



Contexto crono-estratigráfico y cultural del conjunto lítico de Base Menacho (cuenca del río Guadiana, Badajoz, España): primeros resultados

*Chronostratigraphic and cultural context of the lithic assemblage from Base Menacho
locality (Guadiana River basin, Badajoz, Spain): first results*

García-Vadillo, Francisco-Javier^{(1, 2, 3)*}; Duval, Mathieu^(4, 5); Canals-Salomó, Antoni^(1, 2, 3);
Rodríguez-Álvarez, Xosé-Pedro^(1, 2); Garcia-Garriga, Joan⁽⁶⁾; Carbonell-Roura, Eudald^(1, 2, 3, 7)

(1) Àrea de Prehistòria, Universitat Rovira i Virgili (URV). Avinguda de Catalunya, 35. C.P. 43002, Tarragona (España).

(2) Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social (IPHES-CERCA). C/ Marcellí Domingo s/n,
Campus Sescelades, Edifici W3, C.P. 43007, Tarragona (España).

(3) Primeros Pobladores de Extremadura-Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social. (EPPEX-IPHES).
Casa de la Cultura Rodríguez Moñino, Avd. Cervantes s/n. C.P. 10003, Cáceres (España).

(4) Centro Nacional de Investigación de la Evolución Humana (CENIEH). Paseo Sierra de Atapuerca, 3.
C.P. 09002 Burgos, Spain

(5) Australian Research Centre for Human Evolution (ARCHE), Griffith University, 170 Kessels Road, Nathan,
QLD 4111, Australia.

(6) Universitat Oberta de Catalunya (UOC). Avda, Tibidabo, 39-43. C.P. 08035, Barcelona (España).

(7) Facultad de Humanidades y Comunicación, Universidad de Burgos. Paseo de los Comendadores s/n.
C.P. 09001, Burgos (España).

Resumen

En este trabajo presentamos el conjunto lítico de Base Menacho (Badajoz, España), documentado en un nivel sedimentario que cubre los depósitos aluviales de la terraza fluvial T3 +10-20 m sobre el cauce actual del río Zapatón, subafluente del río Guadiana en el sector de las Vegas Bajas (Badajoz, España). El conjunto se compone de 46 elementos líticos incluyendo lascas, núcleos y configurados. No se han identificado elementos líticos característicos que permitan una atribución firme a los tecnocomplejos de Modo 2 o 3. Ya que los elementos líticos fueron documentados en arenas finas y no muestran evidencias aparentes de marcas de abrasión, asumimos de forma preliminar la ausencia de transporte (o muy limitado). Estas observaciones sugieren que el conjunto se encuentra en posición primaria. La datación por Resonancia Paramagnética Electrónica (ESR) de una muestra de cuarzo procedente del nivel arqueológico proporciona una edad del enterramiento de $19,2 \pm 1,7$ ka (1σ).

* Corresponding author: garcayvadillo@gmail.com



Teniendo en cuenta todas las fuentes de incertidumbre relativas al resultado, esta datación numérica permite: 1) correlacionar a Base Menacho con el Pleistoceno superior final y en particular con el estadio isotópico (MIS) 2; 2) establecer indirectamente la cronología de una industria lítica cuyas características poco resolutivas son similares a otros conjuntos relativamente poco estudiados documentados en contextos fluviales de la Península Ibérica; y 3) situar a Base Menacho en el Paleolítico superior, un período con escasas evidencias arqueológicas en el interior de la Península Ibérica. Aunque estos resultados preliminares prometedores demuestran el potencial interesante del conjunto lítico de Base Menacho, reconocemos también la necesidad de realizar una excavación arqueológica en un futuro próximo, para aumentar el tamaño del conjunto y obtener una mejor comprensión de su variabilidad y de los procesos de formación del yacimiento.

Palabras clave: Pleistoceno superior final; río Zapatón; Vegas Bajas Guadiana; terrazas fluviales; industria lítica; datación por Resonancia Paramagnética Electrónica (ESR); granos de cuarzo blanqueados ópticamente.

Abstract

We report here the discovery of a lithic assemblage at Base Menacho locality (Badajoz, Spain), found within a sedimentary level overlying the alluvial deposits associated to the fluvial terrace T3 (+10-20 m above current river channel) of the Zapatón River, a tributary of the Guadiana River in the Vegas Bajas area (Badajoz, Spain). The assemblage is made of 46 artefacts, including flakes, cores and retouched tools. There are no characteristic lithic elements allowing a firm attribution to Mode 2 or 3 techno-complexes. Since the artefacts were found in sediment deposited in a relatively low-energy environment (fine sands) and they do not show any apparent evidence of abrasion marks on their surface, we can reasonably assume in first instance the absence of transport (or only very limited). These observations suggest that the assemblage is in primary position. Electron Spin Resonance (ESR) dating of one quartz sample collected from the archaeological level yields a burial age of 19.2 ± 1.7 ka (1σ). Interestingly, all sources of uncertainty considered, this dating result systematically correlates Base Menacho to the late Upper Pleistocene, and especially with the MIS 2. It also provides key chronological constraints for a peculiar lithic assemblage lacking characteristic lithic artefacts, like many other understudied assemblages documented in fluvial contexts of the Iberian Peninsula. Finally, this numerical age estimate correlates Base Menacho to the Upper Palaeolithic, a period with scarce archaeological evidence within the Iberian Peninsula. Despite these promising preliminary results, we nevertheless acknowledge the need for a proper archaeological excavation in order to increase the size of the assemblage and obtain a better understanding of the variability of the lithic assemblage and of the site formation processes.

Key words: late Upper Pleistocene; Zapatón River; Vegas Bajas Guadiana; fluvial terraces; lithic industry; Electron Spin Resonance dating (ESR) dating; optically bleached quartz grains.

1. Introducción

Los numerosos conjuntos de industria lítica localizados en entornos fluviales evidencian una actividad antrópica recurrente (Santonja y Pérez-González, 2001; Mishra *et al.*, 2007) cuya contextualización crono-cultural y ocupacional es compleja debido, entre otros factores, a la falta de dataciones (Brown, 1997). En los sistemas fluviales de la Península Ibérica las industrias líticas de las terrazas fluviales medias han sido integradas en los tecnocomplejos de

Modo 2 y Modo 3 (Clark, 1977) y ubicadas entre la segunda mitad de Pleistoceno medio y el Pleistoceno superior (Enríquez y Mordillo, 1982a; Vallespi, 1999; Santonja y Pérez-González, 2001; Rubio *et al.*, 2005; Santonja y Villa, 2006; Mishra *et al.*, 2007; Santisteban y Schulte, 2007; Chauhan *et al.*, 2017). Esta ubicación cronológica en la mayoría de casos se basa en la posición relativa de las terrazas fluviales, en algunas inferencias bio-cronológicas obtenidas a partir del contenido paleontológico de estas formaciones y en la presencia en los con-

juntos líticos de elementos morfo-tipológicos característicos como por ejemplo los *large cutting tools* (bifaces, picos y hendedores) y la talla *Levallois*. Aunque son muy numerosos, los conjuntos líticos sin estos elementos característicos apenas han sido estudiados y mucho menos datados numéricamente. Algunos investigadores han tratado de sistematizar la tipología de estas industrias y atribuirles una cronología y un contexto cultural a través de clasificaciones como por ejemplo “industrias

macrolíticas”, “languedocenses” e “industrias de aspecto postachelense” entre otras denominaciones (Aparicio y Sánchez, 1977; Raposo y Silva, 1984; Vallespi, 1989; Silva, 1994; Araujo *et al.*, 2009).

Hasta ahora, las industrias asociadas al valle del Guadiana en el sector de las Vegas Bajas han sido integradas en el Modo 2 y el Modo 3 (Figura 1) (Enríquez y Mordillo, 1982a). Los *large cutting tools* y el método *Levallois* sir-

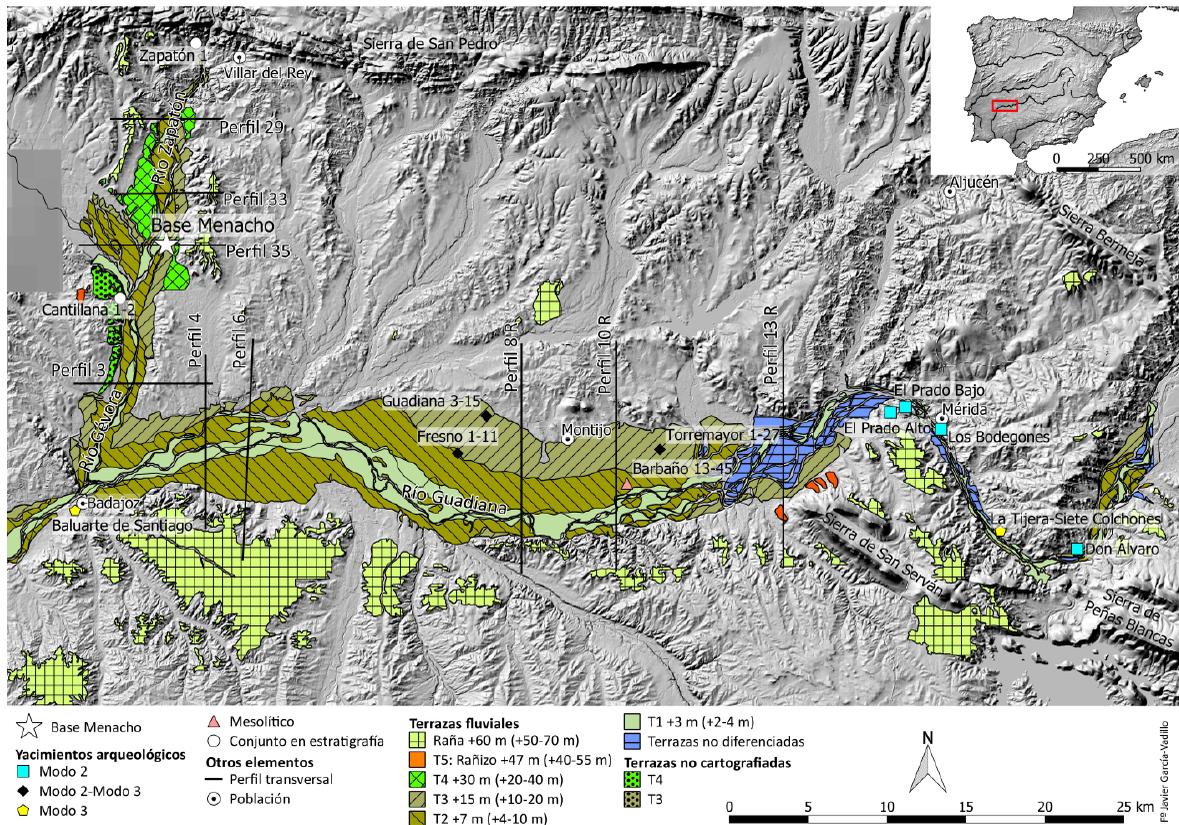


Figura 1: Contexto geográfico y geomorfológico (modificado de García-Vadillo (2009)). Localización de las Vegas Bajas del Guadiana en la Península Ibérica y de los depósitos de las terrazas fluviales asociados a los ríos Guadiana, Gévora y Zapato. El mapa refleja también la localización de Base Menacho y de otros conjuntos líticos mencionados en el texto. También se sitúan los perfiles transversales representados en la Figura 2 y Figura 3. Figura elaborada en QGIS a partir de la cartografía geológica y geomorfológica (Apalategui Isasa *et al.*, 1988; Villalobos Mejía *et al.*, 1988; Gabaldón López *et al.*, 2003; Insúa Márquez *et al.*, 2003a, 2003b, 2003c) y modelos digitales del terreno (MDT25. Instituto Geográfico Nacional de España).

Figure 1: Geographical and geomorphological context (after García-Vadillo (2009)). (A): Location of the Vegas Bajas - Guadiana area in the Iberian Peninsula and the fluvial terrace deposits associated to the Guadiana, Gévora and Zapato rivers. The location of Base Menacho locality as well as of other lithic assemblages mentioned in the text is provided. The position of the transversal profiles in Figure 2 and Figure 3 is also given. Figure based on QGIS from various geological and geomorphological maps (Apalategui Isasa *et al.*, 1988; Villalobos Mejía *et al.*, 1988; Gabaldón López *et al.*, 2003; Insúa Márquez *et al.*, 2003a, 2003b, 2003c) and digital terrain models (MDT25. Instituto Geográfico Nacional de España) available.

vieron para encuadrar a conjuntos como El Prado y Don Álvaro en un Achelense evolucionado y a Siete Colchones en un Musteriense de tradición Achelense (Enríquez y Mordillo, 1982b). Los conjuntos líticos sin estos elementos quedaron fuera de estas clasificaciones aunque fueron relacionados con grupos musterienses como por ejemplo los situados en el entorno de la ciudad de Badajoz y en las graveras próximas al río Guadiana en Olivenza (Enríquez y Domínguez, 1984).

La industria lítica documentada en los valles fluviales de las Vegas Bajas es muy abundante (Figura 1). Sin embargo, los conjuntos con Modo 2 y Modo 3 no han sido contextualizados en las terrazas fluviales ya que inicialmente el Guadiana fue conceptualizado durante mucho tiempo como un río anormal, sin terrazas (Hernández-Pacheco, 1956; van Dorsser, 1974), incapaz de conservar depósitos arqueológicos en contexto estratigráfico (Enríquez y Mordillo, 1982a). Aunque las secuencias de terrazas del Guadiana y sus afluentes en las Vegas Bajas se han cartografiado a partir de las hojas del Mapa Geológico Nacional (MAGNA) posteriores, definiendo tres niveles para el Guadiana, y cuatro y cinco terrazas para los ríos Zapatón y Gévora (Sos, 1964; Rodríguez Vidal *et al.*, 1988; van Zuidam-Cancelado, 1989; Gabaldón López *et al.*, 2003; Insúa Márquez *et al.*, 2003a, 2003b, 2003c; Moya y Centeno, 2008), las altitudes de estas terrazas no ha sido correlacionadas entre sí y las dataciones numéricas disponibles son muy escasas (Garzón *et al.*, 2011; Garzón y Tejero, 2018). El contexto crono-cultural que representan estas formaciones sólo ha sido abordado en la T3 (+10-20 m) del río Guadiana, situándolo entre el Pleistoceno medio final-Pleistoceno superior (García-Vadillo *et al.*, 2013), en la fase final de la transición Modo 2-Modo 3, anterior al estadio isotópico 5 (MIS 5) (Rodríguez, 2004; Santonja *et al.*, 2016).

La contextualización cronológica y cultural de las industrias líticas del río Guadiana es una cuestión pendiente de resolver. En este trabajo presentamos un conjunto con industria lítica denominado Base Menacho, asociado

a un nivel sedimentario que cubre los niveles detríticos de la terraza fluvial T3 (+10-20 m) del río Zapatón, subafluente del río Guadiana en las Vegas Bajas (Badajoz, España). Las dataciones obtenidas en este depósito mediante el método de Resonancia Paramagnética Electrónica (ESR) aplicado a granos de cuarzo proporcionan información clave sobre el marco cronológico de esta industria. Estos resultados serán contextualizados respecto a las características de otros conjuntos líticos de la T3 del río Guadiana, la secuencia de terrazas y las dataciones efectuadas sobre ellas por otros investigadores (Garzón *et al.*, 2011; Garzón y Tejero, 2018). Además, los procesos sedimentarios y las características de las industrias documentadas en Base Menacho serán relacionados con otros contextos fluviales y ocupacionales del Pleistoceno superior de la Península Ibérica.

2. Marco geomorfológico regional

El valle del Guadiana destaca entre los principales ríos de la Península Ibérica por su escaso desarrollo altimétrico (Mazo *et al.*, 1990; Pérez-González, 1994). En la parte más occidental de su tramo medio el río Guadiana discurre sobre la depresión cenozoica de las Vegas Bajas. Esta depresión está situada entre las ciudades de Mérida y Badajoz y delimitada al norte por las sierras de San Pedro, Montánchez y Sierra Bermeja y al sur por las sierras de San Serván y Peñas Blancas (Figura 1).

A lo largo del Cenozoico esta depresión fue colmatándose con arcosas, arcillas y conglomerados con cantos en ambientes fluvio-lacustres (Moya *et al.*, 2002; Garzón *et al.*, 2012; Tsige *et al.*, 2020). A final del proceso de colmatación esta depresión era una superficie con marcada horizontalidad y una altitud en torno a los 300 metros sobre el nivel del mar (msnm). Sobre ella se desarrolló la red hidrográfica del Guadiana, condicionada por fallas alpinas con dirección Este-Oeste y Noreste-Suroeste (Tejero y Garzón, 2014). El río Guadiana fluye en dirección Este-Oeste y su curso fluvial discurre puntualmente so-

bre materiales de litología más dura, esquistos, cuarcitas y granitos del precámbrico y paleozoico, que fueron aflorando durante el proceso de incisión del cauce (Figura 1). Los ríos Gévora y Zapatón conforman un sistema fluvial Norte-Sur que desemboca en el Guadiana, en el punto donde su curso cambia a dirección Norte-Sur.

Hasta el momento las formaciones fluviales del área han sido ubicadas en diferentes períodos cronológicos y altitudes relativas aunque inicialmente algunos autores consideraron que el Guadiana era un río sin capacidad para formar terrazas (Hernández-Pacheco, 1956; van Dorsser, 1974). Diferentes trabajos indican que la Raña tiene una altitud superior a los 40 m y ha sido situada en el Plioceno final-Pleistoceno inferior inicial (Sos, 1964; Rodríguez Vidal *et al.*, 1988; van Zuidam-Cancelado, 1989; Gabaldón López *et al.*, 2003; Insúa Márquez *et al.*, 2003a, 2003b, 2003c; Moya y Centeno, 2008). Por debajo de la Raña van Zuidam-Cancelado (1989) identificó formaciones sedimentarias y geoformas que relacionó con fases de encajamiento progresivo y estabilización del nivel base del río Guadiana durante el Pleistoceno inferior y medio. Estas superficies aparecen reflejadas en la cartografía como superficies estructurales, rañizo, terrazas erosivas, etc., siempre ubicadas por debajo de la Raña aunque sin datos relativos a su altitud. Las terrazas fluviales T3, T2 y T1 fueran asociadas al Pleistoceno superior utilizando como únicos criterios su escasa altitud relativa y posición en la secuencia (Sos, 1964; Rodríguez Vidal *et al.*, 1988; van Zuidam-Cancelado, 1989; Gabaldón López *et al.*, 2003; Insúa Márquez *et al.*, 2003a, 2003b, 2003c; Moya y Centeno, 2008). La cartografía geológica emplaza la T3 en el río Guadiana a +8-15 m, mientras que en los ríos Gévora y Zapatón fue situada en +6-8 m.

La confección de perfiles transversales utilizando modelos digitales del terreno (MDT 05) a lo largo de los valles del Guadiana, Gévora y Zapatón y los trabajos de campo han permitido contrastar y ampliar la información cartográfica disponible sobre estos valles

(García-Vadillo, 2009). Estos perfiles permiten observar que por debajo de la Raña hay al menos cinco superficies delimitadas por escarpes con un desarrollo longitudinal paralelo a lo largo de los valles fluviales analizados (Figura 2). Estas superficies corresponden con terrazas, en algunos casos con depósitos fluviales asociados. Estos perfiles ubican a la Raña en altitudes medias de +70 m (+60-80 m). Por debajo de la Raña las superficies identificadas por la cartografía, definidas como superficies estructurales, terrazas erosivas y superficies cubiertas por el rañizo, presentan cotas similares medias de +47 m y representarían una estabilización del nivel de base en torno a +40-55 m que denominamos T5. La T4 tiene altitudes situadas en el intervalo +20-40 m. Además, estos perfiles permiten observar un desarrollo de la T3 a cotas similares (+10-20 m) en los ríos Guadiana, Gévora y Zapatón a diferencia de las altitudes propuestas por la cartografía. Las terrazas en el Guadiana, a diferencia de las del Gévora y Zapatón, alcanzan extensiones laterales kilométricas. Esta extensión y la baja resolución vertical de los valles (<70 m) indican escasa capacidad de incisión y amplia divagación lateral de los canales fluviales, características relacionables con el control que el substrato rocoso ejerce sobre la evolución de estos valles (Garzón y Tejero, 2018).

Las dataciones por luminiscencia publicadas por Garzón *et al.* (2011) y Garzón y Tejero (2018) sitúan diferentes depósitos de la T3 (+10-20 m) a +13 m y +15 m en 40-50 ka y en 61-65 ka. Los depósitos de la T4 (+20-40 m) a +25 m, +30 m y +36 m presentan resultados más dispersos entre 47-86 ka. Sin embargo, tres de las cuatro muestras proporcionan dataciones coherentes entre 72-86 ka que sugieren que la formación de la T4 podría tener esta cronología (Tabla 3). Aunque estas dataciones proporcionan un marco cronoestratigráfico preliminar para estos depósitos fluviales, están pendientes de publicación algunos mínimos detalles respecto a la metodología empleada o bien a los resultados obtenidos para cumplir con los estándares internacionales (Forman *et al.*, 2000; Duller, 2008; Mo-

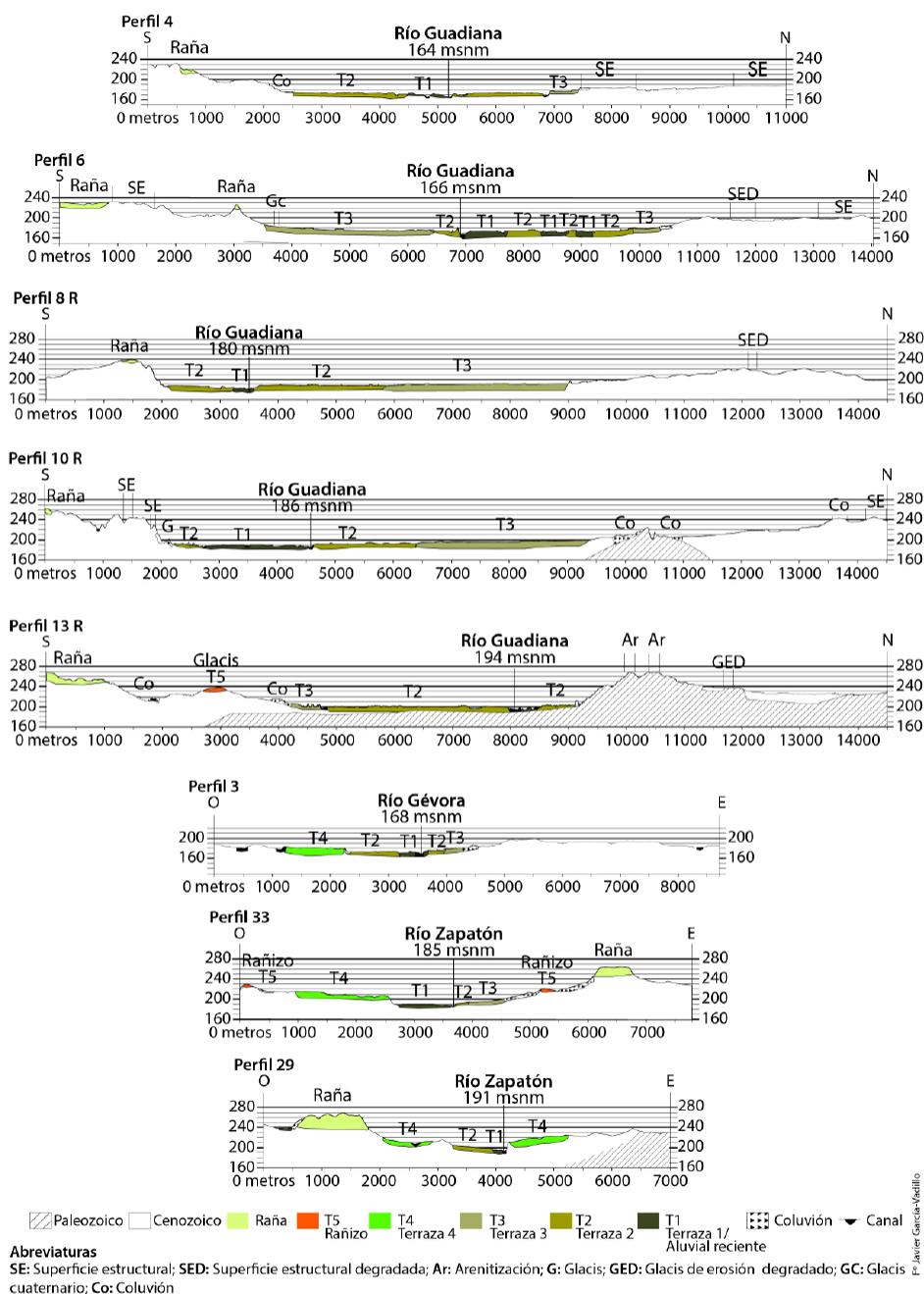


Figura 2: Perfiles transversales de los valles de los ríos Guadiana, Gévora y Zapatón en las Vegas Bajas representando las principales unidades sedimentarias y superficies geomorfológicas definidas en la cartografía geológica y geomorfológica del área (Apalategui Isasa *et al.*, 1988; Villalobos Mejía *et al.*, 1988; Gabaldón López *et al.*, 2003; Insúa Márquez *et al.*, 2003a, 2003b, 2003c). Información topográfica obtenida de los modelos digitales del terreno (MDT 05) disponibles en el Instituto Geográfico Nacional de España. La localización de los perfiles se indica en la Figura 1.

Figure 2: Transversal profiles of the Guadiana, Gévora and Zapatón river valleys in Vegas Bajas with the main sedimentary units and geomorphological surfaces defined in the geological and geomorphological mapping available for the area (Apalategui Isasa *et al.*, 1988; Villalobos Mejía *et al.*, 1988; Gabaldón López *et al.*, 2003; Insúa Márquez *et al.*, 2003a, 2003b, 2003c). Topographic information obtained from the digital terrain models (MDT 05) available at Instituto Geográfico Nacional de España. The location of the profiles is indicated in Figure 1.

reno *et al.*, 2021). Concretamente, esta falta de información, especialmente en relación a la determinación de la tasa de dosis, impide evaluar la fiabilidad de estos resultados numéricos obtenidos. Sin embargo, siendo los únicos datos geocronológicos disponibles para la zona, se proporcionan aquí a modo indicativo.

3. Contexto general

3.1. Materiales y documentación

El conjunto lítico de Base Menacho fue localizado en el marco de un proyecto de prospecciones desarrollado en los valles fluviales y las terrazas de los ríos Guadiana, Gévora y Zapatón en las Vegas Bajas (Figura 1). Los objetivos de este proyecto fueron la adquisición de información relativa a las ocupaciones homínidas pleistocenas y a su contexto geomorfológico. Estas prospecciones permitieron documentar abundante industria lítica sobre todo en superficie, caracterizar la información arqueológica e identificar secciones estratigráficas. Estas secciones fueron consideradas como elementos fundamentales para conocer la evolución geomorfológica del área y para obtener muestras sedimentarias susceptibles de ser datadas por técnicas que, como la Resonancia Paramagnética Electrónica (ESR), fueran versátiles en los límites cronológicos de aplicación. Uno de los puntos documentados fue Base Menacho (UTM, Huso 29: X 681494; Y 4322017) (Figura 3). En este punto se recuperó industria lítica en contexto estratigráfico localizada en el talud Este de la carretera EX-110. Este talud corresponde con un afloramiento sedimentario de una longitud aproximada de 100 m. La industria lítica fue recuperada en torno a 1 metro de profundidad a lo largo de una extensión lateral aproximada de 75 m.

3.2. Contexto estratigráfico

La sección estratigráfica donde se documentó el conjunto lítico de Base Menacho tiene 2,5

m de espesor. Se encuentra muy próxima al escarpe de la T3, a una altitud de +10 metros sobre el cauce actual del río Zapatón (Figura 3A). En la sección se identifican 5 niveles sedimentarios numerados de techo a muro. El nivel 1 corresponde con el suelo actual. El nivel 2 es un nivel masivo de arenas finas y muy finas con industria lítica. El nivel 3 es un conglomerado clasto-soportado con cantos y bloques con escasa matriz de gravas. El nivel 4 está conformado por arenas gruesas. El nivel 5 es un conglomerado clasto-soportado con cantos y bloques en matriz de gravas. Los contactos erosivos y materiales sedimentarios (niveles 5, 4 y 3) indican la actividad de canales fluviales (Figura 3B y Figura 3C). El nivel 2 presenta un contacto neto sobre los niveles 4, 3 y 5. Dada la proximidad al escarpe de la terraza probablemente el nivel 2 de esta secuencia indica fases de desbordamiento o transporte sedimentario hacia cotas inferiores, sin descartar un origen eólico. El carácter masivo del depósito y la falta de estructuras sedimentarias aparentes nos impide establecer su génesis hasta que sean realizados análisis sedimentarios más exhaustivos.

4. Metodología de datación numérica

Con el objetivo de datar de manera numérica los depósitos asociados al conjunto lítico, se empleó el método de datación por (ESR) aplicado a granos de cuarzo ópticamente blanqueados. Al igual que la luminiscencia, este método de tipo paleodosimétrico se centra en el estudio de señales sensibles a la luz solar, proporcionando una datación para el momento del depósito y enterramiento de los granos de cuarzo, ver Duval (2018) para más detalles sobre los principios básicos. En comparación con la luminiscencia, el método ESR puede abarcar cronologías más antiguas, hasta más de 2 Ma (p.ej. Sahnouni *et al.*, 2018), aunque recientes estudios demuestran también el potencial del método, y de la señal Ti-H en particular, para datar depósitos del Pleistoceno superior (Kreutzer *et al.*, 2018; Bartz *et al.*, 2020).

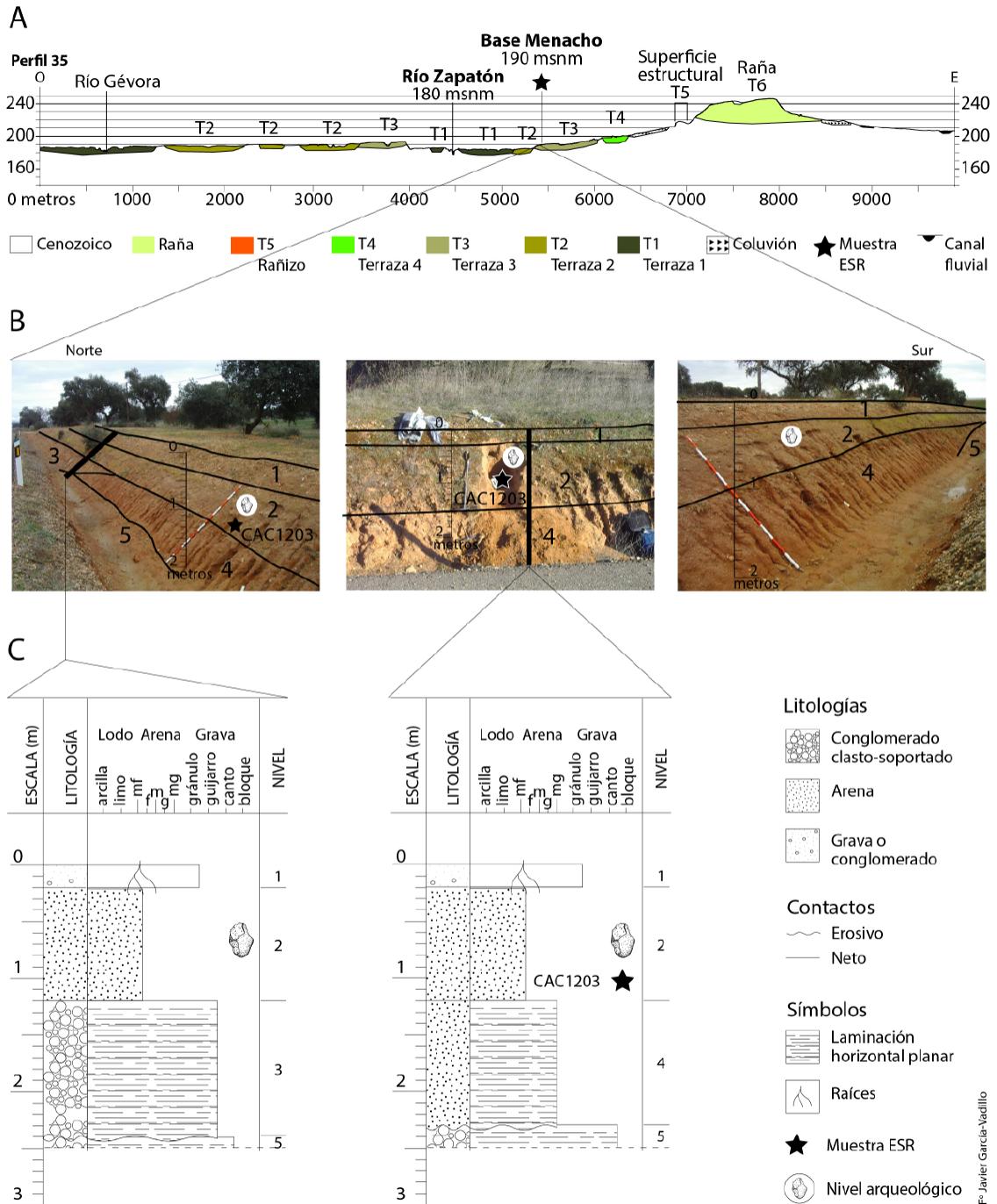


Figura 3: Base Menacho: contexto geomorfológico (A) y estratigráfico (B y C) del material arqueológico y muestra ESR. La posición exacta del perfil transversal del río Gévora (A) se indica en la Figura 1.

Figure 3: Base Menacho locality: geomorphological (A) and stratigraphic (B and C) contexts of the archaeological material and ESR sample. The exact location of the transversal profile across the Gévora River (A) is indicated in Figure 1.

4.1. Muestreo

La muestra de sedimento CAC1203 proviene de la base del nivel 2, nivel de procedencia de las industrias líticas, aproximadamente a 1 metro de la superficie (Figura 3). El muestreo se realizó mediante un tubo de PVC opaco clavado en el perfil. Se midió la radiactividad del sedimento *in situ* con una sonda portátil de tipo Nal conectada a un analizador multicanal Inspector-1000.

4.2. Procedimiento analítico

Se preparó la muestra CAC1203 según el protocolo descrito en Duval *et al.* (2017) para extraer y limpiar los granos de cuarzo de fracción granulométrica entre 100 y 200 μm . La datación se realizó según el método de los centros múltiples (Toyoda *et al.*, 2000), midiendo las señales ESR de los centros paramagnéticos del Aluminio (Al) y Titanio (Ti opción D y Ti-H).

Se determinó la dosis equivalente (D_E) de la muestra según el método de las dosis aditivas con alícuotas múltiples (MAAD – *Multiple Aliquots Additive Dose method*) y multi-granos. Se realizaron las medidas ESR en el CENIEH a baja temperatura ($\sim 90\text{ K}$) con el dispositivo experimental detallado en Duval y Guilarte Moreno (2012) y Guilarte y Duval (2020). Las intensidades de los centros Al, Ti (opción D) y Ti-H (opción C) fueron obtenidas según Toyoda y Falguères (2003) y Duval y Guilarte (2015). Los valores de D_E y los errores asociados fueron calculados mediante el ajuste de las funciones siguientes: EXP+LIN para el centro Al (Duval, 2012), DSE para el Ti opción D (Duval *et al.*, 2009) et Ti-2 para el Ti-H (Duval y Guilarte, 2015). Todos los detalles del procedimiento analítico empleado para el cálculo de la D_E se encuentran en el Anexo.

La tasa de dosis fue calculada mediante una combinación de análisis *in situ* y en laboratorio. La dosis gamma proviene de la medida *in situ* realizada en el punto exacto del muestreo, y calculada según el método del Umbral (*Threshold*) de Duval y Arnold (2013). Los

componentes alfa y beta externos provienen del análisis ICP-MS del sedimento bruto, según un procedimiento de preparación que involucra cuatro digestiones sucesivas. El cálculo de la tasa de dosis se basa en los parámetros siguientes: factores de conversión de tasa de dosis de Guérin *et al.* (2011), una tasa de dosis interna de $30 \pm 10\ \mu\text{Gy/a}$ y eficacia alfa de $0,07 \pm 0,01$ (Bartz *et al.*, 2019), valores de atenuación alfa y beta para granos esféricos de Brennan *et al.* (1991) y Brennan (2003), 20 μm de espesor externa quitada por el ataque HF, y la atenuación del agua según Grün (1994). Se asume una humedad de $15 \pm 5\%$ como valor a largo plazo. La tasa de dosis cósmica se calcula mediante la fórmula de Prescott y Hutton (1994), aplicando las correcciones correspondientes a la profundidad, altitud y latitud, con un error asociado de 5% (Prescott y Hutton, 1988).

La fecha ESR está calculada mediante un programa no comercial que funciona en SCILAB, con errores calculados mediante simulaciones de tipo Monte Carlo, y considerando las fuentes de incertidumbres siguientes: concentraciones en radionúclidos, profundidad, tasa de dosis gamma, atenuaciones alfa y beta, eficacia alfa y D_E . Las fechas ESR son proporcionadas con un nivel de confianza de 1σ . Recientemente, Kreutzer *et al.* (2018) demostraron que este programa de cálculo suele producir tasas de dosis muy cercanas (dentro de unos % de diferencia) a los obtenidos mediante el calculador DRAC (Durcan *et al.*, 2015).

5. Resultados

5.1. Características tecnológicas

La industria lítica (46 elementos) carece de trazas de abrasión aparentes (Figura 4). Fue tallada sobre materias primas disponibles en el entorno inmediato, cantos y bloques rodados de cuarcita (N=30) y cuarzo transportados por los cauces fluviales (Tabla 1). Algunas de las cuarcitas son de grano muy fino.



Figura 4: Industria lítica documentada en Base Menacho. Elementos en cuarcita (A, C, D-I, K) y cuarzo (B, J, L, M); núcleos (A-D) sobre canto (A-C) y lasca (D) con reducciones bifaciales (B, C) y unifaciales (A, D); lascas (F-M) con talones corticales (F, G, I, J, M) y no corticales (H, K, L), configurados sobre lasca (E) y elementos con marcas de percusión (A, I).

Figure 4: Some examples of the lithic artefacts found at Base Menacho locality. Artefacts in quartzite (A, C, D-I, K) and quartz (B, J, L, M); cores (A-D) on cobbles (A-C) and flakes (D) with bifacial (B, C) and unifacial (A, D) reductions; flakes (F-M) with cortical (F, G, I, J, M) and non-cortical (H, K, L) butts, retouched tools on flakes (E) and elements with percussion marks (A, I).

Tabla 1: Materias primas y categorías tecnológicas identificadas en el conjunto lítico recuperado en Base Menacho.

Table 1: Raw materials and technological categories identified within the lithic assemblage collected from Base Menacho locality.

Base Menacho	Lascas	Núcleos sobre canto	Núcleos sobre lasca	Configurados sobre canto	Configurados sobre lasca	Material percusivo	Total	%
Cuarcita	26	2	1		1		30	65%
Cuarzo	15	1					16	35%
Total	41	3	1		1		46	100%
%	89%	7%	2%	0%	2%	0%	100%	

Estas industrias reflejan una actividad técnica que generó sobre todo lascas (N=41) con longitudes que no superan los 69 mm. Sólo hay un configurado: una lasca con un borde lateral parcialmente denticulado (Figura 4). Los núcleos sobre canto (N=3) y lasca (N=1) fueron reducidos con estrategias centrípetas (N=2) y unificales con levantamientos paralelos sobre el plano transversal (N=2). Los núcleos centrípetos presentan estructuras volumétricas similares a las discoides aunque con cierta jerarquización. Uno de estos núcleos presenta un plano escasamente tallado. Los núcleos presentan un bajo grado de reducción, con escasos levantamientos que indican un abandono durante las fases de decorticalización inicial. Algunos núcleos son de pequeño tamaño.

Las lascas presentan sobre todo talones corticales (N=26) y levantamientos dorsales unipolares. Se constatan algunos talones lisos (N=7) y algunas lascas con levantamientos dorsales centrípetos. Los productos con caras dorsales no corticales (N=15) son más abundantes que las completamente corticales (N=8) aunque se constatan también caras dorsales con restos parciales de córtex (N=16) y córtex predominante (N=1). La escasa reducción de los núcleos contrasta con la escasa presencia de productos con caras dorsales corticales y los talones no corticales documentados. Estas diferencias posiblemente sean debidas a la movilidad de las actividades técnicas. Los estigmas y levantamientos en las aristas de un núcleo unifacial y los pequeños negativos del filo y cara ventral de una lasca de gran formato indican un empleo en actividades de percusión

posiblemente desarrolladas en este punto (Figura 3). Base Menacho carece de *large cutting tools*. Cuenta con reducciones discoides que lo relacionan con el Modo 3 aunque la ausencia de talla *Levallois* impide una clasificación definitiva en este modo técnico.

5.2. Resultados cronológicos

5.2.1. Dosis equivalentes

Los datos ESR numéricos obtenidos para cada centro paramagnético están en el Anexo (Tablas S1 y S2). Los datos del centro Al son muy robustos, con una repetibilidad de las $D_E < 5\%$, y un ajuste excelente ($r^2 > 0,99$), proporcionando una D_E final de 125 ± 11 Gy (Anexo, Tabla S1). En comparación, los datos derivados del centro Ti (opción D) son también muy buenos, con una repetibilidad de las D_E un poco mayor, pero todavía $< 10\%$, y ajuste excelente $> 0,99$. La D_E final ($72,6 \pm 3,5$ Gy) es significativamente inferior (-42%) a la del centro Al (Anexo, Tabla S2). En este caso se emplea una función de ajuste inédita, de tipo DSE, simplemente porque la función SSE no se ajusta de forma satisfactoria a los datos experimentales ($r^2 < 0,97$; modelización de una intensidad de saturación muy por debajo de los datos experimentales). Finalmente, el centro Ti-H (opción C) muestra una repetibilidad de las D_E muy pobre (85%), mientras que el ajuste de la curva de crecimiento es excelente (Figura 5), al igual que para los otros centros (Anexo, Tabla S2). La D_E final obtenida es la más baja de todas ($59,1 \pm 2,8$ Gy), -19

% y -53 % en comparación con los resultados respectivos de los centros Ti (opción D) y Al.

Según los principios básicos del método de los centros múltiples (Toyoda *et al.*, 2000), esta diferencia de resultados según los centros paramagnéticos considerados ($D_E(\text{Al}) > D_E(\text{Ti opción D}) > D_E(\text{Ti-H})$) se puede explicar por un blanqueo incompleto de las señales ESR asociadas a los centros Al y Ti (opción D), cuyas cinéticas de blanqueo son significativamente más lentas que la del Ti-H (opción C) (Duval *et al.*, 2017). Por lo tanto, se suele interpretar la D_E proporcionada por el centro Al como una dosis máxima posible. A pesar de su pobre repetibilidad, la D_E obtenida por el centro Ti-H (la más baja de las tres señales medidas) parece sin embargo fiable, debido no sólo al ajuste excelente de la función a los datos experimentales ($r^2 > 0,999$), sino también al hecho que la D_E sea lógicamente (ligeramente) inferior a la del centro Ti (opción D), tal y como se espera según las cinéticas de blanqueo conocidas para los distintos centros (Duval *et al.*, 2017).

En consecuencia, consideramos que en el presente caso el centro Ti-H proporciona la mejor estimación de la dosis total absorbida por la muestra desde su enterramiento. A nivel metodológico, cabe destacar que es una de las dosis más bajas nunca obtenida con la señal Ti-H (Bartz *et al.*, 2020), ofreciendo perspectivas alentadoras en cuanto a la aplicación del método ESR para datar los depósitos cuaternarios de la zona. De manera general, este resultado es conforme con los resultados previos, ya que se suele considerar el centro Ti-H como el más adecuado para determinar dosis relativamente bajas (<100-200 Gy; Bartz *et al.* (2020)), debido a (i) su cinética de blanqueo relativamente rápida y (ii) una mayor sensibilidad a la radiactividad en comparación con los otros centros (Duval y Guilarte, 2015).

5.2.2. Tasa de dosis

La dosis gamma derivada del análisis ICP-MS del sedimento bruto es ligeramente inferior (-8 %) al valor medido *in situ*, indicando una cierta

heterogeneidad del sedimento en el entorno de la muestra. Este dato refuerza la importancia de evaluar la dosis gamma *in situ*. Además, el análisis del sedimento bruto por espectrometría gamma de alta resolución indica que la serie del U-238 está en equilibrio secular.

5.2.3. Edades ESR

Los tres centros paramagnéticos analizados proporcionan una cronología del Pleistoceno superior, con fechas sistemáticamente < 50 ka (Tabla 2). Según los principios del método de los centros múltiples, se considera la fecha ESR de 41 ± 5 ka del centro Al como una fecha máxima posible para los depósitos.

Tabla 2: Resultados de las datación ESR y componentes de tasa de dosis asociada para la muestra CAC1203. Los errores están dados a 1σ . El error final sobre los valores de D_E es una combinación del error de ajuste (Tablas S1 y S2) con el error de la tasa de la fuente gamma (2,3%).

Table 2: ESR age results and associated dose rate components obtained for sample CAC1203. Errors are given at 1σ . The final error on the D_E values is a combination of the fitting error (Tables S1 and S2) with the error on the dose rate of the gamma source (2.3%).

Muestra	CAC1203
Profundidad (m)	0,8 ± 0,5
Contenido en agua medido (% peso húmedo)	7
Contenido en agua asumido (% peso húmedo)	15 ± 5
Tasa de dosis interna (μGy/a)	30 ± 10
Tasa de dosis alfa (μGy/a)	26 ± 12
Tasa de dosis beta (μGy/a)	1675 ± 131
Tasa de dosis gamma (μGy/a)	1146 ± 100
Tasa de dosis cósmica (μGy/a)	192 ± 17
Tasa de dosis total (μGy/a)	3069 ± 215
D_E (Gy) centro Al	125 ± 12
D_E (Gy) centro Ti (opción D)	73 ± 4
D_E (Gy) centro Ti-H (opción C)	59 ± 3
Edad (ka) centro Al	40,7 ± 4,8
Edad (ka) centro Ti (opción D)	23,8 ± 2,1
Edad (ka) centro Ti-H (opción C)	19,2 ± 1,7

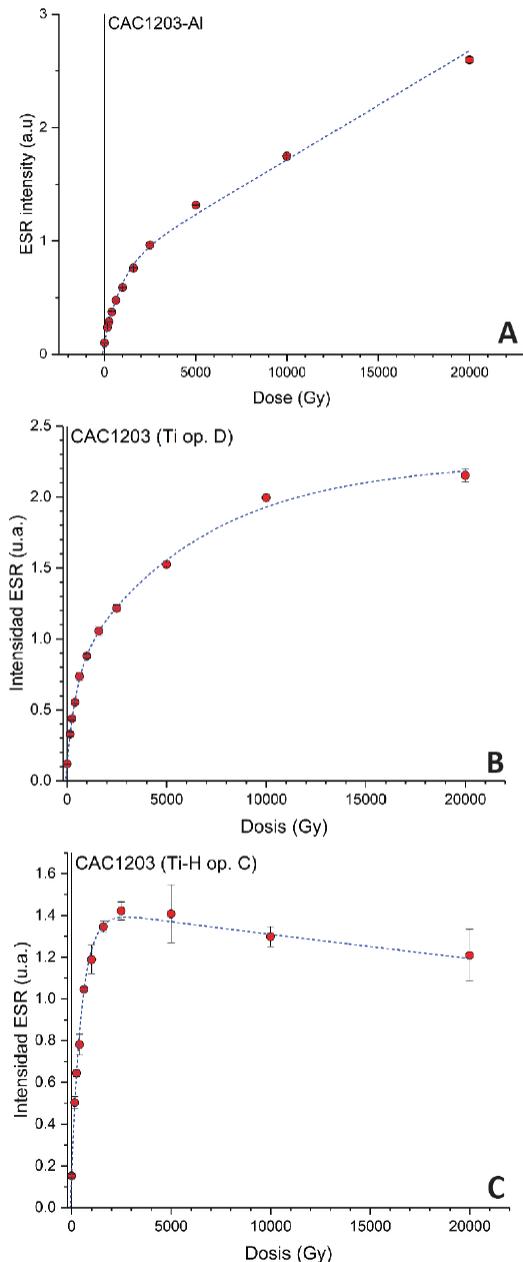


Figura 5: Curvas de crecimiento ESR obtenidas para las señales Al (arriba), Ti opción D (medio) y Ti-H (opción C) de la muestra CAC1203.

Figure 5: ESR dose response curves of the Al (top), Ti option D (middle) and Ti-H (option C) signals measured in sample CAC1203.

En comparación, la fecha de 19 ± 2 ka procedente del centro Ti-H corresponde a la mejor estimación cronológica para el depósito del sedimento asociado al conjunto lítico, corre-

lacionándolos con el estadio isotópico 2 (MIS 2) (Lisiecki y Raymo, 2005).

6. Discusión

La datación numérica obtenida en Base Menacho (MIS 2) es muy reciente. Sugiere que los depósitos datados serían posteriores a la formación de la terraza fluvial T3. Este resultado concuerda con las observaciones de campo y la presencia de una disconformidad entre los niveles estratigráficos 2 y 3 que indicaría la existencia de un importante hiato sedimentario entre ambos niveles. Esta datación representa un punto de partida para comprender el significado cronológico de las formaciones fluviales del área, las dinámicas ocupacionales antrópicas y los procesos que afectan a estas formaciones. La contextualización de los resultados obtenidos en Base Menacho (MIS 2) nos permite observar discrepancias respecto a los datos arqueológicos y cronológicos conocidos en la T3 +10-20 m en las Vegas Bajas.

6.1. Interpretación crono-estratigráfica del conjunto lítico

La datación ESR de 19 ± 2 ka (Ti-H) para la muestra CAC1203 permite correlacionar cronológicamente los depósitos del nivel 2 con el estadio isotópico 2 (MIS 2) (Lisiecki y Raymo, 2005). A nivel metodológico, identificamos varias posibles fuentes de incertidumbre que potencialmente podrían impactar sobre la exactitud de los resultados numéricos derivados de la señal Ti-H, generando una sobreestimación o infravaloración de la fecha ESR.

En primer lugar, un aumento de 5 % del valor de humedad a largo plazo (20 ± 5 %) produciría una fecha ligeramente más antigua de 2 ka (21 ± 2 ka), pero que quedaría acorde a 1σ con el resultado inicial. Además, la concordancia entre las fechas ESR Ti-H y Ti (opción D) a 2σ (Tabla 2) indica que si existe cualquier infravaloración de la D_e (Ti-H), tiene que ser en cualquier caso muy limitada, ya que el re-

sultado de $23,8 \pm 2,1$ ka proporcionado por el centro Ti (opción D) se tiene que interpretar como una fecha máxima posible para la muestra, según los principios básicos del método de los centros múltiples.

Por otro lado, la muestra CAC1203 está caracterizada por espectros ESR muy ruidosos y una intensidad débil de la señal ESR del centro Ti-H, y en particular para las alícuotas menos irradiadas. Concretamente, tal y como ha sido ilustrado por Ben Arous *et al.* (2021), el aspecto ruidoso de los espectros puede generar una cierta sobreestimación de la D_E . La evaluación y sustracción del ruido de fondo para la muestra CAC1203 según el procedimiento de Ben Arous *et al.* (2021), resulta en una D_E de 53 ± 11 Gy, es decir de aproximadamente un 11% inferior al valor inicial (Tabla S2). La fecha ESR correspondiente es de $17,3 \pm 3,8$ ka, en acuerdo a 1σ con los $19,2 \pm 1,7$ ka inicialmente calculados.

En resumen, las fuentes de incertidumbre identificadas tienen un impacto relativamente limitado sobre la edad ESR de la muestra CAC1203, que varía dentro de un rango de valores muy estrecho entre $17,3 \pm 3,8$ ka y $23,8 \pm 2,1$ ka. En todos los casos, la edad del nivel 2 sigue dentro del MIS 2.

Estos resultados sugieren una cronología mucho más reciente de lo anticipado inicialmente para estos depósitos, sobre todo en comparación con el marco cronoestratigráfico existente para la T3 +10-20 m (Tabla 3). Sin embargo, el estudio estratigráfico y sedimentológico del perfil indican la presencia clara de una disconformidad entre el nivel 2 y los niveles sub-yacentes, sugiriendo un hiato sedimentario cuya magnitud es desconocida. Esta observación, combinada con la datación ESR, sugiere que el nivel 2 es un nivel superficial depositado durante la parte final del Pleistoceno superior, probablemente desconectado de los niveles detríticos asociados a la formación de la terraza T3.

Por lo tanto, queda por aclarar si el depósito sedimentario y el conjunto lítico son coe-

táneos. Es decir, si la industria lítica está en posición primaria o secundaria. En el primer caso el resultado ESR proporcionaría una datación indirecta del conjunto, mientras que en el segundo caso esta datación representaría una fecha mínima. En todo caso es difícil evaluar la conservación del conjunto debido a que la industria fue recuperada sin metodología de excavación arqueológica. Teniendo en cuenta la falta de excavaciones arqueológicas, la interpretación sobre la conservación del conjunto se infiere únicamente sobre la consideración de la capacidad de transporte del agente sedimentario que formó el depósito. En este sentido, la falta de alteración superficial aparente en la superficie de los materiales líticos y las arenas finas que conforman el depósito sugiere un escaso transporte, aunque no es descartable. Los datos disponibles indican que es probable que las ocupaciones que generaron el conjunto tuvieran lugar durante el proceso de formación del depósito a finales del Pleistoceno superior.

6.2. Comparación con otros conjuntos líticos de la T3 en las Vegas Bajas

En Base Menacho la ausencia de *large cutting tools* y de talla *Levallois* impide la clasificación de este conjunto como Modo 2 o Modo 3. Además, teniendo en cuenta los escasos restos líticos y la ausencia de elementos tecnotipológicos característicos de otros tecnocomplejos preferimos no adscribir este conjunto a un modo técnico.

La datación de Base Menacho constituye una discordancia cronológica respecto a la posible cronología representada por las características tecnotipológicas de conjuntos en superficie y contexto estratigráfico de la T3 del Guadiana en las Vegas Bajas: Torremayor 1-27, Guadiana 3-15, Fresno 1-11, Monte das Caldeiras y el Baluarte de Santiago. Excepto el Baluarte de Santiago, localizado en los niveles detríticos de la terraza, todos estos conjuntos fueron localizados en superficie, sin contexto estratigráfico, y sus características son similares. Estas industrias muestran una diversidad

tecno-tipológica articulada en torno al Modo 2 y al Modo 3. Sus escasas *large cutting tools* y la talla *Levallois* relacionan a esta terraza con la fase final de la transición Modo 2-3 en el Pleistoceno medio final-Pleistoceno superior inicial (García-Vadillo *et al.*, 2013). Esta fase final se encuentra ubicada de acuerdo a otros investigadores en una fase anterior al MIS 5 (Rodríguez, 2004; Santonja y Pérez-González, 2010). Sin embargo, las dataciones numéricas son necesarias para confirmar la interpretación cronológica de estas industrias.

Torremayor 1-27 y Guadiana 3-15 (García-Vadillo *et al.*, 2013) registran ocasionalmente bifaces y un predominio de núcleos con reducciones *Levallois*-Discoide. Por otro lado, Fresno 1-11 y Monte das Caldeiras (Zbyszewski *et al.*, 1972; García-Vadillo *et al.*, 2013) evidencian que los bifaces pueden estar asociados también a un uso preferente de reducciones unifaciales lineales. La presencia de hendedores es muy puntual y sólo se registra a través de un único efectivo en el Baluarte de Santiago (Ramírez González, 2007).

El conjunto de Los Bodegones se ha asociado también a la T3 (+10 m). Entre sus 237 efectivos hay una ausencia total de *large cutting tools* y de talla *Levallois*, aunque ha sido clasificado como Modo 2 (Rodríguez-Hidalgo, 2004). Este conjunto fue recuperado dentro de un nivel de arcillas que han sido interpretadas como producto de la alteración del substrato rocoso. Sin embargo, la formación del depósito sería posterior a la formación de la terraza +10 m y su enterramiento habría sido producto de aportes sedimentarios desde zonas más altas. Desde el punto de vista tecnológico, al igual que Base Menacho, es difícil de vincular las características de los Bodegones con un modo técnico.

Base Menacho y Los Bodegones presentan como características comunes la ausencia de morfotipos que vienen relacionándose con los modos técnicos 2 y 3. Los núcleos con estrategias de reducción unifaciales lineales y bifaciales centrípetas de tipo Discoide documentados entre sus elementos técnicos son

habituales en los conjuntos de la T3 y en otras industrias en superficie, entre ellas diversas localizaciones en el entorno de Mérida y entre Badajoz y Olivenza (Enríquez y Mordillo, 1982a; Enríquez y Domínguez, 1984). La clasificación de estas industrias en el Modo 3 y en el Musteriense sería producto de la ausencia de morfotipos como los bifaces. Estas estrategias de reducción representan una forma de obtención recurrente de lascas sin llevar a cabo una preparación previa de las superficies de percusión y sin apenas mantenimiento de las convexidades de las superficies de lascado de los núcleos.

Las industrias que supuestamente representan un ámbito cronológico próximo a la datación de Base Menacho se detectan a lo largo del río Guadiana, en las áreas adyacentes a las Vegas Bajas. En estas áreas, la presencia de industrias que posiblemente representarían el Pleistoceno superior final se restringe a la identificación puntual de elementos laminares y raspadores en contextos superficiales no datados como por ejemplo Malhada do Mercador 1-zona sudoeste, Monte da Ribeira 9, Chancudo 1, 2 y 3 y Monte Roncanito 21 localizados sobre las terrazas del Guadiana en el Alqueva (Portugal) (Almeida *et al.*, 2013). Sus características tecno-tipológicas fueron utilizadas para integrarlas entre el Magdalenense y el Epipaleolítico. Registran la talla de materiales como el cuarzo y la cuarcita, y a diferencia de Base Menacho constatan también el uso de materiales poco frecuentes como el cuarzo hialino y el sílex. Las industrias de Barca do Xerez (Araujo y Almeida, 2013), con dataciones radiocarbónicas de 8.000 años antes del presente, serían el referente geográfico datado más próximo a Base Menacho, aunque en una cronología que marca las etapas iniciales del Holoceno. El conjunto lítico de Barca do Xerez, elaborado mayoritariamente en cuarzo y cuarcita, presenta sobre todo núcleos con reducciones unifaciales lineales y centrípetas de tipo Discoide semejantes a las de Base Menacho y constatadas habitualmente en los entornos fluviales de la Península Ibérica (Santonja y Pérez-González, 2001).

Tabla 3: Dataciones de depósitos fluviales y conjuntos arqueológicos mencionados en el texto. Leyenda: elementos tecnológicos presentes (+), ausentes (-) y datos con una descripción insuficiente (?) (por ejemplo, datos no publicados o elementos tecnológicos no descritos cuya presencia se intuye a través de dibujos y otras referencias). Configurados: M.: muescas, D.: denticulados, R.: raederas, Pf.: perforadores; P.: puntas; Rs.: raspadores; Br.: Buril. *Referencia bibliográfica sobre la industria lítica del conjunto.

M.: muescas, D.: denticulados, R.: raederas, Pf.: perforadores; P.: puntas; Rs.: raspadores; Br.: Buril. *Referencia bibliográfica sobre la industria lítica del conjunto.

Table 3: Overview of the fluvial deposits and archaeological assemblages mentioned in the text. Key: technological elements present (+), absent (-) or insufficiently described (?) (i.e., unpublished data or undescribed technological elements whose presence is inferred from drawings and other references); Retouched tools: M: notches, D: denticulates, R.: endscraper, Pf: drill; P.: point; Rs: scraper; Br: burin. *Reference for the lithic assemblage.

Río-sector	Terraza (metros)	Depósito-Unidad	Yacimiento arqueológico	Bifaces	Picos	Hendedores	Levallois	Discoide	Configurados	Edad (ka)	MIS	Método de datación	Referencia bibliográfica	
Guadiana (sector inicial y medio-inicial)	T2 +3-4	Arenas fluviales. Llanura de San Juan								121,3 ± 14,2	MIS 5e	TL	(Rendell <i>et al.</i> , 1994)	
		Manto eólico. Llanura de San Juan								27,8 ± 2,7 21,7 ± 3,3	MIS 2	OSL		
										16 ± 1,3 11,34 ± 3,2	MIS 1	OSL		
	T1 +3-6	Molino del Emperador								20,7 ± 2,4	MIS 2	OSL	(López-Recio <i>et al.</i> , 2004)	
	T2 +13-16	Molino del Emperador, muro									153,9 ± 12,4	MIS 5e-MIS 6	OSL	(López-Recio <i>et al.</i> , 2004)
		Molino del Emperador, medio									141,6 ± 9,9	MIS 5e	OSL	
Molino del Emperador, techo										140 ± 9,4	MIS 5e	OSL		
Guadiana y Gévoira (sector medio-inferior)	T +40-50	Río Caia								Fuera de rango		Luminiscencia	(Garzón <i>et al.</i> , 2011)	
	T +36	Monte S. João								77,5 ± 5,9	MIS 4	Luminiscencia		
	T +30	Ponte Ajuda								47,3 ± 2,7	MIS 2	Luminiscencia		
	T +25	Comenda								72,9 ± 4,8	MIS 4	Luminiscencia		
	T +25	Ajuda; arenas compactas								86,5 ± 4,1	MIS 5a	pIR-IRSL	(Garzón y Tejero, 2018)	
	T +15	Confluencia ríos Gévoira- Guadiana								42,9 ± 2,7	MIS 2	Luminiscencia	(Garzón <i>et al.</i> , 2011)	
	T +15	Grav. Gévoira; arenas finas compactas								65 ± 13,8	MIS 4	TT-OSL	(Garzón y Tejero, 2018)	
	T +15	Grav. Gévoira; arenas finas compactas								61,1 ± 2,9	MIS 4	pIR-IRSL		
	T +13	Monte do Campo								46,1 ± 2,9	MIS 2	Luminiscencia	(Garzón <i>et al.</i> , 2011)	
	T +5	Rincón Caya; arenas medias								7,9 ± 0,3	MIS 1	OSL	(Garzón y Tejero, 2018)	
	T +3	Bótoa r. Gévoira; arenas finas								4,2 ± 0,6	MIS 1	OSL		
	T +3	Grav. Lobón; arenas finas								4,1 ± 0,3	MIS 1	OSL		
			Manto eólico, Medellín								1,4 ± 0,1	MIS 1	Luminiscencia	(Garzón <i>et al.</i> , 2011)
T3 +10-20	Nivel superior	Base Menacho	-	-	-	-	+	D	19,2 ± 1,7	MIS 1-2	ESR Ti-H	Resultados presentados en este trabajo		

Río-sector	Terraza (metros)	Depósito-Unidad	Yacimiento arqueológico	Bifaces	Picos	Hendedores	Levallois	Discoide	Configurados	Edad (ka)	MIS	Método de datación	Referencia bibliográfica
Duero		Manto eólico. Tierra de Pinares								11,7 ± 0,9 9,6 ± 1,2	MIS 1	TL	(Bernat y Pérez-González, 2005)
Tajo (sector medio, Toledo)	T11 +20	Arenas superiores								15,3 ± 1,2	MIS 1	OSL	(Roquero <i>et al.</i> , 2015)
	T11 +20	Techo								180 ± 15	MIS 6	OSL	(Roquero <i>et al.</i> , 2015)
		Pinedo IV								11 ± 0,9	MIS 1	OSL	(López-Recio <i>et al.</i> , 2013)
	T10 +25-30	Pinedo I	Pinedo	+	+	+	+	+	R, M, D	>280	MIS 8	pIR-IRSL	(López-Recio <i>et al.</i> , 2015) *(Querol y Santonja, 1980)
T10 +25-30	Pinedo I	Cien Fanegas	+	+	+	-	+	M, D	292 ± 17	MIS 8	pIR-IRSL	(Roquero <i>et al.</i> , 2015) *(Baena Preysler <i>et al.</i> , 2010)	
Tajo (sector inferior-inicial, (Ródão- Arneiro)	T4 +24	Tapada do Montinho	Tapada do Montinho	-	-	-	+	?		41,3 ± 6,3	MIS 3	OSL	(Sohbati <i>et al.</i> , 2012) *(Almeida <i>et al.</i> , 2008)
		Techo T4 arenas eólicas	Castelejo							32,4 ± 2,4 12 ± 0,7 17,1 ± 0,9	MIS 1-MIS 2	OSL	(Cunha <i>et al.</i> , 2012)
		Arneiro (margen izquierda) Techo T4								129 ± 8	MIS 5e	IRSL	(Cunha <i>et al.</i> , 2008)
		Pegos do Tejo 2 (Nivel 4)-Techo T4	Pegos do Tejo 2	-	-	-	+	+	R, M, D	>135 ± 21	MIS 5e	OSL	(Almeida <i>et al.</i> , 2008)
		Base terraza								277 ± 17	MIS 8	IRSL	(Cunha <i>et al.</i> , 2008)
		Superficie	Monte do Famaco	+	?	+	+	+	R, Rs				*(G.E.P.P., 1977)
		Azinhal	Azinhal	+	-	-	?	?	D, P	>61 ± 7	>MIS 4	OSL	(Almeida <i>et al.</i> , 2008)
T6 +16.4	T6 techo, Azinhaga								32,4 ± 1,4	MIS 2	IRSL	(Martins <i>et al.</i> , 2010)	
Tajo (sector inferior-final)		Arenas eólicas, Formación Carregueira. Almeirim								20,4 ± 1,1 19,1 ± 1,1	MIS 1	SAR-OSL (Q)	(Cunha <i>et al.</i> , 2017)

6.3. Comparación con otros conjuntos líticos del Pleistoceno final en la Península Ibérica

Las diferencias entre la datación de Base Menacho y el ámbito cronológico de Pleistoceno medio-final representado por las industrias de la T3 del Guadiana en las Vegas Bajas (García-Vadillo *et al.*, 2013), sugieren que se produjeron aportes sedimentarios durante los eventos Heinrich, posteriores a la formación de la terraza. En la Península Ibérica hay varios ejemplos que indican que las terrazas fluviales medias con industrias de Modo 2 que muestran elementos indicativos de transición al Modo 3 como la talla *Levallois* fueron afectadas por dinámicas posteriores a su formación. En ocasiones estos procesos estratificaron conjuntos de industria lítica (Tabla 3).

La T10 del río Tajo a su paso en Toledo contextualiza depósitos con conjuntos líticos de Modo 2 como Pinedo o Cien Fanegas (Querol y Santonja, 1980; Baena Preysler *et al.*, 2010). La T10 tiene una cronología en torno al MIS 8 (280-290 ka) y junto a la T11 (MIS 6, 180 ± 15 ka) registran el tránsito del Pleistoceno medio al superior (López-Recio *et al.*, 2015; Roquero *et al.*, 2015). Sin embargo, los depósitos superiores registran coluviones datados a partir de 30-40 ka que evidencian procesos posteriores a las dinámicas aluviales que conformaron estas formaciones (Tabla 3).

La T4 del Tajo bajo-inicial registra también depósitos de cronología posterior a los sedimentos aluviales de la terraza. La base de la T4 +24 m (277 ± 17 ka) en este sector relaciona al Modo 2 en superficie de Monte do Famacó con una datación posterior al MIS 8 (Cunha *et al.*, 2008). La datación del techo de la T4 (129 ± 8 ka) (Cunha *et al.*, 2008) concuerda con Pegos do Tejo (135 ± 21 ka), con núcleos *Levallois* y Discoide, muescas y denticulados pero sin *large cutting tools* (Almeida *et al.*, 2008). Conjuntos como Azinhal combinan bifaces, núcleos *Levallois* y Discoide aunque sus dataciones >60 ka (Almeida *et al.*, 2008) serían posteriores a la ocupación humana. Sedimentos más recientes contextua-

lizan conjuntos como por ejemplo Tapada de Montinho con Modo 3 (40 ka) (Sohbati *et al.*, 2012) y dataciones similares a las de Castelejo (Cunha *et al.*, 2012) y coherentes con la T6 del Tajo en este sector (Tabla 3). La industria de Castelejo procede de diferentes niveles con escasos elementos líticos y diferentes dataciones numéricas (Cunha *et al.*, 2012). Un núcleo unifacial de cuarcita fue localizado por debajo de un nivel datado en 32 ka. Una laminita de dorso procede de los depósitos eólicos datados en $12,0 \pm 0,7$ ka y $17,1 \pm 0,9$ ka y evidenciaría el desarrollo de actividades antrópicas durante el Paleolítico superior.

Los mantos eólicos en el río Tajo (Formación Carregueira (Cunha *et al.*, 2017)), río Duero (Tierra de Pinares (Bernat y Pérez-González, 2005)) y río Guadiana (Llanura aluvial de San Juan (Rendell *et al.*, 1994)) reflejan los efectos de las condiciones de aridez del final de la última glaciación (Tabla 3). En el caso del río Guadiana los mantos eólicos de la Llanura de San Juan se desarrollaron sobre superficies aluviales de cronología anterior (MIS 5, $121,3 \pm 14,2$ ka). En el caso del río Tajo estas condiciones produjeron la formación de depósitos en contexto estratigráfico como en el caso mencionado de los niveles superiores de Castelejo desarrollados sobre la T4 del Tajo (Tabla 3).

Las características tecno-tipológicas de Base Menacho se encontrarían dentro de la variabilidad de algunas industrias del Pleistoceno superior final en la Península Ibérica, un período escasamente representado en las zonas interiores (Alcaraz-Castaño, 2015; Straus, 2018). Entre estas industrias destaca la documentada en el nivel 3 de la cueva del Esquilleu (Cantabria), con una cronología aparente en torno a 19 ka obtenida mediante radiocarbono, aunque algunas muestras proporcionaron resultados más recientes (Baena Preysler *et al.*, 2012). Su industria lítica, clasificada como Musteriense y caracterizada por el predominio de estrategias de reducción Discoide (Baena Preysler *et al.*, 2012), demuestra la persistencia de métodos de talla como el Discoide y la ausencia de elementos laminares

en contextos donde las actividades técnicas tienen un carácter expeditivo. En este sentido, algunos conjuntos como el del Abric Agut fueron integrados en el Modo 3 hasta su datación en el Pleistoceno superior final (Vaqueró *et al.*, 2002). Tanto la cueva del Esquilleu como el Abric Agut demuestran la importancia de las dataciones numéricas para contextualizar las características tecnotipológicas e interpretar la variabilidad de estos conjuntos en su contexto cronocultural, apreciación extensible también a Base Menacho.

En resumen, Base Menacho forma parte de un amplio grupo de conjuntos con industria lítica en los que la ausencia de *large cutting tools* apenas ha llamado la atención de los investigadores. La presencia de estas industrias en los valles fluviales ha sido relacionada con una actividad antrópica recurrente en estos entornos (Enríquez y Domínguez, 1984; Vallespí, 1989; Santonja y Pérez-González, 2001). Estos conjuntos han sido atribuidos a períodos muy diversos, del Pleistoceno y el Holoceno, y denominados de forma muy diversa como por ejemplo “industrias macrolíticas”, “languedocenses”, “industrias de aspecto postachelense” (Aparicio y Sánchez, 1977; Raposo y Silva, 1984; Vallespí, 1989; Silva, 1994; Araujo *et al.*, 2009). Estas industrias, al igual que las de Base Menacho, presentan unas características poco resolutivas para su contextualización crono-cultural. Por tanto, la contextualización cronológica de estos conjuntos depende de la realización de dataciones numéricas. Además, esta datación numérica abre la posibilidad de que Base Menacho sea uno de los pocos yacimientos que registre la escasa presencia de homínidos en el interior de la Península Ibérica durante el Paleolítico superior y más concretamente en el MIS 2 (Alcaraz-Castaño, 2015; Straus, 2018).

7. Conclusiones

Las dataciones ESR de granos de cuarzo efectuadas en Base Menacho contextualizan cronológicamente en el Pleistoceno superior final la formación de un nivel sedimentario con

industria lítica que cubre los niveles detríticos asociados a la formación de la T3 del río Zapatón. Este resultado numérico ($19,2 \pm 1,7$ ka (1σ)) permite datar un evento sedimentario que afectó a una de las formaciones que integra el sistema de terrazas fluviales de gran extensión lateral y escasa resolución vertical generado por los ríos Guadiana, Gévora y Zapatón en las Vegas Bajas.

El análisis de un conjunto sin *large cutting tools* como Base Menacho constata a través de la datación obtenida (MIS 2, 19 ± 2 ka) los efectos a techo de la T3 del río Zapatón de un evento que tuvo lugar durante la última glaciación, evento Heinrich 2. Estos episodios son registrados también en el Tajo en Toledo y en el bajo Tajo, en los mantos eólicos del Duero, Tajo y Guadiana, y en ocasiones estratificaron conjuntos líticos más antiguos. Aunque las características tecnológicas de Base Menacho no permiten una clasificación clara en un modo técnico, este yacimiento presenta núcleos con reducciones de tipo Discoide que apuntan a un Modo 3, aunque sin talla *Levallois*. Sin embargo, la persistencia de los núcleos con reducciones Discoide en yacimientos del Pleistoceno superior final como el Abric Agut y El Esquilleu, y la ausencia de otros morfotipos en Base Menacho impiden una clasificación definitiva del conjunto hasta el desarrollo de excavaciones arqueológicas. Estas excavaciones deberán confirmar si la estratificación del conjunto fue posterior a la ocupación o bien las características de estas industrias entran dentro de la variabilidad que marca el final del Pleistoceno superior en la Península Ibérica. Dataciones numéricas adicionales de los niveles inferiores permitirán también determinar la edad de los depósitos asociados a la terraza T3 y la magnitud del hiato sedimentario observado entre la formación de dicha terraza y el nivel arqueológico.

Base Menacho es uno de los muy escasos conjuntos de industria lítica conservados en estratigrafía en las terrazas fluviales de las Vegas Bajas del Guadiana y el único con una datación numérica asociada, aspectos que lo

convierten en un nuevo referente para el estudio de la ocupación homínida pleistocena en el río Guadiana y sus afluentes. Su cronología y características tecnológicas ejemplifican el carácter complejo de los procesos de formación de depósitos sedimentarios con industria lítica en los entornos aluviales de la Península Ibérica. La datación numérica obtenida convierte además a Base Menacho en una de las escasas referencias sobre el poblamiento del interior de la Península Ibérica durante el Paleolítico superior.

Anexo

Consultar documento adjunto con el procedimiento analítico de la datación ESR de Base Menacho. Contiene las tablas Tabla S1 y Tabla S2.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado en parte gracias al “Programa de ayudas a estudios de interés provincial” de la Diputación Provincial de Badajoz. También cuenta con la financiación del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades del Gobierno de España: “Comportamiento ecosocial de los homínidos de la Sierra de Atapuerca durante el Cuaternario, V” (MICINN/FEDER project PGC2018-093925-B-C32); del Ministerio de Economía y Competitividad: “Crisis climáticas del Pleistoceno inferior y medio y su incidencia en la evolución de las comunidades de microvertebrados del levante español” (CGL2016-80000P); y la Generalitat de Catalunya: “Paleoecología humana del Plio-Plistocè (Pal-Hum)” (2017/SGR/859) y “Evolució social, cultural i biològica al Plistocè (StEP)” (2017/SGR/1040). El Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social (IPHES-CERCA) recibe financiación del Ministerio de Ciencia e Innovación mediante el programa para Unidades de Excelencia “María de Maeztu” (CEX2019-000945-M). FJGV es beneficiario de una ayuda de investigación predoctoral de la Fundación Atapuerca. MD agradece a Veró-

nica Guilarte Moreno su ayuda a lo largo del proceso analítico de datación ESR. La investigación de MD está financiada por la ayuda Ramón y Cajal RYC2018-025221-I. Finalmente agradecemos a los dos revisores, Guillermina Garzón y Pedro Proença Cunha, los comentarios y sugerencias que ayudaron a mejorar el manuscrito

Referencias

- Alcaraz-Castaño, M. (2015). Central Iberia around the Last Glacial Maximum. *Journal Of Anthropological Research*, 71(4), 565-578. <https://doi.org/10.3998/jar.0521004.0071.406>
- Almeida, F., Gameiro, C., Pereira, T., Quelhas, A. (2013). O Paleolítico Superior. En: F. Almeida (Ed.), *Testemunhos do Paleolítico no Regolfo do Alqueva. Resultados do Bloco B1 do Plano de Minimização de Impactes sobre o Património Arqueológico* (Vol. 2). EDIA, Beja, 93-246.
- Almeida, N., Deprez, S., Dapper, M. (2008). The Palaeolithic occupation of the North-Eastern Alentejo (Portugal): A Geoarchaeological approach. En: P. Bueno-Ramirez, R. Barroso-Bermejo, y R. Balbín-Berhmann (Eds.), *Graphical Markers and Megalith Builders in the International Tagus, Iberian Peninsula* (Vol. S1765). Archaeopress, Oxford, UK, 19-25.
- Apalategui Isasa, O., Jorquera de Guindos, A., Villalobos Mejía, M. (1988). Mapa Geológico de España escala 1:50.000 2ª Serie (MAGNA), Hoja de Almendralejo (803). IGME. Serv. Pub. Mº Industria, Madrid.
- Aparicio, J., Sánchez, C. (1977). La Industria Camposanquiense y sus tipos líticos. *Quartär*, 27-28, 31-43.
- Araujo, A.C., Almeida, F. (2013). Barca do Xerez de Baixo. Um testemunho das últimas comunidades de caçadores-recolectores do Alentejo interior (Vol. 3). EDIA, Beja, 332 pp.
- Araujo, A.C., Almeida, F., Valente, M.J. (2009). Macrolithic industries of the Portuguese Mesolithic: a human adaptative response. *Mesolithic Horizons. Seventh International Conference on the Mesolithic in Europe*, Belfast, 779-787.
- Baena Preysler, J., Rus, I., Cuartero, F., Martín-Puig, D., Rubio, D., Roca, M. (2010). Estudio tecnológico de la industria lítica del yacimiento de Las Cien Fanegas (Madrid) en el contexto Achelense de la Meseta. En: E. Mata Almonte (Ed.), *Cuaternario y arqueología: homenaje a*

- Francisco Giles Pacheco. Asociación Profesional del Patrimonio Histórico-Arqueológico de Cádiz (ASPHA), Cádiz, 71-84.
- Baena Preysler, J., Carrión, E., Cuartero, F., Fluck, H. (2012). A chronicle of crisis: The Late Moustertian in north Iberia (Cueva del Esquilieu, Cantabria, Spain). *Quaternary International*, 247, 199-211. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.07.031>
- Bartz, M., Arnold, L.J., Spooner, N.A., Demuro, M., Campaña, I., Rixhon, G., Brückner, H., Duval, M. (2019). First experimental evaluation of the alpha efficiency in coarse-grained quartz for ESR dating purposes: implications for dose rate evaluation. *Scientific Reports*, 9(1), 19769. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-54688-9>
- Bartz, M., Duval, M., Brill, D., Zander, A., King, G.E., Rhein, A., Walk, J., Stauch, G., Lehmkühl, F., Brückner, H. (2020). Testing the potential of K-feldspar pIR-IRSL and quartz ESR for dating coastal alluvial fan complexes in arid environments. *Quaternary International*, 556, 124-143. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.03.037>
- Ben Arous, E., Duval, M., Bateman, M. (2021). ESR dating of optically bleached quartz grains from coastal dunes of the southern Cape, South Africa: a comparison with the existing luminescence chronology. *Book of Abstracts 16th International Luminescence and Electron Spin Resonance Dating conference (LED2021)*, 40.
- Bernat, M., Pérez-González, A. (2005). Campos de dunas y mantos eólicos de Tierra de Pinares (Sureste de la cuenca del Duero, España). *Boletín del Instituto Geológico y Minero de España*, 116(1), 23-38.
- Brennan, B.J., Lyons, R.G., Phillips, S.W. (1991). Attenuation of alpha particle track dose for spherical grains. *International Journal of Radiation Applications and Instrumentation. Part D. Nuclear Tracks and Radiation Measurements*, 18(1), 249-253. [https://doi.org/10.1016/1359-0189\(91\)90119-3](https://doi.org/10.1016/1359-0189(91)90119-3)
- Brennan, B.J. (2003). Beta doses to spherical grains. *Radiation Measurements*, 37(4), 299-303. [https://doi.org/10.1016/S1350-4487\(03\)00011-8](https://doi.org/10.1016/S1350-4487(03)00011-8)
- Brown, A.G. (1997). *Alluvial geoarchaeology: floodplain archaeology and environmental change*. Cambridge University Press, Cambridge, 377 pp. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511607820>
- Clark, G. (1977). *World prehistory in new perspective (3ª ed.)*. Cambridge University Press, Cambridge, 554 pp.
- Cunha, P.P., Martins, A.A., Huot, S., Murray, A., Raposo, L. (2008). Dating the Tejo river lower terraces in the Ródão area (Portugal) to assess the role of tectonics and uplift. *Geomorphology*, 102(1), 43-54. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2007.05.019>
- Cunha, P.P., Almeida, N.A.C., Aubry, T., Martins, A.A., Murray, A.S., Buylaert, J.-P., Sohbaty, R., Raposo, L., Rocha, L. (2012). Records of human occupation from Pleistocene river terrace and aeolian sediments in the Arneiro depression (Lower Tejo River, central eastern Portugal). *Geomorphology*, 165-166, 78-90. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.02.017>
- Cunha, P.P., Martins, A.A., Buylaert, J.-P., Murray, A.S., Raposo, L., Mozzi, P., Stokes, M. (2017). 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*, 166, 204-226. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2016.11.001>
- Chauhan, P.R., Bridgland, D.R., Moncel, M.-H., Antoine, P., Bahain, J.-J., Briant, R., Cunha, P.P., Despriée, J., Limondin-Lozouet, N., Locht, J.-L., Martins, A.A., Schreve, D.C., Shaw, A.D., Voinchet, P., Westaway, R., White, M.J., White, T.S. (2017). Fluvial deposits as an archive of early human activity: Progress during the 20 years of the Fluvial Archives Group. *Quaternary Science Reviews*, 166, 114-149. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2017.03.016>
- Duller, G.A.T. (2008). *Luminescence dating: Guidelines on using luminescence dating in archaeology*. English Heritage, Swindon, 44 pp.
- Durcan, J.A., King, G.E., Duller, G.A.T. (2015). DRAC: Dose Rate and Age Calculator for trapped charge dating. *Quaternary Geochronology*, 28, 54-61. <https://doi.org/10.1016/j.quageo.2015.03.012>
- Duval, M. (2012). Dose response curve of the ESR signal of Aluminum center in quartz grains extracted from sediment. *Ancient TL*, 30(2), 41-50.
- Duval, M. (2018). Sobre el potencial de la Resonancia Paramagnética Electrónica como herramienta geocronológica en contexto geoarqueológico: un resumen de 30 años de investigación en la Península Ibérica. *Boletín Geológico y Minero*, 129(1-2), 35-57. <https://doi.org/10.21701/bolgeomin.129.1.002>
- Duval, M., Grün, R., Falguères, C., Bahain, J.J., Dolo, J.M. (2009). ESR dating of Lower Pleistocene fossil teeth: Limits of the single sa-

- turating exponential (SSE) function for the equivalent dose determination. *Radiation Measurements*, 44(5), 477-482. <https://doi.org/10.1016/j.radmeas.2009.03.017>
- Duval, M., Guilarte Moreno, V. (2012). Assessing the influence of the cavity temperature on the ESR signal of Aluminum center in quartz grains extracted from sediment. *Ancient TL*, 30(2), 51-57.
- Duval, M., Arnold, L.J. (2013). Field gamma dose-rate assessment in natural sedimentary contexts using LaBr3(Ce) and NaI(Tl) probes: A comparison between the "threshold" and "windows" techniques. *Applied Radiation and Isotopes*, 74, 36-45. <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2012.12.006>
- Duval, M., Guilarte, V. (2015). ESR dosimetry of optically bleached quartz grains extracted from Plio-Quaternary sediment: Evaluating some key aspects of the ESR signals associated to the Ti-centers. *Radiation Measurements*, 78, 28-41. <https://doi.org/10.1016/j.radmeas.2014.10.002>
- Duval, M., Arnold, L.J., Guilarte, V., Demuro, M., Santonja, M., Pérez-González, A. (2017). Electron spin resonance dating of optically bleached quartz grains from the Middle Palaeolithic site of Cuesta de la Bajada (Spain) using the multiple centres approach. *Quaternary Geochronology*, 37, 82-96. <https://doi.org/10.1016/j.quageo.2016.09.006>
- Enríquez, J.J., Mordillo, J.M. (1982a). Las industrias achelenses y musterienses de la comarca de Mérida. Ayuntamiento de Mérida, Mérida, 88 pp.
- Enríquez, J.J., Mordillo, J.M. (1982b). La industria lítica de Peñas Blancas (Zarza de Alange, Badajoz). *Bajo Aragón, Prehistoria*, IV, 7-18.
- Enríquez, J.J., Domínguez, C. (1984). Yacimientos pre y protohistóricos de Badajoz y sus alrededores. *Revista de Estudios Extremeños*, 40(3), 565-582.
- Forman, S.L., Pierson, J., Lepper, K. (2000). Luminescence Geochronology. En: *Quaternary Geochronology: Methods and Applications*. American Geophysical Union, 157-176. <https://doi.org/10.1029/RF004p0157>
- G.E.P.P. (1977). O estudo do Paleolítico da área do Ródão. *O Arqueólogo Português*(3.ª Série), 31-47.
- Gabaldón López, V., Fernández-Gianotti, J., Matía Villarino, G., Hernández Samaniengo, A., Ortega Ruiz, I. (2003). Mapa Geológico de España escala 1:50.000 2ª Serie (MAGNA), Hoja de Mérida (777). ITGE. Serv. Pub. Mº Industria, Madrid.
- García-Vadillo, F.J. (2009). Estudio de los complejos y contexto geológico de las ocupaciones pleistocénicas de las terrazas del Guadiana entre Mérida y Badajoz: Aproximación a la variabilidad de las cadenas operativas en la Terraza3 de la margen derecha del Guadiana. Tesis de máster, Departamento de Historia e Historia del Arte. Área de Prehistoria, Universitat Rovira i Virgili. Tarragona.
- García-Vadillo, F.J., Canals i Salomó, A., García Garriga, J., Rodríguez Álvarez, X.-P. (2013). First advances in the study of Paleolithic occupation of Vegas Bajas del Guadiana (Badajoz, Spain). *V Jornadas do Quaternário. O Quaternário da Península Ibérica: abordagens metodológicas e linhas de investigação*, Porto, 86-88.
- Garzón, G., Fernández, P., Pellicer, M.J., Babín, R.B., Tejero, R.M. (2011). Dataciones preliminares y configuración de las terrazas de la depresión de Badajoz (Las Vegas del Guadiana). XIII Reunión Nacional de Cuaternario. El Cuaternario en España y áreas afines, avances en 2011, Andorra, 63-67.
- Garzón, G., Pellicer, M.J., Tsige, M., Tejero, R., Brum, A., Cabral, J., Babín, R. (2012). El Cenozoico de la depresión del Guadiana en Badajoz. Nueva síntesis y propuesta de correlación. En: L.P. Fernández, A. Fernández, A. Cuesta, y J.R. Bahamonde (Eds.), *Resúmenes extendidos del VIII Congreso Geológico de España*. CD anexo a *Geo-Temas* (Vol. 13). 222-227.
- Garzón, G., Tejero, R. (2018). Las terrazas de las cuencas cenozoicas de Extremadura: aportaciones de la luminiscencia. En: C. García, L. Gómez-Pujol, E. Morán-Tejeda, y R.J. Batalla (Eds.), *Geomorfología del Antropoceno. Efectos del cambio global sobre los procesos geomorfológicos*. Universitat de les Illes Balears, Sociedad Española de Geomorfología, Palma, 119-122.
- Grün, R. (1994). A cautionary note: use of 'water content' and 'depth for cosmic ray dose rate' in AGE and DATA programs. *Ancient TL*, 12(2), 50-51.
- Guérin, G., Mercier, N., Adamiec, G. (2011). Dose-rate conversion factors: update. *Ancient TL*, 29(1), 5-8.
- Guilarte, V., Duval, M. (2020). ESR dating of optically bleached quartz grains: Assessing the impact of different experimental setups on dose evaluations. *Geochronometria*, 0(0). <https://doi.org/10.2478/geochr-2020-0005>

- Hernández-Pacheco, F. (1956). Características Geográficas y Geológicas de las Vegas del Guadiana. Excelentísima Diputación Provincial de Badajoz, Badajoz, 161 pp.
- Insúa Márquez, M., Santos García, J.A., Apalategui Isasa, O., Carvajal Menéndez, A., García Prieto, F.J. (2003a). Mapa Geológico de España escala 1:50.000 2ª Serie (MAGNA), Hoja de Bótoa (750). ITGE. Serv. Pub. Mº Industria, Madrid.
- Insúa Márquez, M., Soria Rodríguez, F., Moreno Serrano, F., Sigüenza Amichis, J., Martín Zúñiga, G., Fernández-Gianotti, J., Gabaldón López, V., Rubio, J.C., Baeza, L.J. (2003b). Mapa Geológico de España escala 1:50.000 2ª Serie (MAGNA), Hoja de Badajoz (775). ITGE. Serv. Pub. Mº Industria, Madrid.
- Insúa Márquez, M., Soria Rodríguez, F., Moreno Serrano, F., Sigüenza Amichis, J., Martín Zúñiga, G., Fernández-Gianotti, J., Gabaldón López, V., Rubio, J.C., Baeza, L.J. (2003c). Mapa Geológico de España escala 1:50.000 2ª Serie (MAGNA), Hoja de Montijo (776). ITGE. Serv. Pub. Mº Industria, Madrid.
- Kreutzer, S., Duval, M., Bartz, M., Bertran, P., Bosq, M., Eynaud, F., Verdin, F., Mercier, N. (2018). Deciphering long-term coastal dynamics using IR-RF and ESR dating: a case study from Médoc, south-west France. *Quaternary Geochronology*, 48, 108-120. <https://doi.org/10.1016/j.quageo.2018.09.005>
- Lisiecki, L.E., Raymo, M.E. (2005). A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic $\delta^{18}O$ records. *Paleoceanography*, 20(1). <https://doi.org/10.1029/2004PA001071>
- López-Recio, M., Morín, J., Escalante, S., González, J.A., Baena, J., Carrión, E., Conde, C., Cuartero, F., Arteaga, C., Escolà, M., Fernández, C., Lázaro, A., Pérez-Juez, A., Regidor, D., Requejo, V., Sánchez, F., Velázquez, R. (2004). La ocupación paleolítica en Ciudad Real. Nuevos datos geomorfológicos y estratigráficos de las terrazas cuaternarias del río Guadiana. En: N. Bicho y A.F. Carvalho (Eds.), IV Congreso de Arqueología Peninsular (Vol. IV). Universidad de Algarve, Faro, 303-309.
- López-Recio, M., Silva, P.G., Cunha, P.P., Tapias, F., Roquero, E., Morín, J., Carroble, J., Murray, A.S., Buylaert, J.-P. (2013). Dataciones por luminiscencia de la terraza + 25-30 m del río Tajo en el área de Toledo. El yacimiento Achelense de Pinedo. En: R. Baena, J.J. Fernández, y I. Guerrero (Eds.), VIII Reunión de Cuaternario Ibérico. El Cuaternario: investigación en el s. XXI. AEQUA, Sevilla, 17-21.
- López-Recio, M., Silva, P.G., Roquero, E., Cunha, P.P., Tapias, F., Alcaraz-Castaño, M., Baena, J., Cuartero, F., Morín, J., Torres, T., Ortiz, J.E., Murray, A.S., Buylaert, J.P. (2015). Geocronología de los yacimientos achelenses de Pinedo y Cien Fanegas (Valle del Tajo) e implicaciones en la evolución fluvial en el entorno de Toledo (España). *Estudios Geológicos*, 71(1). <https://doi.org/10.3989/egeol.41816.340>
- Martins, A.A., Cunha, P.P., Buylaert, J.-P., Huot, S., Murray, A.S., Dinis, P., Stokes, M. (2010). K-feldspar IRSL dating of a Pleistocene river terrace staircase sequence of the Lower Tejo River (Portugal, western Iberia). *Quaternary Geochronology*, 5(2-3), 176-180. <https://doi.org/10.1016/j.quageo.2009.06.004>
- Mazo, A.V., Pérez-González, A., Aguirre, E. (1990). Las faunas pleistocenas de Fuensanta del Júcar y El Provencio y su significado en la evolución del Cuaternario en la Llanura Manchega. *Boletín Geológico y Minero*, 101(3), 56-70.
- Mishra, S., White, M.J., Beaumont, P., Antoine, P., Bridgland, D.R., Limondin-Lozouet, N., Santisteban, J.I., Schreve, D.C., Shaw, A.D., Wenban-Smith, F.F., Westaway, R.W.C., White, T.S. (2007). Fluvial deposits as an archive of early human activity. *Quaternary Science Reviews*, 26, 2996-3016. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2007.06.035>
- Moreno, D., Gutiérrez, F., Val, M.d., Carbonel, D., Jiménez, F., Jesús Alonso, M., Martínez-Pillado, V., Guzmán, O., López, G.I., Martínez, D. (2021). A multi-method dating approach to reassess the geochronology of faulted Quaternary deposits in the central sector of the Iberian Chain (NE Spain). *Quaternary Geochronology*, 65, 101185. <https://doi.org/10.1016/j.quageo.2021.101185>
- Moya, M.E., Centeno, J.D., Azevêdo, T.M. (2002). Notas sobre la sedimentación cenozoica en la Cuenca del Guadiana, tramo Mérida-Badajoz (España). *Seminarios Científicos del Departamento de Geología, Universidad de Alacalá*, 43-56.
- Moya, M.E., Centeno, J.D. (2008). Significado de las superficies de aplanamiento en las Vegas del Guadiana. *Cuaternario y Geomorfología*, 22(1-2), 33-29.
- Pérez-González, A. (1994). Depresión del Tajo. En: M. Gutiérrez Elorza (Ed.), *Geomorfología de España*. Editorial Rueda, Alcorcón, 389-436.
- Prescott, J.R., Hutton, J.T. (1988). Cosmic ray and gamma ray dosimetry for TL and ESR. *International Journal of Radiation Applications and Instrumentation. Part D. Nuclear Tracks and Radia-*

- tion Measurements, 14(1), 223-227. [https://doi.org/10.1016/1359-0189\(88\)90069-6](https://doi.org/10.1016/1359-0189(88)90069-6)
- Prescott, J.R., Hutton, J.T. (1994). Cosmic ray contributions to dose rates for luminescence and ESR dating: Large depths and long-term time variations. *Radiation Measurements*, 23(2), 497-500. [https://doi.org/10.1016/1350-4487\(94\)90086-8](https://doi.org/10.1016/1350-4487(94)90086-8)
- Querol, A., Santonja, M. (1980). L'industrie lithique du gisement acheuléen de Pinedo (Tolède, Espagne). *Bulletin de la Société préhistorique française*, 291-305. <https://doi.org/10.3406/bspf.1980.5221>
- Ramírez González, I. (2007). Aportaciones al Paleolítico Medio en el área occidental de la cuenca media del Guadiana. El Baluarte de Santiago. En: Jornadas sobre Arqueología de la ciudad de Badajoz, 19 y 20 de noviembre de 2004. Museo Arqueológico Provincial de Badajoz, Badajoz, 31-62.
- Raposo, L., Silva, A.C. (1984). O Languedocense: ensaio de caracterização morfotécnica e tipológica. *O Arqueólogo Português, Serie 4(Tomo 2)*, 87-166.
- Rendell, H.M., Pérez-González, A., Gallardo, J., Millán, A., Townsend, P.D. (1994). Thermoluminescence and optically stimulated luminescence dating of Spanish dunes *Quaternary Science Reviews*, 13(5-7), 429-432. [https://doi.org/10.1016/0277-3791\(94\)90054-X](https://doi.org/10.1016/0277-3791(94)90054-X)
- Rodríguez-Hidalgo, A. (2004). Aproximación al estudio de la industria lítica de los yacimientos de la cuenca del Guadiana a su paso por la ciudad de Mérida. 1er Congreso Peninsular de Estudiantes de Prehistoria, Tarragona, 96-103.
- Rodríguez Vidal, J., Villalobos, M., Jorquera, A., Díaz del Olmo, F. (1988). Geomorfología del sector meridional de la Cuenca del Guadiana. *Rev. Soc. Geol. España*, 1(1-2), 157-164.
- Rodríguez, X.-P. (2004). Atapuerca y el inicio del Paleolítico medio en Europa. En: E. Baquedano y S. Rubio Jara (Eds.), *Miscelánea en Homenaje a Emiliano Aguirre*. Museo Arqueológico Regional, Alcalá de Henares, 416-431.
- Roquero, E., Silva, P.G., López-Recio, M., Cunha, P.P., Tapias, F., Morín, J., Alcaraz-Castaño, M., Carrobles, J., Murray, A.S., Buylaert, J.P. (2015). Geocronología de las terrazas de Pleistoceno Medio y Superior del valle del Río Tajo en Toledo (Datos, Trans.). En: J.P. Galve, J.M. Azañón, J.V. Pérez Peña, y P. Ruano (Eds.), XIV Reunión Nacional de Cuaternario. AEQUA, Granada, 8-12.
- Rubio, V., Arteaga, C., Baena, J., González, J.A., López, M., Marín, J.C., Morín, J. (2005). El Pleistoceno y las industrias Paleolíticas de la Cuenca Alta y Media del río Guadiana. En: *Los Primeros Pobladores de Castilla La Mancha*. Fundación Cultura y Deporte de Castilla La Mancha, Toledo, 141-190.
- Sahnouni, M., Parés Josep, M., Duval, M., Cáceres, I., Harichane, Z., van der Made, J., Pérez-González, A., Abdessadok, S., Kandi, N., Derradji, A., Medig, M., Boulaghraif, K., Semaw, S. (2018). 1.9-million- and 2.4-million-year-old artifacts and stone tool-cut-marked bones from Ain Boucherit, Algeria. *Science*, 362(6420), 1297-1301. <https://doi.org/10.1126/science.aau0008>
- Santisteban, J.I., Schulte, L. (2007). Fluvial networks of the Iberian Peninsula: a chronological framework. *Quaternary Science Reviews*, 26(22-24), 2738-2757. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2006.12.019>
- Santonja, M., Pérez-González, A. (2001). El Paleolítico Inferior en el Interior de la Península Ibérica. *Un Punto de Vista desde la Geoarqueología*. *Zephyrus*, 53-54, 27-77.
- Santonja, M., Villa, P. (2006). The Acheulian of Western Europe. En: N. Goren-Inbar y G. Sharon (Eds.), *Axe Age. Acheulian Tool-Making from Quarry to Discard*. Equinox, London, 429-471.
- Santonja, M., Pérez-González, A. (2010). Mid-Pleistocene Acheulean industrial complex in the Iberian Peninsula. *Quaternary International*, 223-224(0), 154-161. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2010.02.010>
- Santonja, M., Pérez-González, A., Panera, J., Rubio-Jara, S., Méndez-Quintas, E. (2016). The coexistence of Acheulean and Ancient Middle Palaeolithic techno-complexes in the Middle Pleistocene of the Iberian Peninsula. *Quaternary International*, 411(0), 367-377. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.04.056>
- Silva, A.C. (1994). Problemática das "indústrias macrolíticas" do Guadiana. Um tema a não ignorar para uma maior aproximação ao estudo do povoamento pré-histórico no interior alentejano. *Arqueología en el entorno del bajo Guadiana*. *Actas del Encuentro Internacional de Arqueología del Suroeste*, Huelva, 71-90.
- Sohbati, R., Murray, A.S., Buylaert, J.-P., Almeida, N.A.C., Cunha, P.P. (2012). Optically stimulated luminescence (OSL) dating of quartzite cobbles from the Tapada do Montinho archaeological site (east-central Portugal). *Boreas*, 41(3), 452-462. <https://doi.org/10.1111/j.1502-3885.2012.00249.x>

- Sos, V. (1964). Geología de las inmediaciones de Mérida. Boletín del Instituto Geológico y Minero de España, LXXV, 211-311.
- Straus, L.G. (2018). El Paleolítico Superior de la península ibérica. Trabajos de Prehistoria, 75(1), 9-51. <https://doi.org/10.3989/tp.2018.12202>
- Tejero, R., Garzón, G. (2014). The Guadiana River: the role of tectonics on drainage configuration. Comunicações Geológicas, 101(III), 1467-1471.
- Toyoda, S., Falguères, C. (2003). The method to represent the ESR signal intensity of the aluminium hole center in quartz for the purpose of dating. Advances in ESR Applications, 20, 7-10.
- Toyoda, S., Voinchet, P., Falguères, C., Dolo, J.M., Laurent, M. (2000). Bleaching of ESR signals by the sunlight: a laboratory experiment for establishing the ESR dating of sediments. Applied Radiation and Isotopes, 52(5), 1357-1362. [https://doi.org/10.1016/S0969-8043\(00\)00095-6](https://doi.org/10.1016/S0969-8043(00)00095-6)
- Tsige, M., Gomez-Ortiz, D., Tejero, R., Garzón-Heydt, G. (2020). Lithostratigraphy of a Cenozoic intra continental basin (Guadiana Basin, SW Spain) by using clay mineral assemblages and geophysical properties. CATENA, 192, 104588. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104588>
- Vallespi, E. (1989). Paleolítico Medio Indeterminado, de aspecto Postachelense, en ámbitos fluviales del Sur y Centro de la Península Ibérica. Veleia, 6, 7-20.
- Vallespi, E. (1999). Comentario al Paleolítico Ibérico: Continuidad, Etapas y Perduraciones del Proceso Cultural. SPAL, Revista de Prehistoria y Arqueología, 8, 39-46. <https://doi.org/10.12795/spal.1999.i8.03>
- van Dorsser, H.J. (1974). A geomorphological map of the lower Guadiana basin. The area south of the river Guadiana from the river Machel to the Guadajira. Geografisch Instituut Der Rijksuniversiteit Utrecht, ser. b(55), 3-19.
- van Zuidam-Cancelado, F.I. (1989). Desarrollo geomorfológico de la Cuenca del río Aljucén y sus alrededores inmediatos, Extremadura, España. Una hipótesis del desarrollo de planaciones. Proefschrift Rijksuniversiteit Utrecht, Nederland, Utrecht, 257 pp.
- Vaquero, M., Esteban, M., Allué, E., Vallverdú, J., Carbonell, E., Bischoff, J.L. (2002). Middle Palaeolithic Refugium, or Archaeological Misconception? A New U-series and Radiocarbon Chronology of Abric Agut (Capellades, Spain). Journal Of Archaeological Science, 29(9), 953-958. <https://doi.org/10.1006/jasc.2001.0794>
- Villalobos Mejía, M., Jorquera de Guindos, A., Apalategui Isasa, O. (1988). Mapa Geológico de España escala 1:50.000 2ª Serie (MAGNA), Hoja de La Albuera (802). IGME. Serv. Pub. Mº Industria, Madrid.
- Zbyszewski, G., Leitão, M., North, C.T. (1972). Estação paleolítica do Monte das Caldeiras (Eivas). O Arqueólogo Português, VI(III), 9-37.

Recibido el 10 de junio de 2021

Aceptado el 27 de noviembre de 2021

ANEXOS

1. Datación ESR: procedimiento analítico

1.1. Preparación

Primero, se tamiza el sedimento de la muestra CAC1203 para recuperar la fracción granulométrica de 100-200 μm , para luego someterle a una sucesión de ataques químicos: HCl 6N para disolver los carbonatos, H_2O_2 para eliminar la materia orgánica y HF (40%) durante 40 minutos para eliminar los feldespatos y la superficie exterior de los granos de cuarzo. Para finalizar,

se realiza una separación de minerales pesados y ligeros con SPT (con densidades de 2,72 g/cm^3 y 2,62 g/cm^3), y se utiliza un imán de neodimio para eliminar los minerales magnéticos.

1.2. Evaluación de la D_E

La muestra preparada está dividida en 12 alícuotas. Se irradian 10 de ellas con una fuente de Cs-137 de tipo Gammacell-1000 (tasa de dosis = $7,37 \pm 0,17 \text{ Gy}/\text{min}$) a las dosis siguientes: 161, 251, 400, 630, 999, 1598, 2495,

Tabla S1.

Muestra	Numero de mediciones	Coeficiente de blanqueo (%)	Repetibilidad de las intensidades ESR (%)	Repetibilidad de las D _E (%)	EXP+LIN (1/l ²)	
					r ² ajustado	D _E (Gy)
CAC1203	3	42,4 ± 1,6	1,2	4,1	0,996	125 ± 11

Tabla S1: Datos ESR asociados al centro AI. El coeficiente de blanqueo corresponde a la diferencia relativa entre las intensidades ESR de la alícuota natural y de la blanqueada. Repetibilidad de las intensidades ESR corresponde a la variabilidad (1 desviación estándar) de las intensidades ESR obtenidas después de cada medición. De manera similar, la repetibilidad de las D_E corresponden a la variabilidad (1 desviación estándar) de las D_E obtenidas después de cada medición. La función de ajuste EXP+LIN corresponde a la suma de una SSE y de un componente lineal (ver Duval (2012)).

Tabla S2.

Muestra	Señal	Numero de mediciones	Repetibilidad de las intensidades ESR (%)	Repetibilidad de las D _E (%)	Función de ajuste	r ² ajustado	D _E (Gy)
CAC1203	Ti (opción D)	3	1,6	8,4	DSE (1/l ²)	0,999	72,6 ± 3,5
CAC1203	Ti-H (opción C)	3	2,9	85,3	Ti-2 (1/s ²)	1,000	59,1 ± 2,8

Tabla S2: Datos ESR asociados a los centros Ti opciones C y D según Duval y Guilarte (2015). La repetibilidad de las intensidades ESR corresponde a la variabilidad (1 desviación estándar) de las intensidades ESR obtenidas después de cada medición. De manera similar, la repetibilidad de las D_E corresponden a la variabilidad (1 desviación estándar) de las D_E obtenidas después de cada medición. La función de ajuste DSE corresponde a la suma de dos SSE (ver Duval *et al.* (2009)), mientras que la Ti-2 viene de Duval y Guilarte (2015).

4996, 9996 y 19997 Gy. Otra alícuota está expuesta a la luz de un simulador de tipo SOL2 (Hönle) durante 1250 h para poder determinar el componente residual (no-blanqueable) de la señal ESR asociada al centro AI.

Se miden las alícuotas en el Centro Nacional de Investigación sobre la Evolución Humana (CENIEH, Burgos) con un espectrómetro Bruker EMXmicro (banda X) a baja temperatura (~90 K) y con los parámetros de adquisición siguientes:

- Señal AI: potencia microonda de 10 mW, resolución de 1024 puntos, anchura de barrido de 20 mT, frecuencia de modulación de 100 kHz, amplitud de modulación de 0.1 mT, tiempo de conversión de 40 ms, constante de tiempo 10 ms y 1 escaneo.
- Señales Ti: potencia microonda de 5 mW, resolución de 1024 puntos, anchura de barrido de 20 mT, frecuencia de modulación

de 100 kHz, amplitud de modulación de 0.1 mT, tiempo de conversión de 60 ms, constante de tiempo 10 ms y 1 a 5 escaneos.

Para ambos centros, cada alícuota está medida 3 veces después de una rotación del tubo de unos ~120° en la cavidad para tomar en cuenta la dependencia angular de la señal. Se repite este procedimiento de medición 3 veces en distintos días para evaluar la repetibilidad de los datos.

Las intensidades ESR de las varias señales se miden de la manera siguiente:

- Señal AI: amplitud pico a pico entre el máximo del primer pico (g=2,0185) y la base del decimosexto pico (g=1,9928) (Toyoda y Falguères, 2003).
- Señal Ti (opción D): amplitud entre la línea de base y el pico a g=1,913 (Duval y Guilarte, 2015).

- Señal Ti-H (opción C): amplitud entre la línea de base y el pico a $g=1,915$ (Duval y Guilarte, 2015).

Cada intensidad ESR está corregida por el peso de la alícuota correspondiente, el número de escaneos, y la temperatura de medición (Duval y Guilarte Moreno, 2012). El ajuste de los datos experimentales se realiza con el programa Microcal OriginPro 8.5 basado en el algoritmo Levenberg-Marquardt por minimización del chi cuadrado. La curva de crecimiento final se basa en las intensidades promedias y errores asociados (1 desviación estándar) derivadas de las mediciones repetidas. Para el centro Al, se ajusta una función exponencial+lineal (EXP+LIN), con datos ponderados por el inverso de las intensidades al cuadrado ($1/I^2$) (Duval, 2012), con extrapolación hasta la intensidad residual. Para el centro Ti (opción D), se ajusta una función DSE (*Double Saturating Exponential*; Duval *et al.* (2009)) con ponderación en $1/I^2$, mientras se usa la función Ti-2 con ponderación en $1/s^2$ (inverso de los errores al cuadrado) para el centro Ti-H (opción C) (Duval y Guilarte, 2015), ambas funciones con extrapolación hasta $Y=0$.

Bibliografía

- Duval, M., Grün, R., Falguères, C., Bahain, J. J., Dolo, J. M. (2009). ESR dating of Lower Pleistocene fossil teeth: Limits of the single saturating exponential (SSE) function for the equivalent dose determination. *Radiat. Measur.*, 44(5), 477-482. <https://doi.org/10.1016/j.radmeas.2009.03.017>
- Duval, M. (2012). Dose response curve of the ESR signal of Aluminum center in quartz grains extracted from sediment. *Ancient TL*, 30(2), 41-50.
- Duval, M., Guilarte Moreno, V. (2012). Assessing the influence of the cavity temperature on the ESR signal of Aluminum center in quartz grains extracted from sediment. *Ancient TL*, 30(2), 51-57.
- Duval, M., Guilarte, V. (2015). ESR dosimetry of optically bleached quartz grains extracted from Plio-Quaternary sediment: Evaluating some key aspects of the ESR signals associated to the Ti-centers. *Radiat. Measur.*, 78, 28-41. <https://doi.org/10.1016/j.radmeas.2014.10.002>
- Toyoda, S., Falguères, C. (2003). The method to represent the ESR signal intensity of the aluminium hole center in quartz for the purpose of dating. *Advances in ESR Applications*, 20, 7-10.

