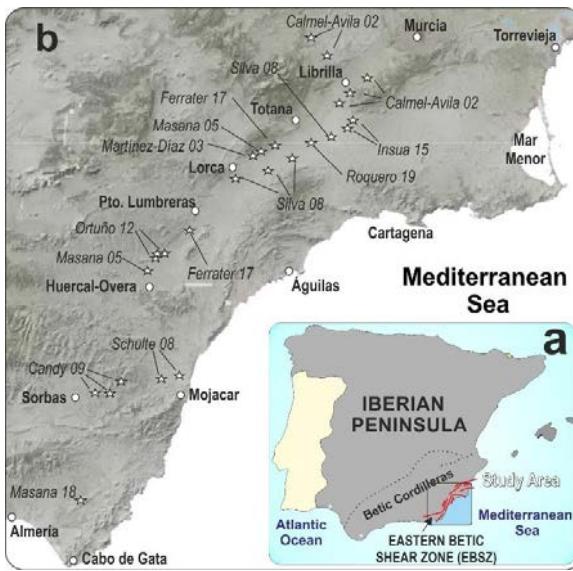


FIGURE 1. Location of the more relevant outcrops for the age data sets used in this study. (a) Location within the Iberian Peninsula; (b) Location in SE Spain. The stars indicate the papers (first author and year of publication) in which the age data sets appeared.

MATERIAL AND METHODS

The gathered geochronological data set is of about 75 dates, covering the last 11 ka, 15 of which correspond to calcretes and carbonate soils. The applied method is based on the implementation of “geochronological frequency distribution” functions like those used by Candy et al. (2019) for Quaternary calcrete development in the SE Spain. The wide and robust number of ^{14}C data existing in the zone allows to construct age-frequency functions discriminating periods (bins) of 500 years (0.5 ka).

The Holocene timespan covered by the geochro-nological dataset has been subdivided into bins of 0.5 ka and the occurrence of ages and uncertainties in each bin is weighted through a score (value = 3), following a methodology like that used by Candy et al. (2009). The score considers the mean age itself and the maximum and minimum ages covered by its associated uncertainty (three ages: value = 3). Since most of the data are derived from ^{14}C ages with associated uncertainty of 2σ , lower or equal to 0.05 ka (50 years) the individual scores hardly overlap three or two time-bins. For instance, that bin that contains the minimum, mean and maximum ages is scored with a value of three (3). In the case, that the bin only holds the minimum and the mean age is scored with a value of 2 and subsequent bin holding the maximum age has only a score of 1. In this way, a bin scored with 3 overlapped by uncertainties (value = 1) of other age-data would receive a score of 4, 5, 6, etc. depending on the number of age-data overlapping the bin. Consequently, the resulting frequency distribution will display peaks or lows indicating main periods of sedimentation or soil development. Table 1 displays the obtained

scores for soils and sediments during the considered time-bins. Due to the important misbalance between the number of age-data for soils (15) and sediments (50), as well as for maximum and minimum individual and total values of their respective scores (172 sediment vs 59 soil data) both datasets were normalized to provide a weighted comparison (Table 1). Normalization is a statistical operation commonly used in morphometric analyses and digital map algebra in order to scale numeric or spatial datasets for its comparison (i.e. river log-profiles). This operation converts numeric datasets between values of 1.0 (maximum) and 0.0 (minimum) leading their comparison or computation by algebra functions.

The resulting function is eventually scaled and compared with the different climatic periods and events (i.e. Bond events) occurred during the Holocene, in order to find relationships between sedimentation, soil development with warm/cold periods or events. Figure 2 displays the obtained age-frequency distribution curves.

Time (Bin) Years BP	Mean Age (BP)	Soil score	Soil N	Sediment score	Sedm N
0-500	250	0	0.00	9	0.38
500 – 1000	750	0	0.00	16	0.71
1000 – 1500	1250	0	0.00	18	0.81
1500 – 2000	1750	2	0.20	12	0.52
2000 -2500	2250	2	0.20	17	0.76
2500 – 3000	2750	5	0.50	12	0.52
3000 – 3500	3250	2	0.20	9	0.38
3500 – 4000	3750	3	0.30	12	0.52
4000 – 4500	4250	3	0.30	6	0.24
4500 – 5000	4750	1	0.10	11	0.48
5000 – 5500	5250	4	0.40	1	0.00
5500 – 6000	5750	2	0.20	2	0.05
6000 – 6500	6250	2	0.20	6	0.24
6500 – 7000	6750	1	0.10	7	0.29
7000 – 7500	7250	2	0.20	2	0.05
7500 – 8000	7750	5	0.50	2	0.05
8000 – 8500	8250	5	0.50	1	0.00
8500 – 9000	8750	10	1.00	2	0.05
9000 – 9500	9250	6	0.60	1	0.00
9500 – 10000	9750	2	0.20	4	0.14
10000 – 10500	10250	1	0.10	15	0.69
10500 – 11000	10750	2	0.20	22	1.00
Maximum score/Total scores		10 / 59		22 / 172	

TABLE I. Age data for the construction of age frequency distribution functions and curves displayed in figure 2. Mean ages (yr BP), soil and sediment bulk scores and normalized values (N) are displayed. Shaded bins are those closely related to the 8.2 and 4.2 ka climatic events.

RESULTS AND DISCUSSION

Seventy-five geochronological data (^{14}C , Th/U, OSL, TL ages) have been gathered for the studied region covering

the last 11 ka, fifteen of which correspond to calcretes and carbonate soils. The robust data set of ^{14}C ages allows to construct a detailed age frequency distribution function discriminating periods (bins) of 500 years. The analysis clearly identifies the climatic events of 8.2 and 4.2 ka, recently considered GSSP for the base of Northgrippian and Megalayan ages respectively, as drier periods where minor sedimentation but enhanced calcrete formation took place, especially during the first event. The analysis also identifies the Holocene optimum, as well as the Roman and Medieval warm periods as phases of major sedimentation.

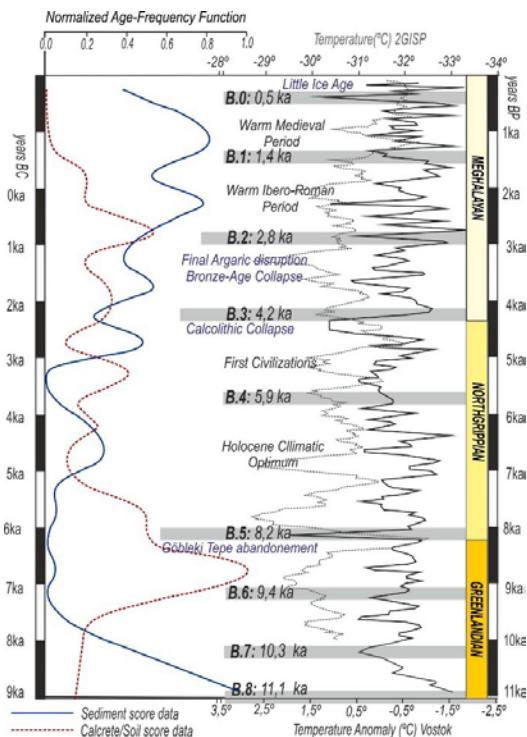


FIGURE 2. Normalized frequency distribution curve for sediment (solid line) and soil calcrete (dotted line) scores calculated in this study. Maximum sediment score before normalization was 28 in bin 10.5-11 ka. Maximum soil score was 22 in bin 8.5-9.0 ka. Climatic framework modified from Silva et al. (2017). B.1, B.2, etc. denote Bond Events.

The obtained frequency age curves clearly display an overlapping and alternating pattern of sediment production vs soil development from c. 11 to c. 4 ka, coinciding with the two first ages (Northgrippian and Greenlandian) of the Holocene. This initial timespan of the Holocene peaks (maximums) of sedimentation clearly coincides with troughs (minimums) of soil formation. Sedimentation reaches its maximum value during the end of the deglaciation between c. 11 and 10.5 ka, whilst soil formation reaches its maximum in the following timespan between 9.5 and 7.0 ka (Fig. 2). It is along this time span, when sediment production reaches its lowest values during the entire Holocene, with minimum score (value = 0) during Bond events B6 and especially during B5 at 8.2 ka. The latter is one of the driest periods of the Holocene being the boundary between the Northgrippian and the Greenlandian ages at global scale (Walker et al., 2019) being clearly identified as the most important period of soil/calcrete development in SE

Spain during the Holocene and, consequently, of landscape stabilization.

The alternating pattern of sediment and soil development frequency curves continues after 7 ka and sediment production is recovered during the Holocene Climatic Optimum, but with score values about 70 - 60% lower than those recorded during the first period (Fig. 2; Table 1). Sedimentation peaks are also clearly related to other Holocene warm intervals, showing increasing values. This is the case of those linked to the dawn of the first civilizations (c. 5 ka), the Early Bronze Age (c. 3.5 ka), the Roman and the medieval warm periods (Fig. 2). During this second period of increasing sedimentation of the Holocene, peaks of soil development occur almost coincident or immediately soon after the Bond events B4, B3 and B2 (Fig. 2).

Although it is not the most relevant peak, the second one of these Bond events (B3) fairly coincides with the Northgrippian and Meghalayan boundary at 4.2 ka. In many middle to low latitude regions, this transition coincides with an abrupt aridification period at 4.2 ka, having in some areas profound societal effects, with rain-fed region abandonments and societal collapses archaeologically visible across the eastern Mediterranean (Greece, Palestine, Egypt), Mesopotamia, the Indus Valley and also in Spain (Walker et al., 2019). In detail, the 4.2 ka event in Spain coincides with the abrupt end of the Chalcolithic settlements (i.e. Los Millares) and their sharp replacement by the Argaric culture of the Early Bronze Age as displayed by “summed calibrated radiocarbon date range distributions” (SCRDRDs) for archaeological sites in SE Spain (Blanco-Gonzalez et al., 2018). In this sense, well developed Chalcolithic soil horizons dated to ~4400 to 4200 cal. yr BP are actually prominent features across the Guadalentín Depression (Murcia) topping early Holocene sequences of palustrine deposits (Calmel-Avila, 2002). This chalcolithic soil coincides with a period of fan surface stabilization (no deposition), the initial stages of fan dissection (Silva et al., 2008) and a sharp population drop in the area (Calmel-Avila, 2002).

The last peak of soil development occurred immediately after Bond Event B2 (2.8 ka BP). This event is not globally significant, but relevant in the semiarid SE Spain linked to the eventual collapse of the Argaric Bronze Age societies in the area (i.e. La Bastida de Totana; Blanco-Gonzalez et al., 2018), and the general desiccation and dissection of the palustrine environments in the Murcia region (Silva et al., 2008). This episode of soil development is characterized by the recarbonation of organic soils and sediments deposited during the early Bronze Age (Roquero et al., 2019) and an important depopulation of the zone, which is not recovered again until Ibero-Roman times (2.2 - 2.0 ka; Calmel-Avila, 2002; Blanco-Gonzalez et al., 2018). From this episode onward, no significant soil development occurs, and major sedimentary inputs are linked to both the Warm Roman and Medieval periods (Fig. 2). During the Little Ice Age, sedimentation is related both to terrace development in entrenched fan surfaces and to dissected ancient palustrine wetlands (Silva et al., 2008).

It is noteworthy to point out that the set of ages used in this study comes from very different studies, with different objectives. However, the obtained age frequency distribution curves depict not only the most important climatic fluctuations occurred during the antiquity, but also identify the 4.2 and 8.2 ka climatic events as dry periods prompt to develop carbonate soils, specially the 8.2 ka event (Fig. 2).

CONCLUSIONS

This study uses the set of available regional geochronological data (^{14}C , Th/U, OSL, TL) on alluvial sediments, calcrites and soils published for the semiarid SE Spain to build “Age Frequency Distribution Functions” for the last 11 ka. Most of the used data come from the set of paleoseismological and paleoclimatic research in the Murcia – Almería regions during the last 15 years. The gathered geochronological data set is of about 60 dates, of which 15 data correspond to calcrites and carbonate soils. The robust data set of ^{14}C ages allows to construct a detailed age frequency distribution function discriminating periods (bins) of 500 years. The analysis clearly identifies the climatic events of 8.2 and 2.4 ka, recently considered as GSSP for the Northgrippian and the Meghalayan ages, as drier periods with minor sedimentation, but enhanced calcrite formation, especially the first one. The analysis also identifies the Holocene optimum, as well as the Roman and Medieval warm periods as phases of major sedimentation.

ACKNOWLEDGEMENTS

The MINECO-FEDER Research Project CGL2015-67169-P (QTECTSPAIN-USAL) has funded this work.

REFERENCES

- Blanco-González, A., Lillios, K. T., López-Sáez, J.A., Drake, B. L. (2018): Cultural, Demographic and Environmental Dynamics of the Copper and Early Bronze Age in Iberia (3300–1500 BC): Towards an Interregional Comparison at the Time of the 4.2 ky BP Event. *Journal of World Prehistory*, 31:1–79
- Calmel-Avila, M. (2002): The Librilla “rambla” an example of morphogenetic crisis in the Holocene (Murcia, SE Spain). *Quaternary International*, 93-94: 101–108.
- Candy, I., Black, S. (2009): The timing of Quaternary calcrite development in semi-arid southeast Spain: Investigating the role of climate on calcrite genesis. *Sedimentary Geology*, 218: 6–15.
- Ferrater, M., Ortúñoz, M., Masana, E., Martínez-Díaz, J.J., Pallàs, R., Perea, H., Baize, S., García Meléndez, E., Echevarría, A., Rockwell, T., Sharp, W., Arrowsmith, R. (2017): Lateral slip rate of Alhama de Murcia fault (SE Iberian Peninsula) based on a morphotectonic analysis. *Quaternary International*, 451: 87-100.
- Insua Arevalo, J.M., García-Mayordomo, J., Salazar, A., Rodríguez-Escudero, E., Martín-Banda, R., Álvarez Gómez, J. A., Canora, C., Martínez Díaz, J. (2015): Paleoseismological evidence of Holocene activity of the Los Tollos Fault (Murcia, SE Spain): A lately formed Quaternary tectonic feature of the Eastern Betic Shear Zone. *Journal of Iberian Geology* 41 (3): 333-350
- Martínez-Díaz, J.J., Masana, E., Hernández-Enrile, J.L., Santanach, P. (2003): Effects of repeated paleo-earthquakes on the Alhama de Murcia fault (Betic Cordillera, Spain) on the Quaternary evolution of an alluvial fan system. *Annals of Geophysics*, 46 (5): 775–792.
- Masana, E., Martínez Díaz, J.J., Hernández-Enrile, J.L., Santanach, P. (2004): The Alhama de Murcia fault (SE Spain), a seismogenic fault in a diffuse plate boundary. *Journal of Geophysical Research*, 109, B01301: 1-17.
- Masana, E., Pallàs, R., Perea, H., Ortúñoz, M., Martínez-Díaz, J.J., García-Meléndez, E., Santanach, P. (2005): Large Holocene morphogenic earthquakes along the Albox fault, Betic Cordillera, Spain. *Journal of Geodynamics*, 40: 119-133.
- Masana, E., Moreno, X., Gràcia, E., Pallàs, R., Ortúñoz, M., López, R., Gómez-Novell, O., Ruano, P., Perea, H., Stepancikova, P., Khazaradze, G. (2018): First evidence of paleoearthquakes along the Carboneras Fault Zone (SE Iberian Peninsula): Los Trances site. *Geologica Acta*, 16 (4): 461-476.
- Ortúñoz, M., Masana, E., García-Meléndez, E., Martínez-Díaz, J.J., Stepancikova, P., Proença Cunha, P., Sohbati, R., Buylaert, J.P., Canora, C., Murray, A.S. (2012): Paleoseismic study of a slow-moving and silent fault termination: The Alhama de Murcia-Góñar system (Eastern Betics, Spain). *Geological Society of America Bulletin*, 124 (9/10): 1474 – 1494.
- Roquero, E. Silva, P.G., Élez, J., Rodríguez-Pascua, M.A., Medialdea, A. (2019). Registro edáfico de los cambios paleoambientales en la Depresión del Guadalentín durante el Holoceno (Murcia, SE España). En: *XV Reunión Nacional de Cuaternario*: 235 – 237.
- Schulte, L., Julià, R., Burjachs, F., Hilgers, A. (2008): Middle Pleistocene to Holocene geochronology of the River Aguas terrace sequence (Iberian Peninsula). *Geomorphology*, 98: 13-33.
- Silva, PG., Bardají, T., Calmel-Ávila, M., Goy, J.L., Zazo, C. (2008): Transition from alluvial to fluvial systems in the Guadalentín Depression (SE Spain) during the Holocene: Lorca Fan versus Guadalentín River. *Geomorphology*, 100: 140-153.
- Silva, P.G., Roquero, E., Bardají, T. Baena-Presley, J., Cearreta, A., Rodríguez Pascua, M.A.; Rosas, A.; Zazo, C., Goy, J.L. (2017): El Periodo Cuaternario: La Historia Geológica de la Prehistoria. *Cuaternario y Geomorfología*, 31 (3-4): 113-154
- Walker, M., Head, M.J., Berkhamer, M., Svante, B., Cheng, H., Cwynar, L., Fisher, D., Gkinis, V., Long, A., Lowe, J., Newnham, R., Rasmussen, O., Weiss, H. (2019): Formal ratification of the subdivision of the Holocene Series/Epoch (Quaternary System/Period). *Episodes*, 41 (4): 213 – 223.

The timing of Quaternary phases of fan development and soil formation in the semi-arid SE Spain (Eastern Betic Cordillera).

Fases cuaternarias de sedimentación y formación de suelos en el SE semiárido de España (Cordillera Bética Oriental).

P.G. Silva¹, E. Roquero², T. Bardají³, J. Eléz¹

1 Dpto. Geología, Universidad de Salamanca, Escuela Politécnica Superior. Ávila Spain. pgsilva@usal.es; j.elez@usal.es

2 Dpto. Edafología. E.T.S.I. Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, Spain. elvira.roquero@upm.es

3 U.D. Geología. Universidad de Alcalá. Alcalá de Henares (Madrid), Spain. teresa.bardaji@uah.es

Abstract: This work uses the set of available regional geochronological data (OSL, TL, ^{14}C , Th/U) on alluvial sediments, calcretes and soils for the semiarid SE Spain to build a theoretical timescale for the most important phases of sedimentation and soil formation occurred in the zone from the Middle Pleistocene to the Holocene. Most of the data come from the set of paleoseismological and paleoclimatic research carried out in the regions of Murcia and Almería over the past 15 years. The gathered geochronological data set has 122 dates, 36 for calcic soils and calcretes and 86 for sediments and covers the last 400 ka. The analysis is based on the construction of age-frequency distribution functions discriminating periods of 5 ka, which offer sufficient resolution to distinguish among different Oxygen Isotopic Stages (OIS) occurred during the period of analysis. The analysis excludes age-data for the last 5 ka, since the large number of records published for this time-period will produce an anomalous peak. A detailed study of the Holocene data is presented in another contribution. Calcretes appears as elements developed during the last stages of warm isotopic stages (OIS 9 to 1), whilst sedimentation dominated during the transition between warm-cold isotopic stages, especially during terminations II to I, coinciding with deglaciation periods.

Keywords: Fan sediments, calcretes, chronology, isotopic stages, SE Spain.

Resumen: Este trabajo usa el conjunto de datos geocronológicos (OSL, TL, ^{14}C , Th/U) sobre sedimentos aluviales, calcretas y suelos existentes para el SE semiárido de España con la finalidad de construir una escala temporal teórica de las fases de sedimentación y formación de suelos más significativas ocurridas en la zona desde el Pleistoceno medio hasta el Holoceno. La mayoría de los datos proceden del conjunto de investigaciones paleoseismológicas y paleoclimáticas realizadas en la zona de Murcia y Almería durante los últimos 15 años. El conjunto de datos geocronológicos publicados recoge 122 fechas, 36 para suelos calizos y calcretas y 86 para sedimentos y cubre los últimos 400 ka. El análisis se basa en la construcción de funciones de distribución de edad-frecuencia discriminando períodos de 5 ka, que ofrecen suficiente resolución para distinguir entre los diferentes estadios isotópicos de oxígeno (OIS) ocurridos durante el período de análisis. El análisis excluye los datos de edad de los últimos 5 ka, ya que la gran cantidad de registros publicados para este período de tiempo producirá un pico anómalo. El análisis indica que las calcretas son elementos que preferentemente se desarrollan durante las últimas etapas de los estadios isotópicos cálidos (OIS 9 al 1), mientras que la sedimentación es dominante durante la transición entre los estadios isotópicos fríos a cálidos, especialmente durante las terminaciones II a I, coincidiendo con los períodos de deglaciación.

Palabras clave: Sedimentación aluvial, calcretas, cronología, estadios isotópicos, SE España

INTRODUCTION

Main analysis of Quaternary sedimentation and soil formation in the semiarid SE Spain comes from the Murcia and Almería regions (Schulte et al., 2008; Silva et al., 2008; Candy et al., 2009; Roquero et al., 2019). These studies indicate that calcretes are primarily interglacial stage elements (warm Oxygen Isotopic Stages; OIS) and sedimentation is commonly attributed to increased sediment supply during glacial to interglacial transitions (cold to warm OIS). However, most of these works use limited geochronological databases and their coverage is normally local.

This work uses the set of available regional geochronological data (OSL, TL, Th/U, ^{14}C) on alluvial sediments,

calcretas and soils for the semiarid SE Spain to build a theoretical timescale for the most important phases of sedimentation and soil formation occurred in the zone from the Middle Pleistocene to the Holocene. More recent geochronological data (< 400 ka) mainly come from paleoseismological and paleoclimatic research in the zone over the past 15 years (i.e. Calmel-Avila, 2002; Masana et al., 2004; 2005; Schulte et al., 2008; Silva et al., 2008; Candy et al., 2009; Ortúñoz et al., 2012; Insua et al., 2015; Ferrater et al., 2017; Masana et al., 2018). Older date estimations (> 400 ka) come from theoretical paleoclimatic analogues recently developed in the zone by the authors in paleosol sequences offset by the Palomares fault in Murcia (Roquero et al., 2019).

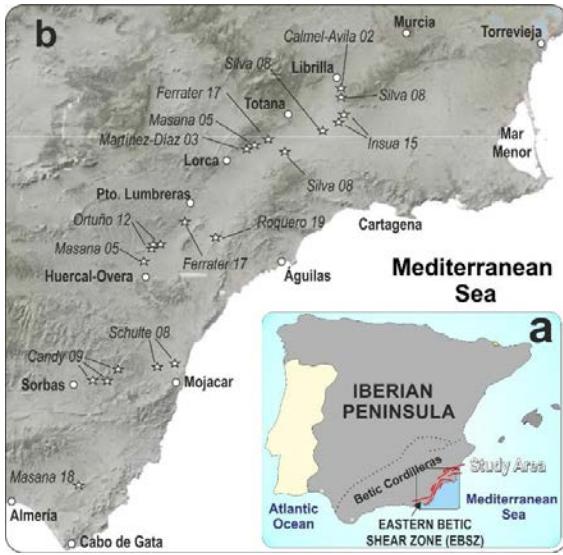


FIGURE 1. Location of the more relevant outcrops for the age data sets used in this study. (a) Location within the Iberian Peninsula; (b) Location in SE Spain. The stars indicate the papers (first author and year of publication) in which the age data sets appeared.

MATERIAL AND METHODS

The gathered geochronological data set includes 122 dates, 36 for calcic soils and calcretes and 86 for sediments and covers, the last 400 ka. The used method is based on the “geochronological frequency distribution” functions like those used by Candy et al. (2009) in the same zone, discriminating periods (bins) of 5 ka. This analysis considers not just the mean ages themselves resulting of the different dating methods, but the uncertainties associated with each age estimate (\pm errors). This is especially relevant here, as we are comparing ages resulting from diverse analytical methods with different dating precision. The collected database of ages and related uncertainties cover the last c. 400 ka for both calcretes and fan sediments (Table 2) imposed by the common age-limits of the used analytical methods. The calcrete dataset is nearly the same than those used by Candy et al. (2009), but updated with new Th/U ages published for the studied zone (i.e. Ferrater et al., 2017; Masana et al., 2018).

Following the method proposed by Candy et al. (2019) the timespan covered by the geochronological dataset has been subdivided into bins of 5 ka and the occurrence of ages and uncertainties in each of the bins is weighted through a score attached to the mean age itself (value = 3) and the timespan covered by its associated uncertainty (value = 1). For instance, a bin that contains one mean age (value = 3) and is overlapped by an uncertainty of other sample (value = 1) would receive a score of 4, whilst a bin that contains two mean ages and overlapped by two uncertainties would receive a score of 8 (Candy et al., 2009; page 10). The resulting frequency distribution for SE Spain (Murcia-Almería regions) is shown in Fig. 2. The oldest calcrete age is 304 ± 24 ka and the youngest one 6.6 ± 1.2 ka. The fan sediments dataset is newly analyzed in this study and the oldest age is 324 ± 24 ka (maximum age of 348 ka). In the

analyzed dataset, several age data have been excluded:

(1) Ages younger than 5 ka (last 5000 years) since most of these ages, coming from the numerous paleoseismological studies in the zone, largely overpass the amount of data for previous time-bins and would generate an artificial peak during the Late Holocene. The Holocene geochronologic data set is analyzed in another study of this same volume.

(2) Ages with oversized uncertainty ranges over ± 50 ka, since they can overlap several isotopic stages, especially those occurred after OIS6. This is the case of some age data published by Candy et al. (2009) and Schulte et al. (2008).

(3) Ages from travertine deposits, since these carbonate bodies are difficult to assign to phases of sedimentation or soil formation. This is the case of many of the dates reported by Shütle et al. (2008) and other papers on travertines not considered in this study.

Due to the important misbalance between the number of age-data for soils and sediments (36 vs 86), as well as for maximum and minimum individual and total values of their respective scores (410 sediment vs 266 soil data) both datasets were normalized to provide a weighted comparison. Normalization is a statistical operation commonly used in morphometric analyses and digital map algebra in order to scale numeric or spatial datasets for its comparison (i.e. river log-profiles). This operation converts numeric datasets between values of 1 (maximum) and 0 (minimum) leading their comparison or computation by algebra functions.

RESULTS AND DISCUSSION

The age distribution displayed in Fig. 2 suggests that pedogenic processes leading the formation of calcrete horizons and carbonate soils in SE Spain primarily occur during ‘warm’ isotope stages from OIS 9 to 1, with very few calcrete ages occurring during cold glacial/stadial stages (OIS 2 to 8). From 300 to 150 ka calcrete development and sediment production display a clear alternating pattern of peaks of calcrete scores coinciding with troughs of sediment and vice-versa. Due to the major amount of age data for the last 150 ka, in this period normalized age-frequency curves exponentially growth and overlap. However, the pattern of peaks of calcrete scores coinciding with troughs of sediment is still visible during the entire last interglacial period (OIS 5), especially during the stadials 5a, 5c. In contrast, the warm stadial of the OIS3 displays a large anomaly with a significant drop in both sediment production and soil formation between 60 and 30 ka (Fig. 2).

Calcrete/soil development seems to be a function of the environments that existed during ‘warm’ isotope stages in SE Spain, which favored pedogenic processes for carbonate leaching and accumulation. These favorable conditions are enhanced during the last phases of these warm isotope stages, as visibly occur during OIS1, OIS5, OIS7 and OIS9 (Fig. 2). As proposed by previous authors (i.e.

Candy et al., 2009; Roquero et al., 2019) in semiarid regions it is likely that increased aridity during the intervening glacial stages, coupled with reduced vegetation and accelerated landscape instability, was crucial in reducing rates of calcrete formation. The aforementioned “OIS 3 anomaly” occurred during the last glacial cycle and aridity, from the hydric point of view, would be extreme. There was no sufficient water for sediment production neither for the activation of pedogenic processes. Maybe enhanced erosion and large-scale landscape instability dominated this period (60 to 30 ka), during which Neanderthals become eventually extinct in southern Spain. In the case of the present interglacial, soil formation dominated during its first 5000 years, after a period of significant sedimentation between 15,000 and 10,000 years (Fig. 2). Soil data for the Late Holocene are significantly small, and only soil development correlative to the collapse of Chalcolithic populations in the area (c. 4.2 ka climatic event) was relevant (Carmel-Avila, 2002; See Silva et al., this volume).

On the other hand, sediment production primarily occurs during the intervening cold periods, but especially during the glacial-interglacial transitions and initial phases of warm stages. This is especially visible during the so-called Terminations I, II and III (deglaciations), related to the end of the cold isotope stages OIS2, OIS6 and OIS 8 respectively (Fig. 2). OIS 6 represents a probable anomaly, since during the first half of this cold stage (c. 180 – 150 ka) soil development dominates (Fig. 2). This anomaly could be related with some findings in the eastern Mediterranean indicating the occurrence of very low $\delta^{18}\text{O}$ (6‰ to 12‰) and $\delta^{13}\text{C}$ values (11‰) typical of warm intervals during the period c. 178 to 152 ka (Ayalon et al., 2002). These authors indicate that rainfall increased dramatically due to the northwards shift of the African monsoons. These isotopic records indicate that climate was as cold as much of the last glacial, but the conditions were never as dry. Paleoenvironmental data from Spain indicate that precipitation was sufficient in southern Mediterranean Europe during OIS 6 for the persistence of temperate trees (Blain et al., 2017), and therefore favoring soil development.

The last identified peak of calcrete development is related with the last phases of the warm isotopic stage OIS9, around 300 ka (Candy et al., 2009; Roquero et al., 2019). During this period, mature calcretes topping the oldest preserved fan surfaces in SE Spain developed (Silva 2015). Fluvial terraces of this age and oldest ones also show the development of similar mature calcretes (Candy et al., 2009), which could be up to 2-3 m thick, with nice laminar horizons (Silva, 2015). This phase of sedimentation, ending at c. 300 ka, marks the end of the most relevant phase of uplift along the faulted mountain front of the zone (relief generation) and coincides with the second phase of alluvial fan development of Silva (2015). The first phase the alluvial fan sediments are tectonised and incorporated to the marginal reliefs. From this period onward, tectonic modification of the relief is very limited, and restricted to relatively small surface faulting events of metric scale (Silva, 2015).

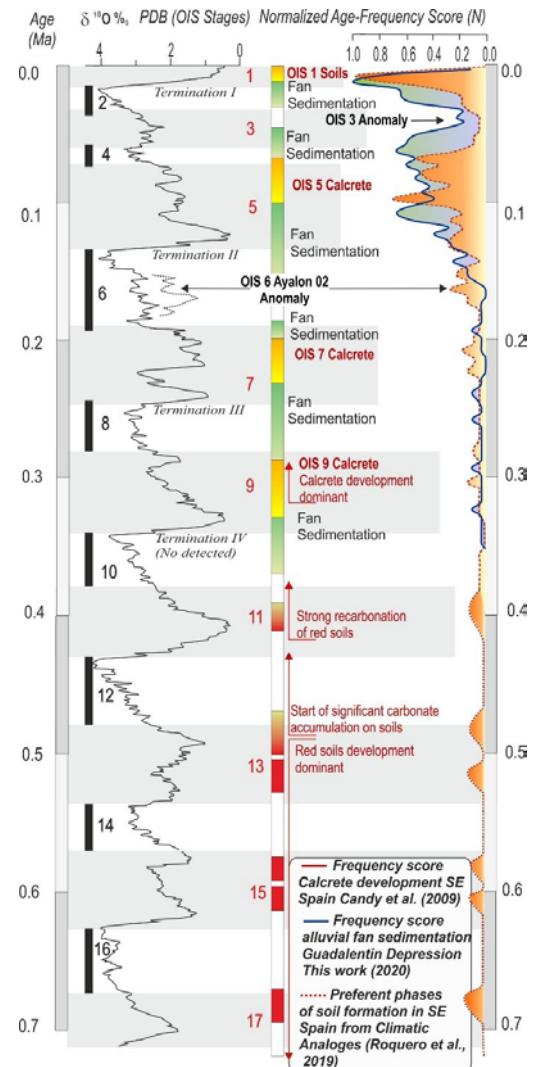


FIGURE 2. Normalized frequency distribution curve for sediment (solid line) and soil calcrete (dotted line) scores calculated in this study. Climatic framework modified from Roquero et al. (2019).

Using the paleoclimatic analogues for soil sequences proposed for the zone (Roquero et al., 2019) is possible to infer periods of soil development up to the latest stages of OIS 17 around 700-710 ka (Fig. 2). These data imply that the second fan sedimentation phase of Silva (2015) would start around the isotope stage OIS 17, soon after the Middle-Lower Pleistocene boundary at 780 ka BP. Climatic analogues proposed for the zone also match with published paleomagnetic data for soil sequences in the zone, all of them developed during the Brunhes Normal Chron (Roquero et al., 2019). Data from these last authors indicate that carbonate accumulation and recarbonation of previous red soils (Bt, argilic horizons) developed in the zone start to be significant from isotope stage OIS 11, which presents similar environmental conditions to OIS 1 in the Mediterranean region (Ayalon et al., 2002). From OIS 9 onwards widespread calcrete development dominated (Fig. 2). Less mature calcretes occur during the OIS 5 and carbonate soils (calcic horizons) developed during the early Holocene.

CONCLUSIONS

The study gathers 122 dates, 36 for calcic soils and calcretes and 86 for sediments, covering the last 400 ka. The analysis is based in the construction of age-frequency distribution functions discriminating periods of 5 ka, which offer sufficient resolution to distinguish among different Oxygen Isotopic stages (OIS) occurred during the period of analysis. The study excludes age-data for the last 5ka, since the big number of records published for this time-period would produce an anomalous peak.

The study identifies alternating periods of sedimentation and soil formation from the Brunhes-Matuyama boundary (OIS 17 – OIS 18). Calcretes and carbonate soils appear as elements developed during the last stages of warm isotopic stages, whilst sedimentation dominated during the transition between warm-cold isotopic stages, especially during terminations III to I, coinciding with deglaciation periods. Climatic anomalies detected in isotope stages OIS 3 (warm) and OIS 6 (cold) seem to be related to regional anomalies in the Mediterranean region linked to anomalous shifts of the African monsoons (to be studied).

ACKNOWLEDGEMENTS

The MINECO-FEDER Research Project CGL2015-67169-P (QTECTSPAIN-USAL) has funded this work.

REFERENCES

- Ayalon, A., Bar-Matthews, M., Kaufman, A. (2002): Climatic conditions during marine oxygen isotope stage 6 in the eastern Mediterranean region from the isotopic composition of speleothems of Soreq Cave, Israel. *Geology*, 30 (4): 303 – 306.
- Blain, H.A., Cruz Silva, J.A., Jiménez Arenas, J.M., Margari, V., Roucoux, K. (2018): Towards a Middle Pleistocene terrestrial climate reconstruction based on herpetofaunal assemblages from the Iberian Peninsula. *Quaternary Science Reviews* 191: 167-188
- Calmel-Avila, M. (2002): The Librilla “rambla” an example of morphogenetic crisis in the Holocene (Murcia, SE Spain). *Quaternary International*, 93-94: 101–108.
- Candy, I., Black, S. (2009): The timing of Quaternary calcrete development in semi-arid southeast Spain: Investigating the role of climate on calcrete genesis. *Sedimentary Geology*, 218: 6–15.
- Ferrater, M., Ortúñoz, M., Masana, E., Martínez-Díaz, J.J., Pallàs, R., Perea, H., Baize, S., García Meléndez, E., Echevarría, A., Rockwell, T., Sharp, W., Arrowsmith, R. (2017): Lateral slip rate of Alhama de Murcia fault (SE Iberian Peninsula) based on a morphotectonic analysis. *Quaternary International*, 451: 87-100.
- Insua Arevalo, J.M., García-Mayordomo, J., Salazar, A., Rodríguez-Escudero, E., Martín-Banda, R., Álvarez Gómez, J. A., Canora, C., Martínez Díaz, J. (2015): Paleoseismological evidence of Holocene activity of the Los Tollos Fault (Murcia, SE Spain): A lately formed Quaternary tectonic feature of the Eastern Betic Shear Zone. *Journal of Iberian Geology* 41 (3): 333-350
- Martínez-Díaz, J.J., Masana, E., Hernández-Enrile, J.L., Santanach, P. (2003): Effects of repeated paleo-earthquakes on the Alhama de Murcia fault (Betic Cordillera, Spain) on the Quaternary evolution of an alluvial fan system. *Annals of Geophysics*, 46 (5): 775–792.
- Masana, E., Martínez Díaz, J.J., Hernández-Enrile, J.L., Santanach, P. (2004): The Alhama de Murcia fault (SE Spain), a seismogenic fault in a diffuse plate boundary. *Journal of Geophysical Research*, 109, B01301: 1-17.
- Masana, E., Pallàs, R., Perea, H., Ortúñoz, M., Martínez-Díaz, J.J., García-Meléndez, E., Santanach, P. (2005): Large Holocene morphogenetic earthquakes along the Albox fault, Betic Cordillera, Spain. *Journal of Geodynamics*, 40: 119-133.
- Masana, E., Moreno, X., Gràcia, E., Pallàs, R., Ortúñoz, M., López, R., Gómez-Novell, O., Ruano, P., Perea, H., Stepancikova, P., Khazaradze, G. (2018): First evidence of paleoearthquakes along the Carboneras Fault Zone (SE Iberian Peninsula): Los Trances site. *Geologica Acta*, 16 (4): 461-476.
- Ortúñoz, M., Masana, E., García-Meléndez, E., Martínez-Díaz, J.J., Stepancikova, P., Proença Cunha, P., Sohbati, R., Buylaert, J.P., Canora, C., Murray, A.S. (2012): Paleoseismic study of a slow-moving and silent fault termination: The Alhama de Murcia-Góñar system (Eastern Betics, Spain). *Geological Society of America Bulletin*, 124 (9/10): 1474 – 1494.
- Roquero, E. Silva, P.G., Rodríguez-Pascua, M.A., Bardají, T., Élez, J., Carrasco-García, P., Giner-Robles, J. (2019). Geomorphology and pedology of faulted fan surfaces and paleosols in the Palomares Fault Zone (Betic Cordillera, SE Spain). *Geomorphology*, 342: 196 – 209.
- Schulte, L., Julià, R., Burjachs, F., Hilgers, A. (2008): Middle Pleistocene to Holocene geochronology of the River Aguas terrace sequence (Iberian Peninsula). *Geomorphology*, 98: 13-33.
- Silva, P.G. (2015): The Guadalentín Tectonic Depression, Betic Cordillera, Murcia. En: *Landscapes and landforms of Spain* (Gutiérrez, F., Gutiérrez, M. eds.). Springer Science, World Geomorphological Landscapes Series, Elsevier, Amsterdam, 25 -35.
- Silva, PG., Bardají, T., Calmel-Ávila, M., Goy, J.L., Zazo, C. (2008): Transition from alluvial to fluvial systems in the Guadalentín Depression (SE Spain) during the Holocene: Lorca Fan versus Guadalentín River. *Geomorphology*, 100: 140-153.

Tabla Cronoestratigráfica del Cuaternario de la Península Ibérica v 3.0

Chronostratigraphic Chart for the Quaternary of the Iberian Peninsula v 3.0

P.G. Silva¹, T. Bardaji², J. Baena³, J.L. Giner-Robles⁴, J. van der Made⁵, C. Zazo⁶, A. Rosas⁵ y J. Lario⁷

1 Dpto. Geología, Universidad de Salamanca (USAL), Escuela Politécnica Superior Ávila, Ávila, España.; pgsilva@usal.es

2 U.D. Geología. Universidad de Alcalá. Alcalá de Henares (Madrid), España. teresa.bardaji@uah.es

3 Depto. Prehistoria y Arqueología. Universidad Autónoma de Madrid, Cantoblanco, Madrid. javier.baenal@uam.es

4 Dpto. Geología y Geoquímica, Universidad Autónoma de Madrid, Cantoblanco, Madrid. jorge.giner@uam.es

5 Dpto. Paleobiología, Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC, Madrid. jvdm538@mncn.csic.es; arosas@mncn.csic.es

6 Dpto. Geología, Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC. Madrid. mcnze65@mncn.csic.es

7 Dpto. Ciencia Analíticas, Facultad de Ciencias, UNED. Madrid; Javier.Lario@ccia.uned.es

Palabras clave: Cuaternario, Cronoestratigrafía, fauna, prehistoria, yacimientos, Península Ibérica.

Resumen

La tercera edición de la Tabla Cronoestratigráfica del Cuaternario de la Península Ibérica (v 3.0) sustituye a las versiones más antiguas editadas en 2007 y 2009 (Silva *et al.*, 2009). Desde esta fecha la Comisión Internacional de Estratigrafía (ICS), y más concretamente la Subcomisión de Estratigrafía del Cuaternario (SQS), ha estado trabajando tanto en la definición del Periodo Cuaternario como en sus subdivisiones, aportando nuevos GSSP (Global Stratotype Section and Points) para los mismos. La nueva tabla incluye los GSSPs recientemente aprobados para la subdivisión del Holoceno (Groenlandiense, Norgripiense y Meghalayense; Walker *et al.*, 2018), así como el nuevo piso Chibaniense (0,774-0,129Ma) ratificado por la IUGS a principios de año (Head *et al.*, 2020), que sustituye al Pleistoceno Medio. Esta tercera edición también incluye todas las modificaciones y correcciones que han surgido desde entonces, y una lista de referencias actualizada. La tabla 3.0 incluye también una versión digital para ser consultada desde dispositivos electrónicos (ordenadores, tablets, teléfonos móviles, etc.). La tabla se implementará en la plataforma “Genially” para la generación de archivos interactivos (<https://www.genial.ly/es>) que permitan el acceso a toda la información presente en la misma. Las ventajas más importantes son la interactividad del material, así como los enlaces a información complementaria (sitios web y artículos sobre el Cuaternario) contenidos en la nueva tabla.

Abstract

The third edition of the Chronostratigraphic Chart for the Quaternary of the Iberian Peninsula (v 3.0) substitutes the older 2007 and 2009 versions (Silva *et al.*, 2009). The International Commission on Stratigraphy (ICS), and more specifically the Subcommission on Quaternary Stratigraphy (SQS), has been working since 2009 both in the formal definition of the Quaternary status and its subdivisions, based on formally approved GSSPs (Global Stratotype Section and Points). This new Chart includes the recently approved GSSPs for the subdivisions of the Holocene epoch (Northgrippian, Greenlandian and Meghalayan; Walker *et al.*, 2018) and the Chibanian, that replaces the former Middle Pleistocene (0,774-0,129 Ma) ratified by the IUGS this year (Head *et al.*, 2020). This third edition also includes all the modifications and corrections that have arisen since then, and an updated reference list. The 3.0 chart also includes a digital version to be consulted from electronic devices (computers, tablets, mobile phones, etc.). The chart will be implemented in the Genially platform (<https://www.genial.ly/es>) for the generation of interactive files that allow access to all the information present in the table. The most important advantages will be the interactivity of the online chart as well as the links to complementary info (Quaternary websites and papers) to the data present in the table.

Referencias

- Head, M.J., Pillans, B. Zalasiewicz, J.A. *et al.* (2020). Episodes. <https://doi.org/10.18814/epiiugs/2020/020084>
- Silva, P.G., Zazo, C., Bardají, T., Baena, J., Lario, J., Rosas, A., Van der Made, J. (2009). En: *VII Reunión de Cuaternario Ibérico*, 259 – 263.
- Walker, M., Head, M.J., Berkelhammer, M., Björck, S., Cheng, H. *et al.* (2018). Episodes 41 (4), 213-223.

Ver Tabla formato A2 en contraportada

Las terrazas cuaternarias de los valles del Júcar y del Cabriel en su zona de confluencia en el corredor de Ayora-Cofrentes (Valencia).

Quaternary terraces of the Júcar and Cabriel valleys at their confluence zone within the Ayora-Cofrentes corridor (Valencia).

F. Tapias¹, P.G. Silva¹, J. Élez¹, E. Roquero² T. Bardají³, J.L. Giner-Robles⁴ y F. Gutiérrez⁵

1 Dpto. Geología. Universidad de Salamanca, Escuela Politécnica Superior de Ávila. España. ftapias@usal.es; pgsilva@usal.es; j.elez@usal.es
2 Dpto. Edafología. E.T.S.I. Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid (Madrid), España. elvira.roquero@upm.es

3 U.D. Geología. Universidad de Alcalá. Alcalá de Henares (Madrid), España. teresa.bardaji@uah.es

4 Dpto. Geología y Geoquímica. Universidad Autónoma de Madrid, Cantoblanco (Madrid), España. jorge.giner@uam.es

5 Dpto. Ciencias de la Tierra. Universidad de Zaragoza (Zaragoza), España. fgtutier@unizar.es

Palabras clave: Cuaternario, geocronología, terrazas fluviales, Júcar, Cabriel.

Resumen

El presente estudio, presenta los datos recopilados para la caracterización de la secuencia de terrazas cuaternarias de los valles de los ríos Júcar y Cabriel en su zona de confluencia. La zona de estudio abarca un radio de 10 km desde la zona de confluencias de ambos ríos en las inmediaciones de la población de Cofrentes (Valencia). Geológicamente se encuadra dentro del corredor tectónico de Ayora-Cofrentes en las estribaciones más nororientales de la Zona Externa Prebética y cerca de la Cordillera Ibérica meridional. Se analizaron 284 puntos de control en los sistemas de terrazas y se realizaron 23 dataciones (CENIEH) mediante distintos métodos (OSL, ESR, Th/U), pudiéndose documentar un total de 14 niveles de terrazas entre +130 m (T1) y +3-4 m (T14) de cota relativa sobre los cauces. La T1 posee una edad media de entre 1,5 – 2,0 M.a. ya que se encuentra atravesada por los materiales volcánicos datados del volcán de Agras (Sáenz-Ridruejo y López-Mariñas, 1975; Lendínez y Tena, 1980; Silva *et al.*, 2015). Las determinaciones geocronológicas realizadas indican que el tránsito Pleistoceno inferior-medio se sitúa ligeramente por encima de la T6 (+60m) que posee una edad ESR de c. 600 ka y que el comienzo del Pleistoceno superior se sitúa en el nivel T9 (+25-30 m) donde se han realizado numerosas dataciones OSL con edades comprendidas entre 180 y 82 ka. Toda esta información se está terminando de completar, reelaborar y sintetizar para intentar obtener un modelo evolutivo del desarrollo de estos valles principales y de sus tributarios (Jarafuel-Cautabán, Murell, Sácaras, etc.) durante el Cuaternario.

Abstract

*This work presents the characterization of the sequence of Quaternary terraces in the confluence zone of the rivers Júcar and Cabriel river valleys. The study area covers a radius of 10 km from the river confluence near the locality of Cofrentes (Valencia). The zone is within the northern area of the Ayora-Cofrentes tectonic corridor in the northeastern sector of the External Prebetic Zone adjacent to southern Iberian Cordillera. Two hundred eighty four control points were analyzed in the terrace system and 23 dates (CENIEH) were obtained by means of different dating methods (OSL, ESR, Th/U). Fourteen terrace levels were identified between +130 m (T1) and +3-4 m (T14) of relative height above the thalwegs. The T1 has an average age of c. 1.5 - 2.0 M.a. as is disrupted by dated volcanic materials from the Agras volcano (Sáenz-Ridruejo and López-Mariñas, 1975; Lendínez and Tena, 1980; Silva *et al.*, 2015). The obtained geochronological determinations indicate that the Lower-Middle Pleistocene transit is slightly above T6 (+60 m) which has an ESR age of c. 600 ka and that the beginning of the Upper Pleistocene is located at the T9 terrace (+25-30 m) where numerous OSL data have been achieved with ages between 180 and 82 ka. All this information is being completed, reworked and synthesized to obtain an evolutionary model of the development of these main valleys and their southern tributaries (Jarafuel-Cautabán, Murell, Sácaras, etc.) during the Quaternary. The MINECO-FEDER Research Project CGL2015-67169-P (QTECTSPAIN) has funded this work.*

Referencias

- Lendínez, A., Tena, M. (1980). *Mapa Geológico de España a escala 1:50,000, hoja nº 745 (Jalance) y memoria*. IGME, 28 p.
Sáenz-Ridruejo, C. y López-Mariñas, J.M. (1975). *Tecniterrae*, 6, 8-14
Silva, P.G., Giner-Robles, J.L., Elez, J., Rodríguez-Pascua, M.A., Perucha, M.A., Roquero, E., Huerta, P., Martínez-Graña, A. (2015). En: *XIV Reunión Nacional de Cuaternario, Granada*, 162-166.

Facies sedimentarias en lagos de alta montaña del Pirineo central durante el Holoceno tardío: tipología e interpretación deposicional

Late Holocene sedimentary facies in high mountain lakes of the Central Pyrenees: types and environmental interpretation

A. Vicente de Vera¹, M. Leunda², O. Sociats³, M.P. Mata-Campo⁴, B.L. Valero-Garcés¹

1 Instituto Pirenaico de Ecología (IPE) – CSIC, Avda. Montañana 1005, 50015 Zaragoza (Zaragoza) a.vicentevera@csic.es ; blas@ipe.csic.es

2 Institute of Plant Sciences & Oeschger Centre for Climate Change Research, University of Bern. Altenbergrain 21, CH-3013, Bern (Switzerland). maria.leunda@ips.unibe.ch

3 Dpto. Biología Evolutiva, Ecología y Ciencias Ambientales, Facultad de Biología, Universidad de Barcelona 08028 Barcelona. onasociats@gmail.com

4 Instituto Geológico y Minero de España, IGME. Calle Ríos Rosas 23. 28003 Madrid, España. p.mata@igme.es

Palabras clave: Facies lacustres, Antropoceno, Holoceno, Análisis multiproxy.

Resumen

En este trabajo se caracterizan sedimentológicamente y geoquímica los sedimentos depositados durante el Holoceno tardío en varios lagos de alta montaña del Pirineo Aragonés, de oeste a este: Acherito, La Sierra, Sabocos, Marboré, Urdiceto y Cregueña, todos ellos entre 1870 y 2630 msnm, y situados en cuencas con diferente geología, tanto silíceas (Vicente de Vera, 2017; Sociats, 2018) como carbonatadas (Leunda, 2019). Las facies sedimentarias se han caracterizado mediante un análisis multidisciplinar incluyendo técnicas sedimentológicas (granulometría, texturas, color, composición, y láminas delgadas), geoquímica elemental (ICP) y scanner de XRF de sondeos de gravedad recuperados en las zonas más profundas del lago. Las tasas de sedimentación y modelos de edad se han obtenido mediante ^{210}Pb , ^{137}Cs y ^{14}C . El análisis de facies permite reconstruir la evolución de los procesos de transporte de sedimentos desde la cuenca y la producción de materia orgánica en el lago durante los últimos 2000 años. Las secuencias sedimentarias muestran cambios asociados a períodos climáticos y actividad humana (minería, explotación hidroeléctrica).

Abstract

In this work, sediments deposited during the late Holocene in several high mountain of the Aragonese Pyrenees are characterized sedimentologically and geochemically, from west to east: Acherito, La Sierra, Sabocos, Marboré, Urdiceto and Cregueña, all of them between 1870 and 2630 masl, and located in basins with different geology, siliceous (Vicente de Vera, 2017; Sociats, 2018) and carbonated (Leunda, 2019). The sedimentary facies have been characterized through a multidisciplinary analysis including sedimentological techniques (granulometry, textures, color, composition, and thin sections), elementary geochemistry (ICP) and XRF scanner of gravity cores recovered in the deepest areas of the lake. Sedimentation rates and age models have been obtained using ^{210}Pb , ^{137}Cs and ^{14}C . Facies analysis allows the reconstruction of the evolution of sediment transport processes from the basin and production of organic matter in the lake during the last 2000 years. The sedimentary sequences show changes associated with climatic periods and human activity (mining, hydroelectric exploitation).

Referencias

- Leunda, M. (2019). *Millennial scale vegetation and fire dynamics at high altitudes in the Central Pyrenees*. Tesis Doctoral, Univ. de Zaragoza, 241 p.
- Sociats, O. (2018). *Reconstrucción de la dinámica sedimentaria y productividad del ibón de Cregueña en los últimos 2000 años*. Trabajo Fin Máster, Univ. de Barcelona, 27 p.
- Vicente de Vera, A. (2017). *Respuesta sedimentaria en un lago de alta montaña ante el impacto climático y antrópico: El Lago Urdiceto (Huesca)*. Trabajo Fin Máster, Univ. de Zaragoza, 39 p.

La respuesta heterogénea de los glaciares pirenaicos entre 2011 y 2020.

The heterogeneous response of Pyrenean glaciers between 2011-2020.

I.Vidaller¹, J. Revuelto¹, E. Izagirre², E. Alonso-González¹, S. Gascoin³, P. Rene⁴, E. Berthier³;
F. Rojas-Heredia¹, I. Rico², A. Moreno¹; J.I López-Moreno¹

1 Instituto Pirenaico de Ecología (IPE-CSIC). Avda. Montaña 1005 Zaragoza. Correos electrónicos de los autores: ixeia@ipe.csic.es; revuelto@ipe.csic.es; e.alonso@ipe.csic.es; frojash@ipe.csic.es; amoreno@ipe.csic.es; nlopez@ipe.csic.es.

2 Dept. of Geografía, Prehistoria and Arqueología, Universidad del País Vasco, Vitoria-Gasteiz. Correos electrónicos de los autores: izagirre.enaut@gmail.com; ibai.rico@ehu.eus.

3 CESBIO, Universidad de Toulouse, CNES/CNRS/IRD/UPS, Toulouse, Francia. Correos electrónicos de los autores: simon.gascoin@cesbio.cnes.fr; etienne.berthier@legos.obs-mip.fr

4 Asociación Moraine, Luchon, Francia. pierre.rene@wanadoo.fr

Palabras clave: glaciares, Pirineos, drones, balance de masas.

Resumen

Los glaciares pirenaicos se encuentran en un claro retroceso desde la Pequeña Edad de Hielo (PEH) y este se ha acelerado en las últimas décadas. El uso de tecnologías modernas como son los drones (UAVs), láser-escáner terrestre (TLS) o LiDAR nos ha permitido realizar un balance de masas entre los años 2011 y 2020, así como analizar la respuesta de estos glaciares al cambio climático. Se observa que las pérdidas de área superan el 20% (24.15%) y la pérdida media de espesor de es de 7.27m, lo que supone que algunos de estos glaciares han perdido en estos nueve últimos años la mitad del espesor que les queda en la actualidad. A estas pérdidas se les suma las que ya se conocían del 88.25% de su superficie entre 1850 y 2016 (Rico *et al.*, 2017), por lo que las pérdidas totales desde el final de la PEH ascienden a un 95.91%.

Este acelerado retroceso causa en estos glaciares, unos de los más meridionales de Europa, hace que estos pequeños glaciares ya no estén controlados por las condiciones climáticas regionales, si no que responden a factores topoclimáticos. Ofreciendo una respuesta muy heterogénea al calentamiento global que depende de factores como la orientación, la altitud y morfología del circo. Así, estos pequeños glaciares, muy retraídos y protegidos a las paredes de los circos pueden existir en zonas donde la temperatura media anual está en torno a 0°C (Grunewald y Scheithauer, 2010).

Abstract

*Pyrenean glaciers are in an evident shrinkage since Little Ice Age (LIA) with a marked tendency of glacier retreatment, and this decline has been accelerated in the recent decades. The use of modern technologies such as drones (UAVs), terrestrial laser scanner (TLS) and LiDAR has allowed us to obtain a mass balance between the years 2011 to 2020. We observed more than 20% area loss (24.15%) and 61.43hm³ of volume loss. Besides that, the mean thickness loss in all the glaciers studied is 7.27m, which means that some of these glaciers have lost half of their current thickness in the last nine years. To these losses we must add the shrinkage between 1850 to 2016, when glaciers loss the 88.25% of its area (Rico *et al.*, 2017), so the total losses since the end of the LIA mounts up to 95.91%.*

This accelerated shrinkage cause that these glaciers, ones of the southernmost glaciers in Europe, has now a topoclimatic control instead of directly responding to the regional climatic conditions, thus causing a heterogeneous response to the climate change that depends on altitude, orientation and cirque morphology. As a result, those small and retreated glaciers, protected to the cirque walls, may exist today in areas where average annual temperature is about 0°C (Grunewald and Scheithauer, 2010).

Referencias

- Grunewald, K. y Scheithauer, J. (2010). *Journal of Glaciology*, Vol. 56, No. 195, 129-142.
Rico, I., Izagirre, E., Serrano, E. and López-Moreno, L. M. (2017). *Pirineos. Revista de Ecología de Montaña*, doi: <http://dx.doi.org/10.3989/Pirineos.2017.172004>

Mineralogía magnética del depósito beachrock de Tunelboca (Ría de Bilbao, norte de España): Interrelación entre procesos sedimentarios naturales y desechos industriales ricos en hierro.

Magnetic mineralogy of Tunelboca beachrock deposit (Bilbao estuary, northern Spain): Interplay between natural sedimentary processes and industrial Fe-rich waste materials.

V. Villasante-Marcos¹, A. Cearreta², M.J. Irabien²

1 Observatorio Geofísico Central, Instituto Geográfico Nacional, Real Observatorio de Madrid, C/Alfonso XII, 3, 28014 Madrid.
vvillasante@mitma.es

2 Dpto. de Geología, Universidad del País Vasco UPV/EHU, Apartado 644, 48080 Bilbao, alejandro.cearreta@ehu.eus,
mariajesus.irabien@ehu.eus

Palabras clave: Tunelboca, magnetismo de rocas, contaminación industrial, beachrock.

Resumen

Se han estudiado las propiedades magnéticas del depósito beachrock de Tunelboca (desembocadura de la Ría de Bilbao, norte de España) para caracterizar su mineralogía magnética y obtener información sobre su formación y evolución. Esta caracterización se ha realizado de dos modos complementarios: por un lado, mediante la medida in situ de perfiles, tanto estratigráficos como superficiales, de la susceptibilidad magnética; y por otro, mediante el análisis en laboratorio de muestras discretas, determinándose su susceptibilidad magnética, curvas de histéresis y remanencia, y comportamiento termomagnético a alta temperatura. Los resultados indican una gran abundancia de magnetita, formada a partir del hierro presente en los desechos industriales originales, así como la presencia de otros oxi-hidróxidos de hierro. Parte del hierro no oxidado original sigue detectándose claramente en los materiales, especialmente en los más recientes. Esta caracterización magnética permite usar el depósito de Tunelboca como caso límite de material extremadamente rico en residuos industriales de hierro con el que comparar los datos de magnetismo ambiental obtenidos en los sedimentos intermareales recientes de la Ría de Bilbao y otras rías altamente contaminadas del norte peninsular. Debido a la naturaleza fuertemente magnética de los materiales de Tunelboca, el magnetismo de rocas se revela como una herramienta muy útil para el estudio de este caso singular y espectacular de depósito formado por la interrelación de procesos sedimentarios naturales con materiales industriales antropogénicos.

Abstract

Rock-magnetic properties of the Tunelboca beachrock deposit (Bilbao estuary mouth, northern Spain) have been investigated to characterize its magnetic mineralogy and to obtain information about its genesis and evolution. This magnetic characterization has been performed by two complementary methods: on one side, in situ measurement of stratigraphic and surface magnetic susceptibility profiles; and on the other, a laboratory analysis of discrete samples (magnetic susceptibility, hysteresis, remanence and high temperature thermomagnetic curves). The results indicate great abundance of magnetite derived from the iron present in the original industrial iron slag materials, as well as other iron oxy-hydroxides. Part of the original iron is also clearly detected in the samples, especially the most recent. This magnetic characterization allows us to use Tunelboca as an end-member of extremely Fe-rich industrial waste products when comparing with our environmental magnetism data from modern intertidal sediments along the Bilbao estuary and other highly polluted estuarine settings in northern Iberia. Due to the highly magnetic character of the Tunelboca materials, rock-magnetism reveals itself as a very useful tool to investigate this singular and spectacular example of a deposit formed by the interplay between natural sedimentary processes and anthropogenic industrial materials.

Propiedades magnéticas de los sedimentos recientes de los lagos Ausente e Isoba (Cordillera Cantábrica, norte de España) como trazadores de cambios ambientales e influencia antrópica.

Magnetic properties of recent sediments from Ausente and Isoba lakes (Cantabrian Range, northern Spain) as tracers of environmental changes and anthropic influence.

V. Villasante-Marcos¹, R. González², F. Martín², M. Morellón³, J. Gardoki³

1 Observatorio Geofísico Central, Instituto Geográfico Nacional, Real Observatorio de Madrid, C/Alfonso XII, 3, 28014 Madrid.
vvillasante@mitma.es

2 Dpto. Física de la Tierra y Astrofísica, Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Complutense de Madrid, 28040 Madrid.
ricarg01@ucm.es , fatima@ucm.es

3 Dpto. Geodinámica, Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, 28040 Madrid. mmorello@ucm.es , jgardoqu@ucm.es

Palabras clave: magnetismo ambiental, cambio ambiental, influencia antrópica, sedimentos lacustres, Holoceno.

Resumen

Se han estudiado las propiedades magnéticas de dos testigos de sedimentos recientes perforados en los fondos de los lagos Ausente (altitud ~1750 m) e Isoba (altitud ~1400 m) en la Cordillera Cantábrica (norte de España), analizándose tanto la susceptibilidad magnética de los testigos enteros (sensores core-through y de barrido superficial), como los parámetros magnéticos de muestras discretas, obtenidas submuestreando los testigos con resolución estratigráfica centimétrica (susceptibilidad magnética, ciclos de histéresis y remanencia, curvas termomagnéticas). Los resultados de esta caracterización magnética se han correlacionado con datos de contenido en materia orgánica y datos geoquímicos de abundancia de elementos mayoritarios y metales pesados. Se ha obtenido un modelo de edades para los testigos mediante datación precisa con ^{210}Pb y ^{137}Cs . Todos estos datos permiten reconstruir los cambios ambientales, tanto naturales como de origen antrópico, en esta zona, y que han quedado registrados en los sedimentos de los dos lagos durante los últimos cuatro siglos en el caso de Isoba y los últimos dos milenios en el caso de Ausente. La comparación entre ambos lagos, debido a su diferencia de altitud, permite además obtener información sobre diferencias en el tipo e intensidad de los impactos antrópicos que han afectado a cada uno de ellos.

Abstract

Two cores of recent sediments from Lake Ausente (altitude: ca. 1750 masl) and Lake Isoba (altitude: ca. 1400 masl), both in the Cantabrian Range (northern Spain), have been investigated for their rock-magnetic properties. We have measured magnetic susceptibility of whole cores (core-through and surface sensors), as well as magnetic parameters of discrete subsamples recovered from the cores at 1 cm stratigraphic resolution (magnetic susceptibility, hysteresis and remanence cycles, thermomagnetic cycles). The results of this magnetic characterization have been correlated with organic content and geochemistry data, both major element and heavy metal abundances. An age model has been obtained for the cores based on ^{210}Pb and ^{137}Cs precise dating. All these data allow the reconstruction of the environmental changes, being natural or anthropogenic, recorded in these lacustrine sediments during the last four centuries in Isoba and the last two millennia in Ausente. The comparison between both lakes, due to their difference in altitude, allows also to infer some information about differences in the type and intensity of the anthropic impacts experimented by each lake.

