



DINÁMICA GEOARQUEOLÓGICA DE LA VERTIENTE ORIENTAL DEL RECINTO AMURALLADO DEL YACIMIENTO DE VILLASVIEJAS DEL TAMUJA (BOTIJA, CÁCERES, ESPAÑA)

Georchaological dynamics of the eastern slope of the walled enclosure of the Villasviejas del Tamuja site (Botija, Cáceres, Spain)

M^a Teresa de Tena Rey¹, Carmen Pro Muñoz¹, Victorino Mayoral Herrera² y Elia Quirós³

¹Centro Universitario de Mérida, Universidad de Extremadura, Avda Santa Teresa de Jornet, 38, 06800, Mérida, Badajoz.

mtdetena@unex.es, cpro@unex.es

²Instituto de Arqueología (CSIC-Junta de Extremadura), Plaza de España, 15, 06800, Mérida, Badajoz.

vmayoral@iam.csic.es

³Escuela Politécnica de Cáceres, Universidad de Extremadura, Avda de la Universidad S/N, Norte, 10003 Cáceres.

equiros@unex.es

Resumen: La historia de los procesos geodinámicos que han afectado a los sitios arqueológicos tras el abandono, está ligada a sus posteriores usos y a las características geomorfológicas. Estos condicionantes son, en buena parte, determinantes de los procesos erosión y depósito que se producen en los asentamientos después del abandono. La identificación de esta dinámica es necesaria al condicionar la integridad y detección de los restos arqueológicos. En este trabajo se presenta el estudio llevado a cabo en el castro de la Segunda Edad del Hierro de Villasviejas del Tamuja (Botija, Cáceres, España) con el fin de valorar los procesos dinámicos y de conservación en la vertiente oriental de este recinto. En la superficie de esta vertiente, es reconocible parte del tramo de la muralla construida con bloques de granito, aunque no es visible el sustrato sobre el que se edifica. Son muy abundantes los bloques deslizados a lo largo de ella. A partir de las observaciones directas en campo y del estudio indirecto mediante tomografía eléctrica a través de diferentes perfiles que han alcanzado distintas profundidades, se ha podido precisar el límite del sustrato de pizarras sobre el que se edificó la muralla y los depósitos que lo recubren. En cuanto a la dinámica geoarqueológica, se ha determinado que la vertiente ha estado afectada por procesos antrópicos y naturales. Las estructuras enterradas detectadas, indican sucesivas etapas de erosión e inestabilidad gravitacional agravadas por el fin de la actividad agrícola instalada en este espacio tras el abandono del castro.

Palabras clave: Geoarqueología, tomografía eléctrica, procesos de laderas, penillanura cacereña, Edad del Hierro.

Abstract: The history of the geodynamic processes that have affected archaeological sites after abandonment is linked to their subsequent uses and the geomorphological characteristic. These conditions are, to a large extent, determinants of the processes of erosion and deposition that occur in settlements after abandonment. The identification of this dynamic is necessary when conditioning the integrity and detection of the archaeological remains. This work presents the study carried out in Second Iron Age hillfort of Villasviejas



del Tamuja (Botija, Cáceres, Spain) in order to assess the dynamic and conservation processes on the eastern slope of this enclosure. On the surface of this slope, part of the section of the wall built with granite blocks is recognizable, although the substrate on which it is built is not visible. The presence of sliding blocks along it is very abundant. Based on direct observations in the field and the indirect study using electrical tomography through different profiles, which have reached different depths, it has been possible to determine the boundary between the slate substrate on which the wall was built and the deposits that cover it. Regarding the geoarchaeological dynamics, it has been determined that the slope has been affected by anthropic and natural processes. The buried structures detected indicate successive stages of erosion and gravitational instability aggravated by the end of the agricultural activity installed in this space after the abandonment of the fort.

Keywords: *Geoarchaeology, electrical tomography, slope processes, peneplain of Cáceres, Second Iron Age.*

De Tena Rey, M.T., Pro Muñoz C., Mayoral Herrera V., Quirós Rosado E., 2025. Dinámica geoarqueológica de la vertiente oriental del recinto amurallado del yacimiento de Villasviejas del Tamuja (Botija, Cáceres, España). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 38 (2) 7-16.

Introducción

El sitio arqueológico de Villasviejas del Tamuja (Botija, Cáceres, España), es un poblado fortificado de la Edad del Hierro que se localiza en el suroeste de la península ibérica, concretamente en la penillanura entre los ríos Tajo y Guadiana. El asentamiento estuvo ocupado desde principios del siglo IV hasta mediados del siglo I a. C., y consta de dos recintos amurallados (norte y sur) con un total de unas 7 ha de superficie (Fig. 1). Es un importante referente para el estudio de la Segunda Edad del Hierro y el proceso de romanización en el sector occidental de la Meseta peninsular, por ser uno de los enclaves de mayor extensión y monumentalidad en dicho ámbito geográfico, además de uno de los que mayor atención ha recibido en la literatura científica sobre el tema. Así, cuenta con una dilatada actividad de investigación que abarca trabajos de excavación en el interior de sus dos recintos amurallados (Hernández *et al.*, 1989), así como de prospección de su entorno (Hernández y Martín, 2017). Más recientemente se ha abierto una línea de investigación centrada en una lectura extensiva de la organización espacial interna del sitio (Mayoral, 2021) mediante la aplicación de métodos no destructivos.

El análisis combinado de todos estos datos permite vislumbrar una compleja relación entre el recinto defensivo y las actividades que se desarrollaban en su interior. Este sistema ha revelado una larga secuencia de evolución, durante la cual se emplearon diferentes soluciones técnicas y con un grado muy variable de adaptación y modificación de la topografía preexistente. En este sentido, existe una marcada diferencia entre los dos recintos que componen el yacimiento. Aquí nos centraremos en el septentrional, que corresponde a la ocupación inicial del asentamiento hacia principios del siglo IV a.C. Esta zona amurallada se restringe a un recinto de unas 4 ha, que aprovecha un promontorio con vistas al río Tamuja. La escarpada curva del río ofrece en los lados noroeste y norte la protección natu-

ral de paredes verticales de hasta 10 a 15 m de altura. A lo anterior, los primeros habitantes del castro añadieron una muralla defensiva de piedra seca construida con las pizarras del sustrato. La cara externa se inclinó para adaptarse a las laderas, rellenando el espacio interior con una mezcla de bloques de pizarra y tierra.

Esta muralla fundacional es aún visible de manera intermitente a lo largo de los lados occidental y septentrional del recinto. En una etapa más reciente, coincidiendo con la construcción del recinto sur, se produce una total remodelación del sistema defensivo, en especial en el lado oriental y meridional (Mayoral, 2021). Se introduce una técnica constructiva completamente diferente (sillarejo con bloques a soga y tizón), basada además en el empleo del granito, material completamente alóctono extraído y transportado desde las canteras localizadas a unos seis kilómetros al noreste del asentamiento (batolito de Plasenzuela).

Pese a la gran envergadura de estas estructuras, el papel que han jugado las diferentes ocupaciones del castro y la dinámica en las vertientes tras su posterior abandono, a mediados del siglo I a. C., complica mucho la identificación tanto de los niveles en los que se apoya la muralla de granito, como de los arrastres y procesos subsiguientes al derrumbe parcial de la misma. Ha influido mucho en este sentido la biografía del sitio a partir del momento en que se inició la explotación agrícola de los terrenos que ocupaba. A fin de aprovechar la riqueza orgánica del suelo favorecida por la prolongada ocupación humana en el lugar, se construyó un complejo entramado de cercados y banales para el cultivo de cereales y leguminosas en un régimen de secano. Estas estructuras modificaron la topografía del sitio arqueológico, con grandes aportes de tierra que rellenaron los fosos y nivelaron el terreno. Carecemos de documentación que permita atestiguar en qué momento se inició esa actividad, que formaría parte de la economía tradicional del cercano pueblo de Botija. Si que sabemos que este sistema de aprovechamiento fue progresivamente abandonado a partir de los años 60 del pasado siglo. La

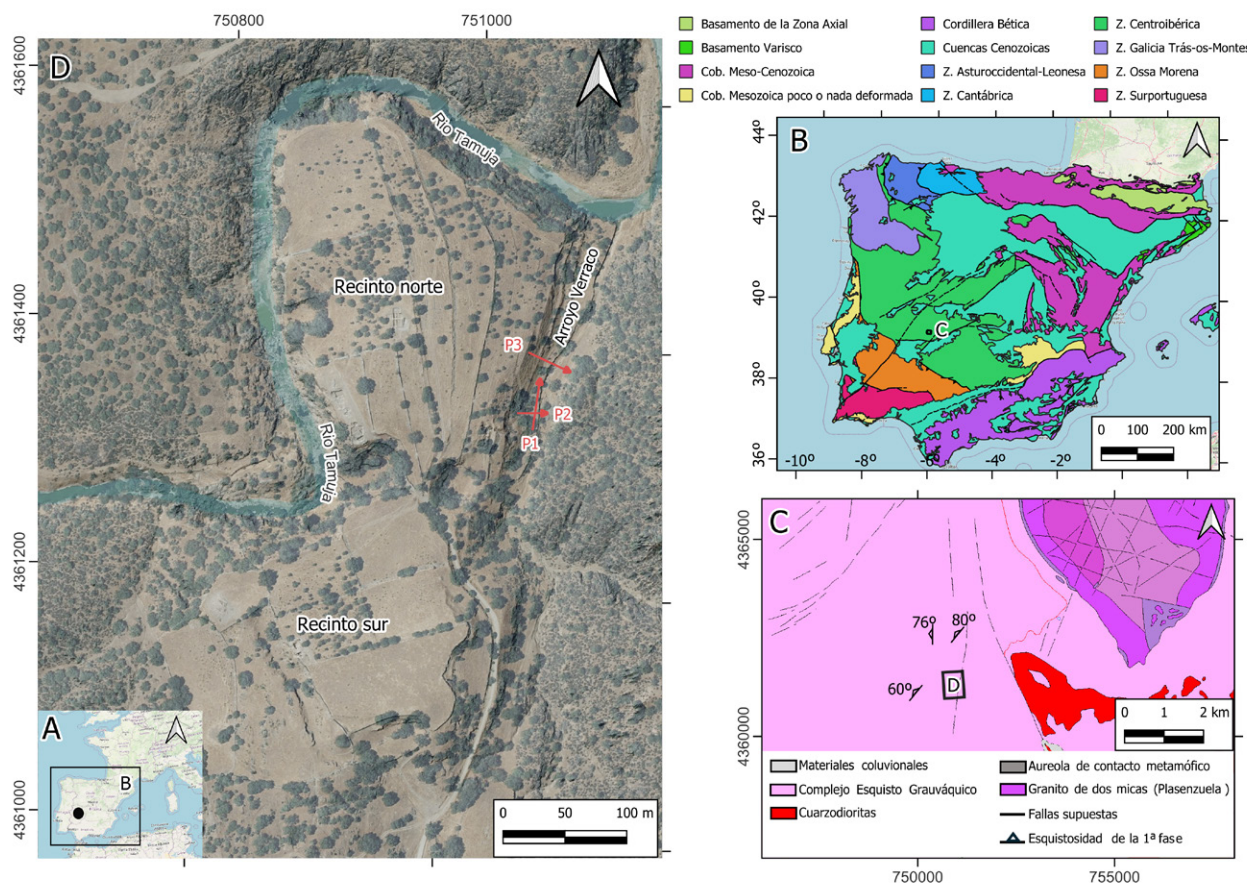


Fig. 1.- Localización y esquema geológico del área de estudio. **A.** Mapa base y datos del OpenStreetMap y Fundación OpenStreetMap (CC-BY-SA) © **B.** Grandes regiones geológicas de la península ibérica y Baleares. Escala: 12000000. Coordenadas marco: EPSG4326-WGS84. **C.** Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 (Hojas 705 y 730). Fuente: IGME (Instituto Geológico y Minero de España) Escala: 1:110000. Sistema de coordenadas: ETRS89/UTM huso 29. **D.** Mapa Base Ortofoto PNOA máxima actualidad. Fuente: IGN (Instituto Geográfico Nacional).

ruina de estas estructuras supuso la reactivación de los procesos erosivos, sobre todo en las laderas con pendientes más acusadas como es el caso de la zona objeto del presente estudio.

El conocimiento de la evolución geomorfológica y sucesivas transformaciones de los sitios arqueológicos es importante ante la amenaza que representan estos procesos geodinámicos en su perdurabilidad y es necesario en la toma de medidas para su conservación. Los estudios con diferentes métodos y técnicas, relativos a cómo se ve afectado el patrimonio arqueológico por la evolución de esta dinámica, tanto natural como antrópica en diferentes contextos (Vicko, 2004; Bermúdez, 2010; Miele, 2014; Gafurov *et al.*, 2019; Covătaru *et al.*, 2022; Lebrun *et al.*, 2023), y el riesgo que representa (Jiménez-Sánchez y Ballesteros, 2017; Kinsey *et al.*, 2017), proporcionan una visión de los sitios y su entorno que ayuda a la comprensión del impacto tras el abandono.

El objetivo del presente trabajo es estudiar en detalle la ladera oriental del recinto amurallado de Villasviejas del Tamuja, para determinar la configuración del sustrato geológico, estimar los depósitos que lo recubren y detectar el registro arqueológico que permita valorar cómo ha sido la dinámica en este espacio.

Se pretende que este estudio contribuya al conocimiento del emplazamiento y evolución de la muralla, así como del riesgo que presenta la acción erosiva y dinámica gravitacional para la conservación de los yacimientos arqueológicos.

Marco geológico y geomorfológico

El área de estudio se localiza en la provincia de Cáceres (España), a unos 25 km al sureste de la capital y en el término municipal de Botija. El entorno se caracteriza por un dominio de la dehesa con matorral y pastizal, y una dedicación predominantemente ganadera. En este sentido el sitio arqueológico representa una singularidad en el paisaje, pues históricamente ha sido un espacio de dedicación agrícola hasta el abandono de los campos de labor durante las últimas décadas (Mayoral *et al.*, 2019). Desde el punto de vista geológico, a escala regional el emplazamiento de Villasviejas se encuadra en la Zona Centroibérica del Macizo Ibérico donde las series del Precámbrico Superior-Cámbrico Inferior ocupan extensos afloramientos constituidas fundamentalmente por pizarras y grauvacas, pertenecientes al Complejo Esquisto Grauváquico (CEG) (Carrington da Costa, 1950) (Fig. 1). El CEG ha sido di-

vidido en diferentes unidades litoestratigráficas correspondiendo el área de estudio al AloGrupo Domo Extremeño (Álvarez Nava *et al.*, 1988). Estas series de gran monotonía litológica están caracterizadas por un metamorfismo regional de bajo grado y se encuentran afectadas por diferentes fases de deformación acompañadas de plutonismo al que se liga el cercano batolito de Plasenzuela (Rodríguez Alonso *et al.*, 2004; Pereira *et al.*, 2018) originado en la fase Varisca. La primera fase del plegamiento hercínico dio origen a una serie de pliegues de escala métrica, generándose una esquistosidad de fractura S1 muy homogénea y penetrativa con direcciones N-S o N 30° buzando hacia el oeste y con ángulos próximos a la vertical en la zona, mientras que la segunda fase originó un conjunto de grandes estructuras, de escala kilométrica, donde se incluyen el gran anticlinorio centroextremeño. Como consecuencia de esta Orogenia Hercínica, la región emergida y organizada en grandes estructuras afectadas por fracturas y pliegues sufre una intensa erosión que abarcaría desde el final del Carbonífero, hasta el Paleoceno. Con la Orogenia Alpina a principios del Terciario se reactivan las fracturas existentes tras el importante periodo de erosión que tuvo lugar en el área, originándose la fosa del Tajo.

La morfología actual del área se originó definitivamente durante el Holoceno (Gómez Amelia, 1985), dominando una extensa llanura peniplanizada de 400 m de altitud media que está siendo degradada por la red hidrográfica actual fuertemente encajada, situándose el yacimiento de Villasviejas, en la cuenca del río Tamuja incluido en la red del río Almonte, afluente del Tajo. La presencia en el área de fracturación con predominio de la de dirección NE-SO, que produce lineaciones de rotura y disgregación de la roca favorables para el encajamiento, ha sido un factor determinante tanto en la organización como en el trazado de la red fluvial (Garrote *et al.*, 2002; Garzón *et al.*, 2012; Whittaker *et al.*, 2007) y en la posterior evolución de los accidentes geográficos.

El yacimiento de Villasviejas se asienta en un promontorio constituido por rocas metasedimentarias del CEG, fundamentalmente pizarras. Los trabajos de prospección mediante tomografía eléctrica realizados previamente en el emplazamiento han permitido deducir que, por debajo de estas pizarras y en la base del asentamiento, existiría una posible intrusión granítica (De Tena *et al.*, 2020). Este promontorio se encuentra delimitado por el río Tamuja en su vertiente occidental y el arroyo Verraco en la oriental. Las marcadas alineaciones de geometrías rectas con dirección NNE-SSO, claramente identificadas en el modelo digital del terreno generado para el área investigada, sugieren que este arroyo discurre a lo largo de una falla deducida.

En un análisis más detallado del relieve del recinto norte, puede verificarse una clara diferenciación entre las vertientes este y oeste que lo delimitan. La vertiente occidental, conformada por pizarras con orientación N-S y buzamiento próximo a la vertical en el borde norte y de 60° O en el sur, es más escarpada, reconociéndose en algunos puntos la muralla de lajas de pizarras correspondiente a los primeros habitantes del castro adaptada a esta disposición.

Por lo que respecta a la ladera oriental, el límite lo

marca el arroyo del Verraco con un patrón rectilíneo posiblemente de tipo tectónico, conformando una vertiente con una topografía menos abrupta. En esta vertiente no ha sido posible analizar las orientaciones de las pizarras sobre las que se apoyaría la muralla al no observarse afloramientos del sustrato geológico siendo uno de los objetivos de este trabajo, determinar la configuración geológica de esta vertiente. Los recubrimientos de derrubios tapizan la superficie con importantes acumulaciones en la base. En esta ladera es reconocible en superficie parte del tramo de la muralla construida con bloques de granito (Fig. 2A), y son abundantes los bloques deslizados a lo largo de ella (Fig. 2B) como consecuencia del desplome de esta edificación. La generación de una extensa trama de parcelas agrícolas debido a la intervención humana habría modificado fuertemente la topografía de esta vertiente.

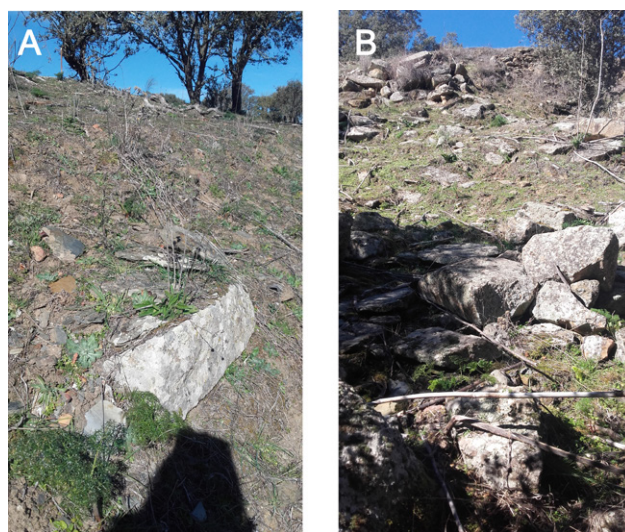


Fig. 2.- A. Restos visibles de la muralla de granitos. **B.** Bloques de granito deslizados a lo largo de la ladera.

Metodología

La metodología ha supuesto el desarrollo de trabajo de campo para abordar el reconocimiento de los materiales aflorantes en el entorno del yacimiento, por un lado, y el examen de las características de los depósitos que cubren la vertiente, por otro. De manera indirecta, se ha recurrido al método de tomografía eléctrica que resulta muy adecuado en la exploración geoarqueológica (Rey *et al.*, 2010; Papadopoulos *et al.*, 2014), al facilitar la identificación del sustrato y proporcionar información de las discontinuidades del subsuelo. Se realizaron tres perfiles en el primer tramo del arroyo y ladera, para estimar la potencia del depósito, establecer niveles e interpretar su disposición. El equipo empleado fue un ABEM Terrameter LS (Fig. 3A), realizán-

	Distancia entre electrodos (m)	Longitud (m)	Profundidad (m)	Error/nº de iteraciones
P1	1	40	8	0,9/8
P2	0,5	20	4	1,8/7
P3	1	40	8	1,9/7

Tabla 1.- Características de los perfiles de tomografía eléctrica.

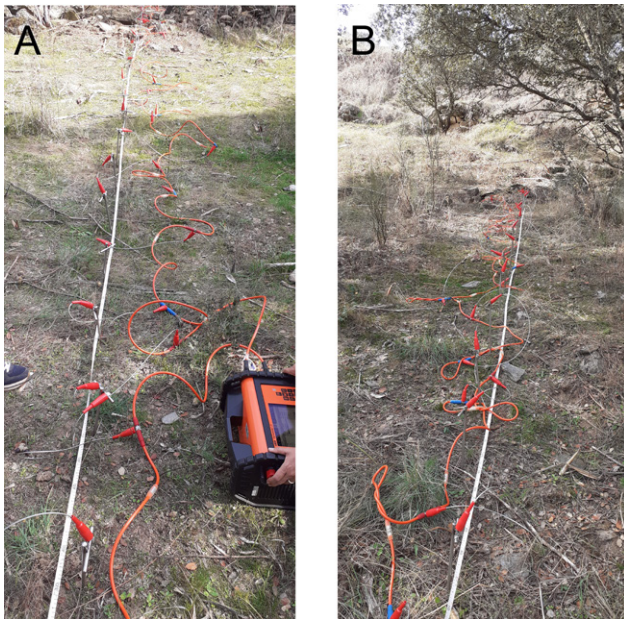


Fig. 3.- A. Equipo de tomografía eléctrica empleado. B. Imagen del perfil P1. Ver situación en figuras 1 y 4.

dose el procesado de los datos con el programa de inversión Res2dinv de Geotomo Software. En los tres perfiles realizados, se han empleado dos cables con 21 electrodos cada uno, adquiriendo los datos mediante la configuración “*multi gradient array*”. En la Tabla 1 se muestra para cada perfil: distancia entre electrodos, longitud, profundidad máxima alcanzada y el error con el número de iteraciones para alcanzar la solución en el proceso de inversión numérica. Todos los perfiles han sido georreferenciados mediante observaciones GPS con correcciones RTK procedentes de la Red Extremeña de Posicionamiento. El Sistema de Proyección empleado ha sido el UTM Huso 29N, datum ETRS 89.

La posición de los perfiles se eligió con el objetivo de obtener información del talud y de los materiales acumulados en su base. El primer perfil P1, con una longitud de 40 m, se realizó paralelo al cauce del arroyo del Verraco, en los depósitos de la terraza artificial inferior creada en el borde del arroyo y limitada por una cerca de pizarras (Fig. 3B). La separación entre electrodos ha sido de 1 m, alcanzando una profundidad de investigación de 8 m. El perfil P2 se realizó perpendicular al perfil P1 con una longitud de 20 m y una profundidad de investigación de 4 m al estar separados los electros 0,5 m. Se inició en la parte media baja de la ladera, muy próximo a un punto donde es visible un tramo de muralla con bloques de granito de aproximadamente 3 m de longitud (Fig. 2A), finalizando en el cauce del arroyo, donde se observó un mal contacto de los electrodos debido a las condiciones del suelo. El perfil P3, con una longitud de 40 m y separación entre electrodos de 1 m, alcanzó una profundidad de investigación de 8 m. Se inició en la parte superior de la ladera y finalizó en el margen derecho del arroyo, atravesando el cauce y una cerca de piedra situada en su borde inferior izquierdo. La situación de los tres perfiles se muestra en la Figura 4.

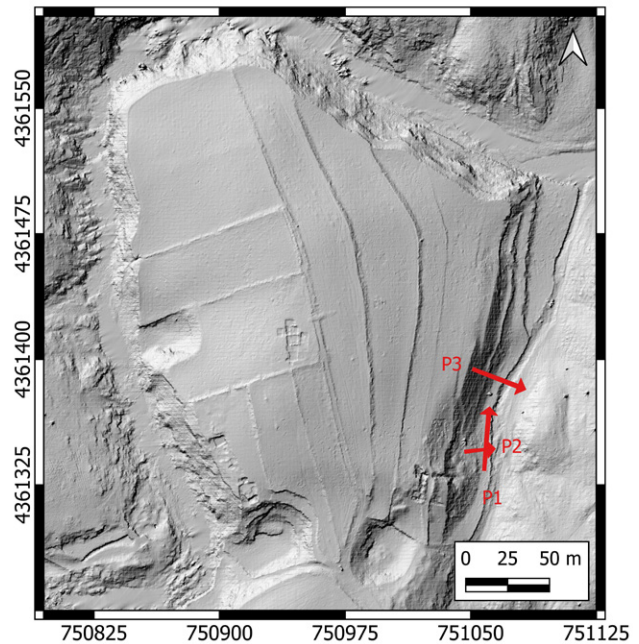


Fig. 4.- Localización de los perfiles de tomografía eléctrica sobre imagen LiDAR (sistema de referencia ETRS89 y proyección UTM-29N). Las flechas apuntan al final de cada perfil.

Resultados y discusión

Los resultados del estudio de campo revelan que no aparecen afloramientos del sustrato de pizarra en la ladera estudiada, en cambio sí abundan los bloques de granito deslizados, procedentes del desplome de la muralla edificada en su parte superior (Fig. 2B). Toda la ladera se halla cubierta de depósitos de derrubios con un espesor variable llegando hasta los 3 m. Estos depósitos de ladera se componen de materiales arenosos y arcillosos con algunos cantos de pizarras y restos cerámicos arrastrados de niveles

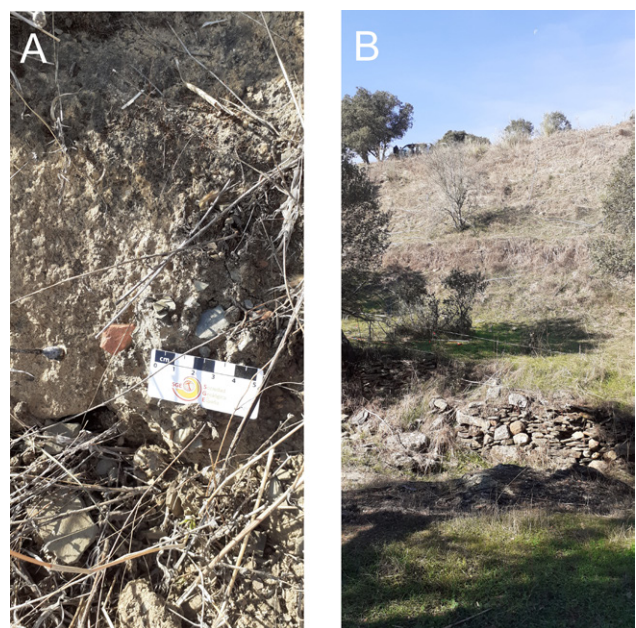


Fig. 5.- A Depósitos de ladera. B Cercas de piedras edificadas a lo largo de la ladera delimitando pequeños huertos.

superiores desmantelados (Fig. 5A). La base de la ladera está intensamente antropizada, localizándose cerca de piedras cercanas al cauce y a media ladera que han actuado como diques de contención, creándose pequeñas terrazas con considerables acumulaciones de derrubios (Fig. 5B).

En cuanto a los perfiles de tomografía eléctrica llevados a cabo, se ha obtenido la distribución de la resistividad para cada uno de ellos con un error inferior al 2%. En la Figura 6 se muestra la distribución de resistividad para cada perfil empleando una escala común, con el fin de analizar y comparar no sólo las principales anomalías, sino también los distintos niveles que configuran la vertiente.

En los tres perfiles, se identifica un primer nivel, con resistividades entre 600 y 700 Ωm que se interpreta como derrubios de ladera, en el que pueden distinguirse diferentes elementos constructivos que se corresponden con las anomalías obtenidas. Por debajo de este nivel, marcado con trazo discontinuo, se ha identificado el sustrato de pizarras

a diferentes profundidades y con valores de resistividad en torno a los 340 Ωm , los mismos que los obtenidos en los perfiles realizados en el interior del recinto en anteriores campañas de estudio (Mayoral *et al.*, 2019; De Tena *et al.*, 2020; Pro *et al.*, 2020).

En particular, en el perfil P1 (Fig. 7) puede observarse un nivel superior que se corresponde con coluviones donde se engloban diferentes anomalías, probablemente correspondientes a una construcción/cerca que ha podido quedar recubierta por la acumulación de materiales de ladera, poniendo de manifiesto la importante dinámica reciente en esta vertiente. Los diferentes valores de resistividad de las anomalías detectadas en él (A1, A2, y A3), coincidirían con los distintos estados de alteración de los tramos de construcción sepultados. La potencia de este nivel es de 2,5 m y estaría separado del nivel inferior, correspondiente al sustrato de pizarras, por una superficie horizontal neta y aplanada, claramente antrópica.

En el perfil P2 (Fig. 8), el nivel de depósitos engloba la anomalía B1, localizada entre 4 m y 8 m desde el origen del perfil y a una profundidad entre 1 m y 3 m, presentando unos valores de resistividad muy elevados atribuibles a un importante derrumbe de bloques pertenecientes a la muralla. La anomalía B2, se correspondería con un elemento constructivo coincidente con el localizado en el perfil P1 como se muestra en la Figura 9A señalado con un círculo, verificando la fiabilidad de esta anomalía. En cuanto a la anomalía vertical entre B1 y B2 (Fig. 8) al no haberse alcanzado la profundidad suficiente, no podemos asegurar si guarda relación con la presencia de grietas en el sustrato o bien se trata de un artificio introducido por el proceso matemático de inversión. Por debajo de este nivel, los valores de resistividad se corresponden con el sustrato de pizarras. La parte final del perfil, situada en el borde del arroyo, no puede interpretarse al fallar los electrodos debido a un mal contacto con el suelo.

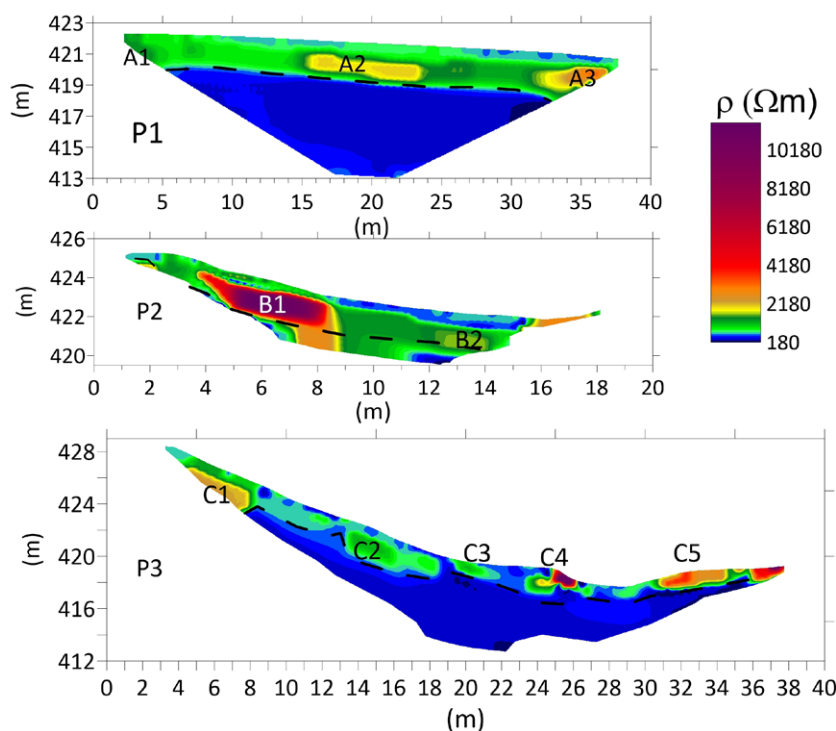


Fig. 6.- Distribución de resistividad para los perfiles P1, P2 y P3. Ver situación en la figura 4. La leyenda es común a los 3 perfiles.

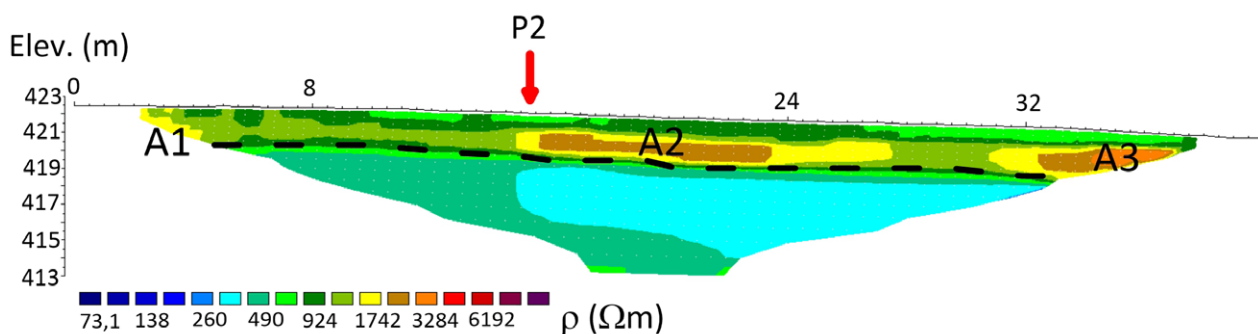


Fig. 7.- Resultados de la inversión para el perfil P1. La flecha roja indica el punto de corte con el perfil P2.

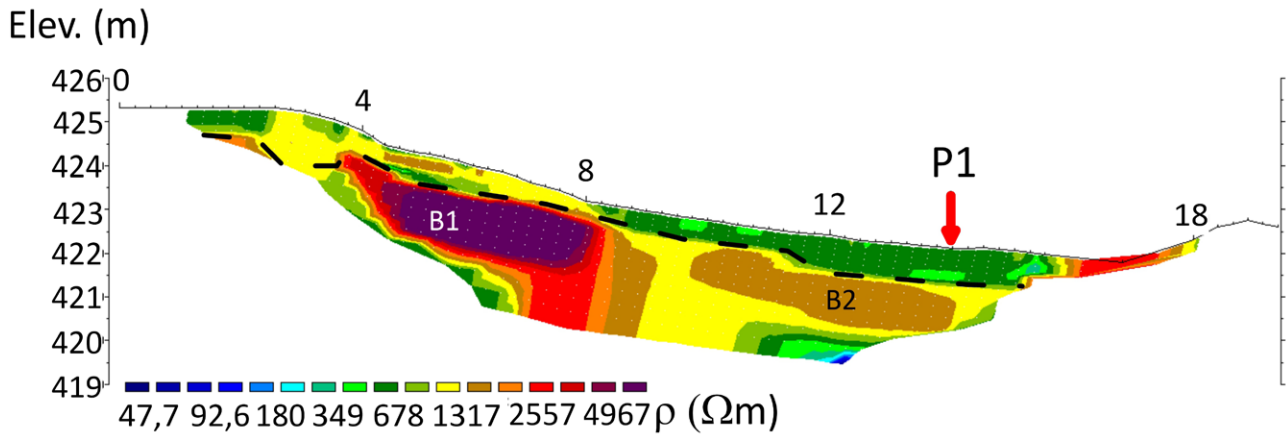


Fig. 8.- Resultados de la inversión para el perfil P2. La flecha roja indica el punto de corte con el perfil P1.

En cuanto al perfil P3 (Fig. 10), el primer nivel presenta un espesor variable con un máximo de 3 m, correspondiendo la parte inicial a depósitos de ladera y a aluviales en su parte inferior. Por lo que se refiere a las anomalías presentes en este nivel, los valores de resistividad obtenidos se corresponden con bloques graníticos. La primera anomalía localizada entre los 4 y 8 m (C1), se interpreta como restos de una estructura muraria situada a una cota coincidente con la del lienzo próximo visible y, por tanto, podría verificarse la continuidad de esta estructura, que contaría con una anchura de 4 m. A partir de los 12 m desde el origen del perfil, las diferentes anomalías determinadas corresponderían a bloques graníticos provenientes de la zona superior de la muralla basculados ladera abajo, como los que abundan en superficie, pero cubiertos hasta 3 m de depósitos de gravedad cuya interpretación se detalla en la Figura 11. Por debajo de este nivel aparece el sustrato de pizarras.

Los diferentes niveles geoelectricos detectados permiten establecer el contacto geológico entre el sustrato de pizarras y los depósitos de ladera (Fig. 9B), así como la estructura geológica en la que se reconocen los elementos

arqueológicos correspondientes a la muralla y bloques desplazados con diferentes posiciones (Fig. 11). La intervención humana ha modificado la configuración natural del terreno. Para empezar, la propia construcción del recinto amurallado generó un enorme “contenedor” que retuvo los depósitos de ladera producidos durante más de 400 años de ocupación continua. El derrumbe de grandes tramos de las murallas tras el abandono del asentamiento a mediados del siglo I a.C. habría reactivado los procesos de inestabilidad y erosión. Esta dinámica se habría visto fuertemente modificada a partir de la Edad Media, con la generación de una extensa red de parcelas agrícolas creadas tras la repoblación cristiana que permitirían regularizar la circulación superficial reduciendo las acciones erosivas y la inestabilidad por sobresaturación. En términos generales, este entramado de cercados se superpone y coincide en gran medida con el perímetro de las murallas. Sin embargo, en muchos puntos estas paredes se extienden más allá del recinto defensivo, colmatando y ocultando el trazado original e incluso rellenando por completo en algunos tramos los fosos y nivelando el talud original.

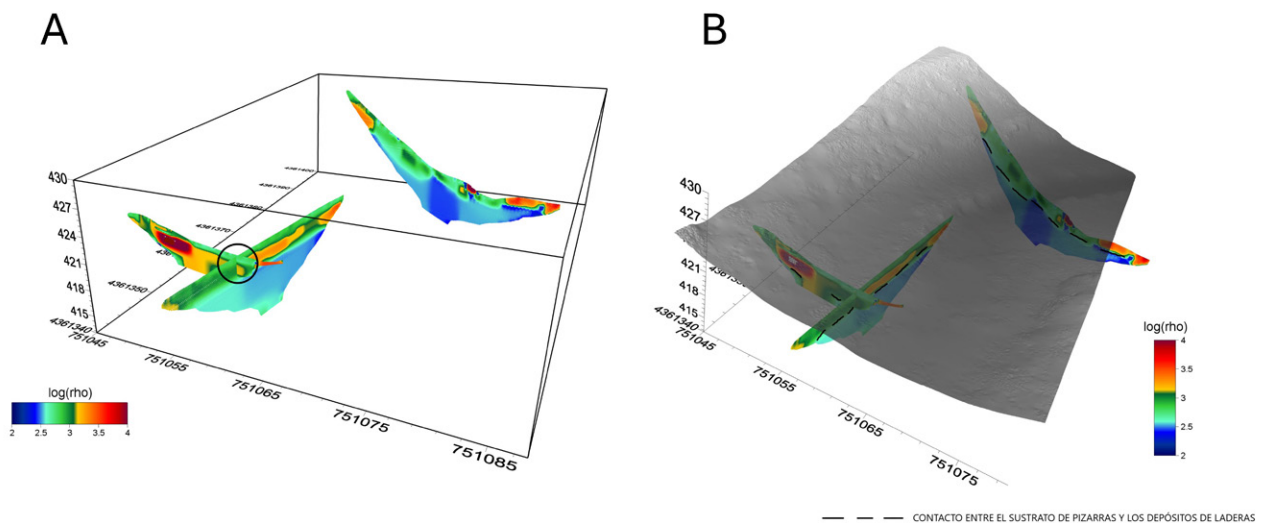


Fig. 9.- A. Representación 3D del resultado de inversión de los tres perfiles de tomografía eléctrica. B. Interpretación geológica de los tres perfiles a partir de la distribución de resistividades.

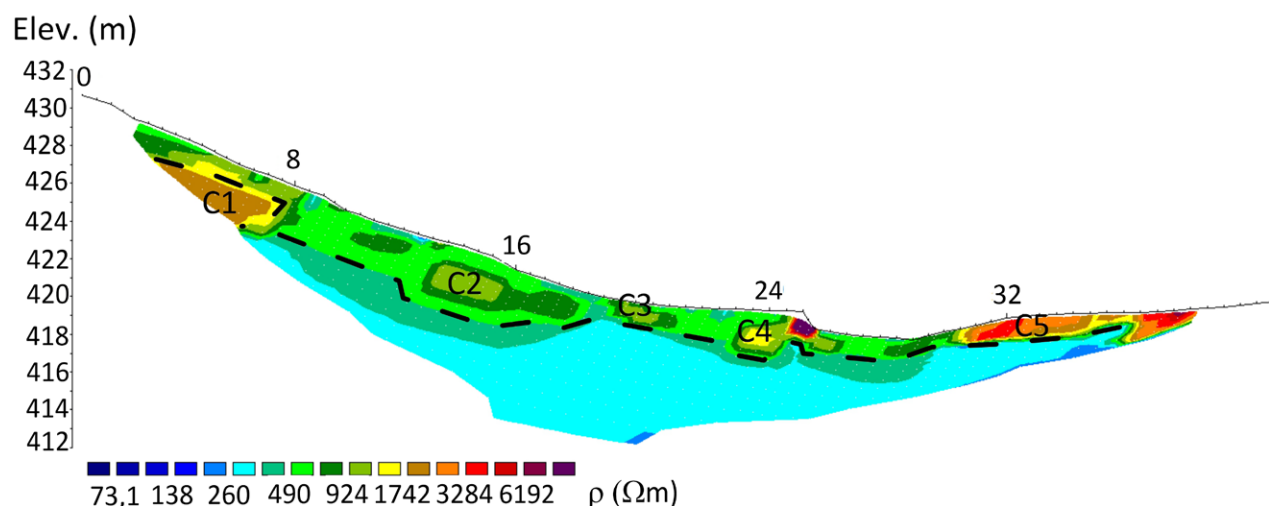


Fig. 10.- Resultado de la inversión para el perfil P3.

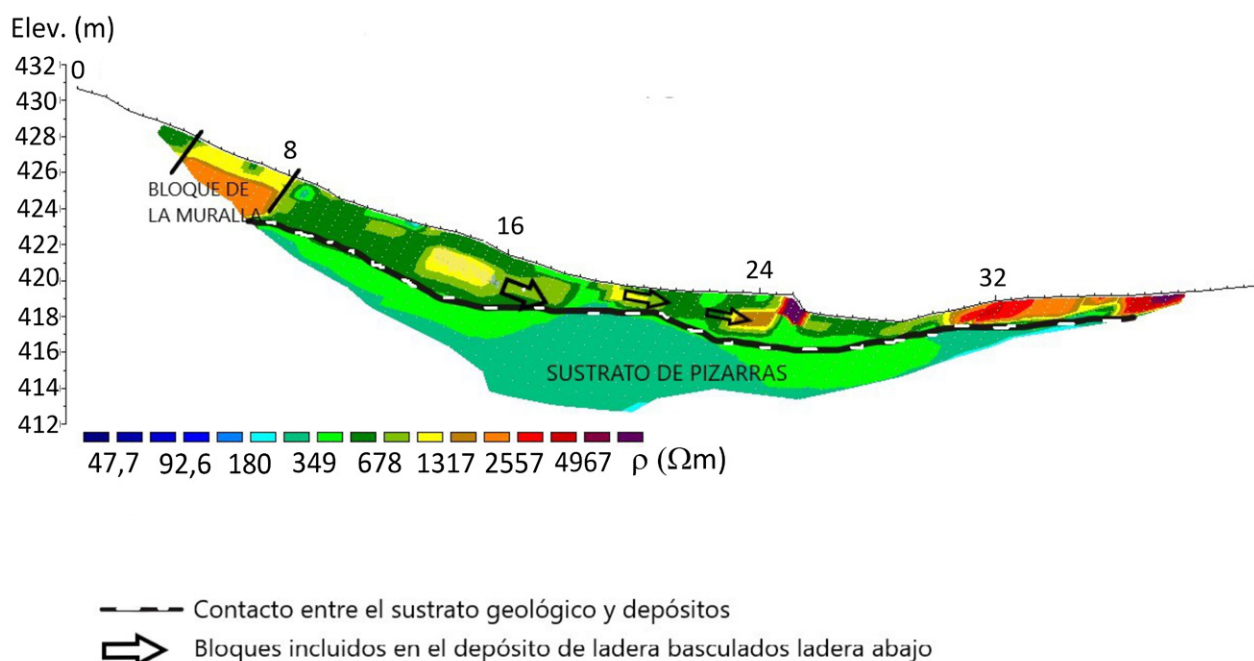


Fig. 11.- Interpretación geológica y arqueológica del perfil P3.

La potente capa de derrubios que recubren la ladera, con un espesor de hasta 3 m, es indicadora de la dinámica a la que ha estado sometida y en la que se han visto implicadas construcciones, a tenor de los bloques de materiales detectados englobados en estos depósitos.

Conclusiones

La combinación de exploración directa en campo y tomografía eléctrica ha resultado clave para caracterizar la configuración actual de la ladera oriental del castro de Villaviejas del Tamuja. Estos métodos han permitido avanzar en la comprensión de su evolución a lo largo del tiempo. Los perfiles obtenidos han revelado, tanto la ubicación del sustrato geológico y los niveles de depósitos de ladera que lo recubren, como elementos arqueológicos significati-

vos, aportando una visión integral de la configuración geológica y arqueológica de la zona estudiada.

Asimismo, el estudio ha revelado que la muralla se apoya directamente sobre el sustrato de pizarras y ha permitido identificar distintas fases de procesos gravitatorios y remoción de materiales. Estos hallazgos evidencian la notable inestabilidad que ha afectado a la muralla defensiva, sometida a desprendimientos y deslizamientos de bloques que han complicado su conservación a lo largo del tiempo. Este conocimiento subraya tanto la complejidad como la fragilidad de un entorno sujeto a inestabilidad gravitacional, lo que compromete la preservación a largo plazo.

Los cambios en los usos del suelo han tenido gran influencia en la evolución del área. Así, tras el abandono del asentamiento a mediados del siglo I a. C., el derrumbe de grandes tramos de las murallas habría reactivado los pro-

cesos de inestabilidad. Por otra parte, los cambios en el aprovechamiento agrícola generaron inicialmente un efecto estabilizador con la creación de todo el sistema de parcelas, bancales y caminos de acceso y, posteriormente, la reactivación de los procesos desestabilización y erosión del suelo, con el fin de esta actividad agrícola tradicional. La información generada en este trabajo es fundamental para hacer un seguimiento adecuado con el fin de garantizar la conservación a largo plazo del yacimiento arqueológico.

Agradecimientos y financiación

Este trabajo ha contado con el apoyo económico de los siguientes proyectos de investigación: “Investigación y valorización social del patrimonio arqueológico de la Segunda Edad del Hierro en Extremadura mediante el uso de TIC y métodos no invasivos” (Ref. PRI IB20124), financiado por el Consorcio Regional Junta de Extremadura, y “Las raíces de los fenómenos urbanos en el suroeste de la península ibérica. Caracterización de los asentamientos de la Edad del Hierro mediante métodos no invasivos” (ref. PID2019-104611GB), financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad de España. También queremos expresar nuestro agradecimiento al ayuntamiento de Botija (Cáceres) por su apoyo para el desarrollo de nuestra investigación.

Contribución de autores/as

Elaboración del trabajo, M.T. De Tena y C. Pro.; metodología, M.T. De Tena y C. Pro; obtención de datos, M.T. De Tena y C. Pro; figuras, M.T. De Tena, C. Pro y V. Mayoral; investigación/análisis, M.T. De Tena, C. Pro y V. Mayoral; revisión del manuscrito, M.T. De Tena, C. Pro, V. Mayoral y E. Quirós; coordinación, M.T. De Tena, C. Pro, V. Mayoral; supervisión, M.T. De Tena y C. Pro.; obtención de financiación, M.T. De Tena, C. Pro, V. Mayoral y E. Quirós.

Referencias

Álvarez Nava, H., García Casquero, J.L., Gil Toja, A., Hernández Urroz, J., Lorenzo Álvarez, S., López Díaz, F., Mira López, M., Monteserín, V., Nozal, F., Pardo, M.V., Picart, J., Robles, R., Santamaría, J., Sole, F.J., 1988. Unidades litoestratigráficas de los materiales Precámbrico-Cámbricos en la mitad suroriental de la Zona Centro-Ibérica. II Congreso Geológico de España, SGE, Granada, 19–22.

Bermúdez, M., 2010. Dinámicas geomorfológicas de Piedemonte y procesos de transformación de sitios arqueológicos en el Magdalena Medio Caldense. *Antropología social*, 12: 253–271.

Carrington da Costa, J., 1950. Noticia sobre uma carta geológica do Buçaco, de Nery Delgado. Publicación Especial de la Comisión de Servicio Geológico de Portugal, Lisboa, 1–27.

Covătaru, C., Stal, C., Florea, M., Opriș, I., Simion, C., Rădulescu, I., Călin, R., Ignat, T., Ghiță, C., Lazăr, C., 2022. Human Impact Scale on the Preservation of Archaeological Sites from Mostiștea Valley (Romania). *Front. Environ. Sci.* 10:924440. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.924440>.

De Tena, M.T., Pro, C., Charro, C., Salgado, J.A., Mayoral, V., 2020. Geological characterisation of the settlement of Villaviejas del Tamuja (Cáceres, Spain). *Quaternary International* Vol. 566-567: 91–97. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.04.024>

Gafurov, A., Gainullin, I., Usmanov, B., Khomyakov, P., Kasiyev, A., 2019. Impacts of fluvial processes on medieval settlement Lukovskoe (Tatarstan, Russia), *Proc. IAHS* 381: 31–35. <https://doi.org/10.5194/piahs-381-31-2019>

Garrote, J., Fernández, P., Garzón, G., 2002. Parámetros morfo-métricos de la red de drenaje y sus implicaciones estructurales en la cuenca del Tajo. En: *Aportaciones a la geomorfología de España en el inicio del Tercer Milenio* (Pérez-González, A., Vegas, J., Machado, M.J., Eds.). Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 45–52.

Garzón, G., Tejero, R.M., Ortega, J., Garrote, J., 2012. Incisión y desarrollo de la red fluvial sobre substrato rocoso. Morfología tectónica en el interfluvio Tajo – Guadiana. En: *Avances de la geomorfología en España, 2010-2012*, (González *et al*, Eds.). PubliCan, Ediciones de la Universidad de Cantabria, Santander, 281–284.

Gómez Amelia, D. (1985). La penillanura cacereña. Estudio geomorfológico. Universidad de Extremadura, Cáceres, 32 p.

Hernández, F., Rodríguez, M.D., Sánchez, M.A., 1989. Excavaciones en el Castro de Villaviejas del Tamuja (Botija, Cáceres). Dirección General de Patrimonio Cultural, Editora Regional de Extremadura. Mérida, 169 p.

Hernández, F., Martín, A.M., 2017. Las necrópolis de El Romazal y el conjunto arqueológico de Villaviejas del Tamuja (Botija/Plasenzuela, Cáceres). La Ergástula Ediciones. Madrid, 466 p.

Jiménez-Sánchez, M., Ballesteros, D., 2017. Metodología de evaluación del riesgo geoarqueológico en castros marítimos: El Castiellu (Asturias, España). *Geogaceta* 62: 59–62.

Kincey, M., Gerrard, C., Warburton, J., 2017. Quantifying erosion of ‘at risk’ archaeological sites using repeat terrestrial laser scanning. *Journal of Archaeological Science: Report*, 12: 405–424. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2017.02.003>

Lebrun, J., Bhiri, N., Woollett, J., Sæmundsson, Þ., 2023. Slope Dynamics in Relation to the Occupation and Abandonment of a Mountain Farm in Þistilfjörður, Northeast Iceland. *Geosciences* (Switzerland), 13(2), 30. <https://doi.org/10.3390/geosciences13020030>

Micle, D., 2014. Archaeological heritage between natural hazard and anthropic destruction: the negative impact of social non-involvement in the protection of archaeological sites, *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 163: 269 – 27. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.12.316>

Mayoral, V., Charro, C., Salgado, J.A., Pro, C., De Tena, M.T., Chapa, T., Vallés, J., Terrón, J.M., Quirós, E., 2019. Radiography of an Iron Age hillfort: Non-invasive archaeology in the settlement of Villaviejas del Tamuja (Botija, Cáceres). *Trabajos de Prehistoria*, 76: 302–322. <https://doi.org/10.3989/tp.2019.12239>

Mayoral, V. (Ed.), 2021. Villaviejas del Tamuja (Botija, Cáceres). Desvelamiento del paisaje urbano de un Castro de la Edad del Hierro. Mytra 9, Mérida, Spain, 248 p. <http://hdl.handle.net/10261/259927>

Papadopoulos, N.G., Sarris, A., Parkinson, W.A., Gyucha, A., Yerkes, R.W., Duffy, P.R., Tsourlos, P., 2014. Electrical Resistivity Tomography for the Modelling of Cultural Deposits and Geomorphological Landscapes at Neolithic Sites: A Case Study from Southeastern Hungary. *Archaeol. Prospect.* 21: 169–183. <https://doi.org/10.1002/arp.1480>

Pereira, J.M., Castro, A., Fernández, C., Rodríguez, C., 2018. Multiple Paleozoic magmaticorogenic events in the Central

- Extremadura batholith (Iberian Variscan belt, Spain). *Journal of Iberian Geology*, 44: 309-344.
<https://doi.org/10.1007/s41513-018-0063-5>
- Pro, C., Caldeira, B., De Tena, M.T., Charro, C., Oliveira, R.J., Borges, J.F., Mayoral, V., 2020. Exploring the Consistency of Data Collected in Archaeological Geophysics: A Case Study from the Iron Age Hillfort of Villasviejas del Tamuja (Extremadura, Spain). *Remote Sensing*, 12, 1989.
<https://doi.org/10.3390/rs12121989>
- Rey, J., Martínez, J., Dueñas, J., Campos, D., Arias, F., Benavente, J., 2010. Electrical tomography applied to the survey of the archaeological site of Cástulo (Linares, Jaén). Preliminary results. *Geogaceta*, 48: 219-222.
- Rodríguez Alonso, M.D., Díez Balda, M.A., Perejón, A., Pieren, A., Liñán, E., López Díaz, F., Moreno, F., Gámez Vintaned, J.A., González Lodeiro, F., Martínez Poyatos, D., Vegas, R., 2004. Dominio del Complejo esquistos-grauváquico. Estratigrafía. La secuencia litoestratigráfica del Neoproterozoico-Cámbrico inferior. En: Vera, J.A. (Ed.), *Geología de España*. Sociedad Geológica de España-Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 78-81.
- Whittaker, A.C., Cowie, P., Attal, M., Tucker, G., Roberts, G., 2007. Bedrock channel adjustment to tectonic forcing: Implications for predicting river incision rate. *Geology*, 35: 103-106. <https://doi.org/10.1130/G23106A.1>
- Vicko, J., 2004. Extremely slow slope movements influencing the stability of Spis Castle, UNESCO site Landslides 1: 67-71. <https://doi.org/10.1007/s10346-003-0007-8>
- MANUSCRITO RECIBIDO: 19-12-2024
 REVISIÓN RECIBIDA: 04-02-2025
 ACEPTACIÓN DEL MANUSCRITO REVISADO: 30-04-2025