



## EL PLEISTOCENO MEDIO Y SUPERIOR EN LA SECUENCIA GENERAL DE LAS TERRAZAS DEL GUADALQUIVIR (SGTG): NUEVAS DATACIONES POR LUMINISCENCIA DE LA T12 Y T13 EN LA RINCONADA (SW DE ESPAÑA)



R. Baena<sup>(1)</sup>, P.P. Cunha<sup>(2)</sup>, I.C. Guerrero<sup>(1)</sup>, J.J. Fernández<sup>(3)</sup>, M. Cortés<sup>(4)</sup>, P.G. Silva<sup>(5)</sup>, M. Simón<sup>(4)</sup>, A.S. Murray<sup>(6)</sup>, J.P. Buylaert<sup>(7)</sup>

(1) Dpto. Geografía Física y A.G.R., Facultad de Geografía e Historia. Universidad de Sevilla. C/ María de Padilla, s/nº, 41004-Sevilla. España. [baena@us.es](mailto:baena@us.es), [inmaquer@us.es](mailto:inmaquer@us.es)

(2) Earth Sciences Department. Marine and Environmental Sciences Centre (MARE). Universidade de Coimbra, Rua Silvío Lima, Pólo II, 3030-790-Coimbra, Portugal. [pcunha@dct.uc.pt](mailto:pcunha@dct.uc.pt)

(3) Seminario Francisco Sousa: Geomorfología, Paleontología y Arqueología. Universidad de Sevilla-Ayuntamiento de La Rinconada. Avda. Los Chapatales, s/nº, 41309-La Rinconada (Sevilla). España. [cultura@aytolarinconada.es](mailto:cultura@aytolarinconada.es)

(4) Dpto. Prehistoria y Arqueología, Facultad de Geografía e Historia. Universidad de Sevilla. C/ María de Padilla, s/nº, 41004-Sevilla. España. [mcortes@us.es](mailto:mcortes@us.es), [msimon@us.es](mailto:msimon@us.es)

(5) Dpto. Geología, Escuela Politécnica Superior de Ávila, Universidad de Salamanca. Avda. Hornos Caleros, 50, 05003-Ávila. España. [pqsilva@usal.es](mailto:pqsilva@usal.es)

(6) Nordic Laboratory for Luminescence Dating. Aarhus University, Risø DTU, Denmark. [anmu@dtu.dk](mailto:anmu@dtu.dk)

(7) Centre for Nuclear Technologies, Technical University of Denmark, Risø Campus, Denmark. [jabu@dtu.dk](mailto:jabu@dtu.dk)

**Abstract (The Middle and Upper Pleistocene in the General Sequence of the Guadalquivir River Terraces (GSGT): new luminescence ages from the T12 and T13 terraces (La Rinconada, SW Spain):** This work includes the luminescence dating (quartz-OSL, pIRIR on K-feldspar and TL) of the T12 and T13 terraces of the Guadalquivir River near La Rinconada (Seville). Lithic Acheulense industry is located from the basal USLC-1 unit of T12, together with remains of macromammal fauna. The results obtained of the analysis of the T12 terrace in "Sando-La Cabaña" show that the age of the unit lower in the terrace is older than 240 ka, probably, corresponding to MIS12-MIS11 or MIS10-MIS9. The upper part of the alluvial formation of the T13 presents an absolute age (quartz-OSL) of ca. 75 ka (MIS5a).

**Palabras clave:** Datación por Luminiscencia, Terrazas Río Guadalquivir, Cronoestratigrafía, Pleistoceno Medio y Superior

**Key words:** Luminescence dating, Terraces Guadalquivir River, Chronostratigraphic, Middle and Upper Pleistocene

### INTRODUCCIÓN

Desde la diferenciación de los conjuntos de terrazas Altas (T5 a T9) y Medias (T10 a T12) en la Secuencia General de las terrazas del Guadalquivir (SGTG; Baena, 1993), estas venían representando el Pleistoceno Medio fluvial de cronología más reciente de 780 ka, en base a la correlación de los resultados de polaridad normal disponibles en sus terrazas con época Brunhes (Baena y Díaz del Olmo, 1994). Ello supuso incluir, para el sector Carmona-Sevilla, las 8 terrazas desde la T5 (+145-160 m) a la T12 (+26-32 m) en una horquilla temporal de menos de 700 ka, algo improbable, dada su altura y elevado número, aunque aún defendido por algunos autores que sitúan el tránsito Pleistoceno Medio-Superior en la T11 (Caro et al., 2011). Sin embargo, los nuevos análisis paleomagnéticos de las terrazas Medias y Altas (Baena y Guerrero, 2011; Baena et al., 2017), con polaridad inversa en la T8 en Carmona (época Matuyama próxima al cambio de polaridad M/B); junto con las dataciones absolutas (TL) de más de 150 ka obtenidas en la T12 en "Jarillas" (Baena et al., 2014), permiten restringir el Pleistoceno Medio en la SGTG, a los niveles comprendidos entre la T9 (+80-86 m) y la T12 como última terraza media.

El objetivo de este trabajo es aportar nuevas dataciones mediante Termoluminiscencia (TL), Optically Stimulated Luminescence en granos de cuarzo (OSL) y post-IR Infrared Stimulated Luminescence (pIRIR) en feldespato, de las arenas

aluviales de la T12 y T13. Con ello, se pretende confirmar y completar los datos obtenidos en la litoestratigrafía de la terraza de "Las Jarillas", donde se integra un pleno Pleistoceno Medio final al que, localmente, se le puede superponer de modo lateral, una dinámica erosiva de meandros colmatados durante el Pleistoceno Superior (Baena et al., 2014).

### ÁREA DE ESTUDIO

En el valle inferior del Guadalquivir por su margen izquierda y al noreste de la ciudad de Sevilla, el municipio de La Rinconada contiene en su término los cinco últimos niveles de terraza (T10 a T14) que integran la SGTG (Fig. 1). Estas se disponen solapadas con superposición de aluvionamientos y sobre ellos, suelos rojos (luvisol cálcico con Bt/Bk o Ck) y pardo-rojizos (luvisol cálcico con Bw, Bt, Bk o Cg) además de otras formaciones post-aluviales (lacustres, terrazas y fondos de valle de arroyos). Los niveles altos corresponden a las primeras terrazas Medias T10 ("Saltillo") y T11 ("Tarazona"), situadas en el extremo suroriental del municipio, con alturas relativas que oscilan entre los +65-71 m y los +45-60 m (Fig. 1). Les siguen la T12 a +26-32 m, la más extensa, con un relleno sedimentario que supera los 17 m; y, separada de la anterior por un marcado escarpe erosivo, también la T13 o terraza de "San José" a +13-18 m y con más de 10 m de potencia. Por último se encuentra la "Llanura de La Rinconada" (T14), inmediata al río y a cotas de +8-9 m, donde dominan los materiales finos en su parte

superior sobre amplios *channel lag* de gravas y arenas, erosivos sobre las margas azules miocenas.

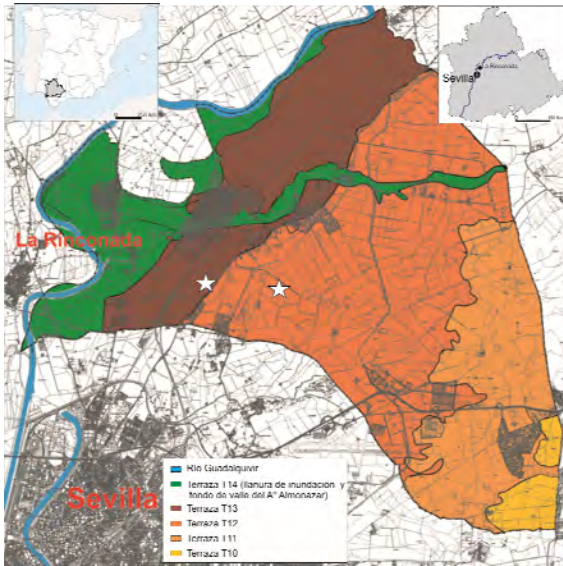


Fig.1: Situación de las explotaciones de áridos muestreadas sobre la cartografía geomorfológica de las terrazas del Guadalquivir en el municipio de La Rinconada.

## METODOLOGÍA

Dos terrazas próximas (T12 y T13), ubicadas al sur de San José, se han muestreado para su datación por luminiscencia. A ellas se tuvo acceso a través de los cortes existentes en sendas explotaciones de áridos denominadas “Sando-La Cabaña” y “Occidental de áridos” (Fig. 1). De las cuatro

Coimbra (Portugal) y las mediciones de las dosis de cuarzo OSL y pIRIR, se realizaron en el Nordic Laboratory for Luminescence Dating (Dinamarca). Dado que las tasas de radiación ambiental (Dose rate) de las muestras RINCON-1 y 2 eran demasiado altas, las señales de cuarzo OSL y de feldespato pIRIR resultaron saturadas (Tabla 1). Por ello, sólo se han podido obtener las edades mínimas, entendiendo como más correctas las del feldespato por ser un procedimiento que permite datar muestras de mayor antigüedad (Buylaert et al., 2012). Respecto a la muestra RINCON-3, su datación ha sido posible mediante los dos procedimientos OSL, obteniéndose edades similares para ambas señales y también mediante TL (OCC-1), la cual resultó algo más reciente, lo que plantea un desfase entre métodos de entre 15 y 16 ka (Tabla 1).

## RESULTADOS

### La terraza T12 en “Las Jarillas”

Último nivel de las terrazas medias y de carácter complejo en sus aluvionamientos, tradicionalmente ha sido adscrita al tránsito Pleistoceno Medio-Superior en base a sus restos paleontológicos de *Elephas (Palaeoloxodon) antiquus* (Aguirre et al., 1973). Se trata de la terraza con mayor número de restos líticos encontrados en explotaciones de áridos, muchas hoy desaparecidas, y entre las que destacan: “Antiguos Viveros”, con restos de *Equus hydruntinus* y *Elephas antiquus* junto a industria lítica del Achelense en su parte inferior; “Viejas Jarillas”, también con núcleos irregulares y restos de *Elephas en su base*; o “Pionner”, con numerosos hallazgos paleolíticos de macro utillaje Achelense en

Código LAB / Código CAMPO	Edad (Ka) Quartz	Edad (Ka) pIRIR	Equiv. Dose (Gy) Quartz	Equiv. Dose (Gy) pIRIR	(n)	Dose rate (Gy/Ka) Quartz	Dose rate (Gy/Ka) K-feldspar	% Agua
162206/RINCON-1	>100	>240	>200	>800	5	2.45 ± 0.11	3.37 ± 0.12	10
162207/RINCON-2	>80	>220	>200	>800	6	2.72 ± 0.11	3.64 ± 0.13	10
162208/RINCON-3	74 ± 7	76 ± 5	189 ± 16	264 ± 0.11	6	2.54 ± 0.11	3.46 ± 0.12	12

Código LAB	Beta NRD (Gy)	Beta + External Dose-Rate (Gy/Ka)	Alpha NRD ( $\mu\text{m}^{-2}$ )	Alpha Track Rate ( $\mu\text{m}^{-2}/\text{Ka}$ )	TL Age (Ka BP)	Beta Dose-rate (Gy/Ka)	Gamma Dose rate (Gy/Ka)	Cosmic Dose-rate (Gy/Ka)
OCC1	154.7 ± 4.5	2.335±0.116	117.0±5.9	0.738± 0.067	59.7±8.5-6.7	1.534 ± 0.104	0.671 ± 0.041	0.130± 0.030

Tabla 1: Resultados de las muestras obtenidas mediante Quartz-OSL, pIRIR y TL en las terrazas T12 y T13 del Guadalquivir.

muestras extraídas, a tres (RINCON-1, 2 y 3) se les aplicó los procedimientos de quartz-OSL y K-feldspar post-IRIR (Murray y Oley, 2002), y a otra (OCC1), los del Quaternary TL Surveys (QTLS, U.K.) sobre fracción de grano fino (2-10 micras). Las fracciones minerales OSL fueron preparadas en el Dpto. de Ciencias de la Tierra de la Universidad de

sus unidades inferiores así como, de lascas simples, en las intermedias y Paleolítico Medio en los finos superiores. Aquí, igualmente se hallaron restos de *Elephas antiquus*, *Hippopotamus*, *Cervidae cf. dama*, *Boss sp.* (Baena y Guerrero, 2011). Pero sin duda la

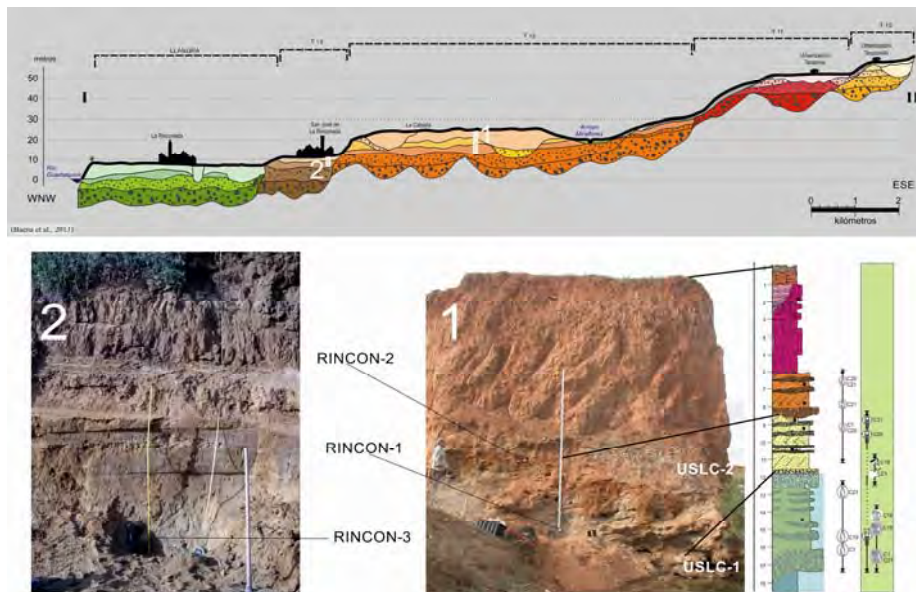


Fig. 2: Situación de los perfiles muestreados en las terrazas T12 (1) y T13 (2). 1. Detalle del perfil “Sando-La Cabaña” con indicación de las muestras datadas, la lito-estratigrafía modelo y la posición de las localizaciones paleolíticas y paleontológicas. 2. Detalle del perfil “Occidental de Áridos” con posición de la muestra datada por OSL.

explotación que más información está aportando para el conocimiento de esta terraza corresponde a “Sando-La Cabaña”, cuyo estudio permitió definir su lito-estratigrafía modelo (Baena et al., 2014). A lo largo de sus más de 18 m de potencia (Fig. 2.1), se identificaron 6 unidades (USLC-1, 2, 3, 4, 5, y 6). Del nivel inferior (USLC-1), sumergido bajo el freático, se recuperaron abundantes restos paleontológicos de *Elephas (Palaeoloxodon) antiquus*, *Hippopotamus* cf. *Amphibius* e *Hippopotamus* sp.A, este último de los de mayor talla de Europa, así como de otros megaherbívoros indeterminados (más de 2.700 kg). Todos ellos asociados con numerosas piezas líticas representativas del Achelense pleno. Del siguiente nivel (USLC-2), con gravas medias en la base que pasan hacia techo a arenas medias-finas con niveles de gravillas y niveles areno-limosos intercalados, se recuperaron también numerosos restos de équidos (*Equus ferus* y *Equus* sp.) y bóvidos (cf. *Bos primigenius*) en su base y de elefantes en toda la unidad, junto a industria lítica. La datación TL de la parte superior de la unidad, junto a otras tres más correspondientes a la mitad superior del aluvial (USLC-3 y 4), arrojaron una cronología mínima de más de 150 ka (Baena et al., 2014).

Los resultados OSL de este trabajo (Tabla 1), referidos a su parte superior (RINCON-2) e inferior (RINCON-1), a 1,7 m por debajo y a 0,7 m del techo de la base (Fig. 2.1), ratifican la edad de pleno Pleistoceno Medio final de la USLC-2; con una mitad inferior de la terraza de edad mínima anterior a 220 y 240 ka respectivamente.

#### La terraza T13 en “San José de La Rinconada”

Su potencia supera los 10 m, estando integrada por pavimentos de gravas, a veces, muy cementados y con abundantes sedimentos finos a techo. En sus gravas, a 4 m de profundidad, se documentó cerca de aquí (Perfil “Cuartelillo”), un resto de cérvido e

industria lítica de Paleolítico Medio (Baena, 1993). Ahora, los cortes a los que se ha tenido acceso (Fig. 2.2), alcanzaban los 3 m con un nivel de gravas pequeñas en la base, sobre el que se disponía un depósito de arenas medias-finas muy bien calibradas con rasgos edáficos a techo aunque parcialmente erosionadas por un nivel de gravillas. Sobre él, se suceden 0,8 m de arenas limosas medias y finas mal calibradas, interrumpidas, mediante contacto neto, por un nivel limo-arcilloso de llanura de inundación de más de 1 m. Este contiene el desarrollo de un suelo luvisol cálcico con horizontes Bt (5YR 4/4) y Cca (10YR 7/3). Los resultados OSL obtenidos, corresponden al nivel de arenas inicial (Fig. 2.2), a 2,5 m de profundidad (RINCON-3), con una edad de  $74 \pm 7$  ka (OSL-Quartz) y  $76 \pm 5$  ka (pIRIR). Por su parte la muestra TL (OCC-1) de edad  $59,7 \pm 8,5-6,7$  ka, también corresponde a estas mismas arenas pero en otro perfil situado a unos 50 m más al sur y a 2,3 m de profundidad.

#### DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la T12 (Tabla 1), indican que el cuerpo central (USLC-2), del que se conocía una edad absoluta mínima por TL, superior a 150 ka (Baena et al., 2014), alcanza edades mínimas más antiguas que 220 y 240 ka (OSL) para la misma unidad en el 1,7 m que separa ambas muestras (RINCON-2 y 1). Por lo que la base de la unidad inferior (USLC1), a más de 7 m de profundidad, posiblemente alcance cronologías de más de 300 ka.

Por otro lado, la detección de una excursión de polaridad inversa en la base de esta misma unidad (USLC2) en la cercana gravera “Pionner” (Baena y Guerrero, 2011), plantearía ahora que este evento fuese posterior a estas fechas mínimas y por tanto, correlacionable con Biwa 2 de cronología ca. 295 ka (Løvlie, 1989). En este caso, el muro de la terraza podría estimarse en más de 400 ka. Si se comparan los restos de macro-fauna encontrados en esta

terrazza, similares a los de Solana de Zamborino que superan los 300 ka (Cerdeño, 1989), con la Escala Bioestratigráfica de la Cordillera Bética 90/2010 de Ruiz Bustos (2011), podríamos correlacionarlos con la biozona SIO.78-5, de entre 270 y 380 ka. O también, si nos atenemos a los restos de los individuos de *Hippopotamus* sp.A de talla superior a los equiparables en edad (“Solana de Zamborino” o “Arganda I”, donde se superan los 394-400 ka; Blain et al., 2014), incluso se podría plantear una cronología aún más antigua, esto es dentro de la intrazona SIO.78-4 (490 a 380 ka) de Ruiz Bustos.

En cualquier caso, todo confirma la adscripción de esta terraza a un pleno Pleistoceno Medio final al tiempo que se completa con nuevos datos numéricos el Pleistoceno Medio y Superior de la SGTG en sus tramos Medio y Bajo. A partir de ello, la cuestión a dilucidar según los datos cronológicos de mínimos disponibles, es si el comienzo del aluvionamiento de la terraza se produjo durante el tránsito entre los estadios isotópicos MIS10-MIS9, como hipótesis más conservadora; o, siguiendo los indicadores paleontológicos de *Hippopotamus* sp.A, pudo ser entre el MIS12-MIS11, y por tanto, la base podría alcanzar una antigüedad estimada superior a los 400 ka. Esto último supondría atribuir también, esta misma cronología tanto a la industria Achelense como a la macrofauna que se encuentra a ella asociada. En el contexto peninsular, la primera opción parecería ser la más acertada y coincidiría con las dataciones mediante Electron Spin Resonance (ESR) obtenidas en las unidades basales de la terraza de “Arganda I, a +30-32 m sobre el Jarama (Moreno et al., 2017). O incluso con las de OSL-pIRIR<sub>290</sub> de la base de la terraza T4 a +25-30 m del Bajo Tajo en Portugal, también con Achelense (Cunha et al., 2016). En ambos casos correlacionadas con el tránsito MIS10-MIS9.

Por otra parte, la datación de la T13 en “Occidental de áridos”, aporta una edad comprendida entre los ca. 60 ka mediante TL y los 75 ka Mediante quartz-OSL y pIRIR. Esto situaría los depósitos arenosos previos a los finos de la llanura de inundación de la T13, en el tránsito de los estadios isotópicos marinos MIS4-MIS5. O, si sólo consideramos los datos de OSL por su mayor precisión, en un momento de nivel del mar alto durante el MIS5a. Esto último coincidiría con las dataciones obtenidas en otra terraza baja inmediata a la llanura aluvial del Tajo en su curso Bajo (Portugal), donde la T5 a +13-28 m s.n.m., con industrias líticas musterienses, presenta cronologías, a techo, de entre 95 y 75 ka (Cunha et al., 2016).

## CONCLUSIONES

Las nuevas dataciones absolutas obtenidas en las estratigrafías de las terrazas T12 y T13 en el Bajo Guadalquivir mediante quartz-OSL, pIRIR y TL, confirman, a la vez que precisan, la cronología del Pleistoceno Medio y Superior de la SGTG y de su más importante localización paleolítica y paleontológica. Las edades mínimas obtenidas para la terraza de “Jarillas”, refuerzan la pertenencia de su lito-estratigrafía inferior al pleno Pleistoceno Medio final, lo que unido a los datos paleomagnéticos y de macrofauna, abren la doble posibilidad de correlacionar su inicio con el tránsito MIS10-MIS9 o

incluso, con el MIS12-MIS11. Por su parte, la siguiente terraza T13, en las inmediaciones de la anterior, terminaría a techo en cronologías próximas a 75 ka, como momento final del MIS5a.

**Agradecimientos:** Es una contribución al G.I. del P.A.I. “*Geografía Física Aplicada y Patrimonio*” (HUM-697), a los Proyectos CGL2015-67169-P (MINECO-FEDER) y UID/MAR/04292/2013 —MARE, Portugal), y a la Aarhus University (Denmark).

## REFERENCIAS

- Aguirre, E., Lhénaff, R., Zazo, C. (1973). Nuevos fósiles de elefantes en Andalucía. *Estudios Geológ.* 29, 295-306.
- Baena, R. (1993). *Evolución cuaternaria (3 M.a.) de la Depresión del Medio-Bajo Guadalquivir y sus márgenes (Córdoba y Sevilla)*. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla, Sevilla (España), 589 pp.
- Baena, R., Díaz del Olmo, F. (1994). Cuaternario aluvial de la depresión del Guadalquivir: episodios geomorfológicos y cronología paleomagnética. *Geogaceta*, 15 (3-5), 109-111.
- Baena, R., Guerrero, I.C. (2011). Aproximación a la magnetoestratigrafía de la última terraza Media del Guadalquivir (T12) en “las Jarillas” (La Rinconada, Sevilla). En: *El Cuaternario en España y Áreas Afines*. (V. Turu y; A. Constante, Ed.). AEQUA-Fundación M. Chevalier. Andorra, 191-195.
- Baena, R., Fernández, J.J., Guerrero, I.C., Posada, J.C. (2014). La Terraza Compleja del río Guadalquivir en “Las Jarillas” (La Rinconada, Sevilla. SW de España): cronoestratigrafía, industria lítica y macro-fauna asociada. *Cuaternario y Geomorfología*, 28 (3-4), 7-26.
- Baena, R., Guerrero, I.C., Fernández, J.J. (2017). Paleomagnetismo en terrazas altas del Río Guadalquivir (sectores Campana y Carmona, Sevilla). En: *Cambios en sistemas ambientales y sus escalas temporales*. (A. Gómez, C. Gonçalves, L. André y N. Bicho, Ed.). Universidade do Algarve, Faro. 37-40.
- Blain, H.A., Santonja, M., Pérez Gonzalez, A., Panera, J., Rubio Jara, S. (2014). Climate and environments during Marine Isotope Stage 11 in the central Iberian Peninsula: the herpetofaunal assemblage from the Acheulean site of Áridos-1, Madrid. *Quaternary Science Reviews*, 94, 7-21.
- Buylaert, J.P., Jain, M., Murray, A.S., Thomsen, K.J., Thiel, C., Sohbat, R. (2012). A robust deldespar luminescence dating method for Middle and Late Pleistocene sediments. *Boreas*, 41, 435-451.
- Caro, J. A., Díaz del Olmo, F., Cámara, R., Recio, J.M., Borja, C. (2011). Geoarchaeological alluvial terrace system in Tarazona: chronostratigraphical transition of Mode 2 to Mode 3 during the Middle-Upper Pleistocene in the Guadalquivir River valley Seville (Spain)”. *Quaternary International*, 243, 143-160.
- Cerdeño, E. (1989). Rhinocerotidae (Mammalia, Perissodactyla) de la Cuenca de Guadix-Baza. En: *Geología y Paleontología de la Cuenca de Guadix-Baza* (M.T. Alberdi, F.P. Bonadona, Ed.). Museo Nacional de CC.NN. CSIC, Madrid. 273-288.
- Cunha, P., Martins, A.A., Buylaert, J.P., Murray, A.S., Raposo, L., Mozzi, P., Stokes, M. (2016). New data on the chronology of the Vale do Forno sedimentary sequence (Lower Tejo River terrace staircase) and its relevance as a fluvial archive of the Middle Pleistocene in western Iberia. *Quaternary Science Reviews*, 1-23.
- Løvlie, R. (1989). Paleomagnetic stratigraphy: a correlation method. *Quaternary International*, 1, 129-149.
- Murray, A.S., Olley, J.M. (2002). Precision and accuracy in the optically stimulated luminescence dating of sedimentary quartz: a status review. *Geochronometria*, 21.1-16.
- Ruiz Bustos. A. (2011). Escala bioestratigráfica y Cambio climático en la Cordillera Bética. Bubok Publishing S.L., Madrid (Spain), 412 pp.