

ARQUEOLOGÍA DEL PAISAJE MILITAR ROMANO EN ANDALUCÍA ORIENTAL: APLICACIÓN DE TÉCNICAS DE TELEDETECCIÓN (LIDAR Y FOTOGRAFETRÍA MULTIESPECTRAL) PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ASENTAMIENTOS MILITARES

ARCHEOLOGY OF THE ROMAN MILITARY LANDSCAPE IN EASTERN ANDALUSIA: APPLICATION OF REMOTE SENSING TECHNIQUES (LIDAR AND MULTISPECTRAL PHOTOGRAFETRÍA) FOR THE IDENTIFICATION OF MILITARY SETTLEMENTS

Biel DE LA ROSA POTRONY *

Resumen

Este trabajo evalúa la eficacia del LiDAR y la fotogrametría multiespectral en la detección de anomalías arqueológicas asociadas a campamentos y fortificaciones romanas en Andalucía Oriental. Enmarcado en la arqueología del paisaje militar, el estudio analiza tres yacimientos de la provincia de Jaén —Sevilleja (Espeluy), Piedras del Cardado (Bailén) y Cortijo del Ahorcado (Baeza)— mediante modelos digitales del terreno de alta resolución. Los resultados confirman el potencial de estas técnicas no invasivas para identificar microanomalías topográficas y vegetacionales en entornos alterados, aportando una base metodológica transferible para la prospección remota en contextos arqueológicos similares.

Palabras Clave

Arqueología del paisaje y territorio, Andalucía, asentamientos militares romanos, LiDAR y fotogrametría multiespectral

Abstract

This study evaluates the effectiveness of LiDAR and multispectral photogrammetry in detecting archaeological anomalies related to Roman camps and fortifications in Eastern Andalusia. Within the framework of military landscape archaeology, three sites in the province of Jaén—Sevilleja (Espeluy), Piedras del Cardado (Bailén), and Cortijo del Ahorcado (Baeza)—were analyzed using high-resolution digital terrain models. The results confirm the potential of these non-invasive techniques to identify topographic and vegetational micro-anomalies in altered environments, providing a transferable methodological basis for remote prospection in comparable archaeological contexts.

Keywords

Landscape archaeology, Andalusia, Roman military settlements, LiDAR and multispectral photogrammetry

ESTADO DE LA CUESTIÓN

La introducción de los métodos de teledetección aérea en arqueología ha permitido la detección de restos y características arqueológicas a partir de sus propiedades físicas, químicas y magnéticas mediante sensores aerotransportados, espaciales o terrestres (LINDSAY y MKRTCHYAN 2023: 164-183). Las primeras aplicaciones se remontan a finales del siglo XIX y comienzos del XX, con ejemplos como los vuelos en globo de Giacomo Boni en 1900 sobre el Foro romano o los vuelos de la Sección de Globos de los Ingenieros Reales en Stonehenge en 1906. Desde entonces, el uso de imágenes aéreas ha mostrado un gran potencial para la identificación e interpretación de yacimientos, especialmente por su capacidad de revelar sutiles características del paisaje (LINDSAY y MKRTCHYAN 2023: 164-183).

* Universidad de Granada, Grupo GAECATAO, Campus de Cartuja s/n, 18071, Granada, delarosa.biel99@gmail.com, ORCID: 0009-0007-3886-3177.

Antes de la digitalización de la fotografía y la aparición de nuevas plataformas aéreas, se emplearon métodos clásicos como postes, mástiles, torres, cometas, globos y dirigibles, cada uno con ventajas y limitaciones específicas (CAMPANA 2017: 275-296). La invención del Helikite en 1993 supuso un avance al combinar la estabilidad de los globos y la flexibilidad de los cometas. Paralelamente, durante la Guerra Fría, los satélites de espionaje generaron las primeras imágenes estereoscópicas de alta resolución que, tras la desclasificación de algunas misiones y la llegada de Landsat en 1972, facilitaron el acceso público a imágenes multiespectrales útiles para la prospección arqueológica (BEWLEY y RĄCZCOWSKI 2002: 173-180; VERHOEVEN y LOENDERS 2006: 73-79; BENNETT et al., 2013: 220-236; LINDSAY y MKRTCHYAN 2023: 164-183).

El LiDAR se incorporó a la arqueología a principios del siglo XXI, tras su desarrollo previo en estudios geográficos y cartográficos (GOYER y WATSON 1963: 564-575; HOLDEN 2001: 23; MOTKIN 2001: 24-25). Los drones o UAV's, que comenzaron a popularizarse en el ámbito civil desde 1970 permitieron sustituir plataformas tradicionales y posibilitar aplicaciones arqueológicas precisas y eficientes (EISENBEISS et al., 2005; EISENBEISS 2009: 1-203; BRUTTO et al., 2013: 877-884; CAMPANA 2017: 275-296).

Los primeros usos de LiDAR en Europa se documentan en Alemania, Escocia y Polonia a comienzos de 2000 (BEWLEY y RĄCZCOWSKI 2002: 173-180; SITTLER 2004: 258-261), y en la península ibérica destacan las aplicaciones tempranas de Manuel Santos Estévez en Galicia utilizando datos del PNOA (VINCI et al., 2025: 81-101). En paralelo, se desarrollaron técnicas de modelado 3D y fotogrametría, con proyectos destacados en Italia a partir de 2004 (CAMPANA et al., 2008: 309-312; REMONDINO et al., 2012: 25-31). La combinación de UAV's y LiDAR permitió optimizar la documentación, aumentar la densidad de puntos por metro cuadrado y mejorar la visualización de características arqueológicas (DONEUS et al., 2008: 882-893; HESSE 2010: 67-72; FONTANA 2022: 245-261).

Entre 2011 y 2015, proyectos como Roman Army en la península ibérica emplearon LiDAR para identificar campamentos y fortificaciones romanas, integrando además metodologías digitales avanzadas y tradicionales (COSTA GARCÍA 2015: 35-44; COSTA GARCÍA y FONTE 2017: 55-73; MENÉNDEZ BLANCO et al., 2020: 1-46). Investigaciones recientes han consolidado la combinación de LiDAR y UAV's para la prospección aérea, la documentación 3D y el análisis de paisajes históricos, incrementando la resolución de los datos, la representatividad de los resultados y la eficiencia de los trabajos de campo (LIMP 2016: 349-369; OPITZ y COWLEY 2013; CHASE et al., 2017: 89-100; RISBØL y GUSTAVSEN 2018: 329-338; JOHNSON y OUIMET 2018: 32-44; DONEUS 2020: 92-108; CAMPANA et al., 2025: 77-80).

Los debates recientes también han abordado la ética del uso de estas tecnologías y el desarrollo de protocolos estandarizados para su aplicación responsable (CHASE et al., 2020: 51-62; COHEN et al., 2020: 76-91; RISBØL et al., 2020: 1-41). En España, investigadores como José Antonio Lozano Rodríguez y Alberto Sánchez Picado han aplicado LiDAR y UAV's en el estudio de oppida vetones, poblamiento medieval y análisis histórico-etnográfico. Actualmente, LiDAR y UAV's constituyen herramientas esenciales para la documentación arqueológica y el estudio de paisajes históricos, con una proyección creciente en precisión, resolución y eficiencia metodológica, consolidándose como tecnologías clave para la investigación arqueológica contemporánea (CARRERO PAZOS 2023: 1-164; FONTANA 2025: 103-117; CIRIGLIANO et al., 2025: 644-655; LOZIĆ y ŠTULAR 2025: 119-137).

OBJETIVOS

A través del desarrollo de este trabajo se persiguen los siguientes objetivos:

1. Identificar posibles campamentos y asentamientos fortificados romanos en el territorio de Andalucía oriental mediante el empleo de técnicas no invasivas de prospección arqueológica.

2. Verificar la viabilidad y aplicabilidad de los sensores remotos en la detección de anomalías arqueológicas relacionadas con asentamientos militares de época romana en Andalucía oriental.
3. Comparar los resultados obtenidos con los de otros proyectos que utilicen las mismas herramientas de teledetección.
4. Aprender el uso y la aplicación de técnicas de teledetección en la arqueología, concretamente de la tecnología LiDAR y fotogrametría multiespectral.
5. Identificar e interpretar anomalías arqueológicas mediante el uso de la teledetección mediante sensores remotos.

METODOLOGÍA

Este estudio adopta como base metodológica el flujo de trabajo del proyecto Roman Army, tanto para el tratamiento del LiDAR del PNOA como para la identificación de posibles campamentos romanos (MENÉNDEZ BLANCO et al., 2014: 245-251; COSTA GARCÍA 2015: 35-44; COSTA GARCÍA y FONTE 2017: 55-73; MENÉNDEZ BLANCO et al., 2020: 485; CARRERO PAZOS 2023: 1-19). Asimismo, incorpora los criterios de Ángel Morillo Cerdán (2008) sobre asentamientos fortificados romanos –disposición interna, morfología y cronología–, parte de los cuales puede extrapolarse a la teledetección, aunque siempre subordinados a la verificación cronoestratigráfica.

A partir de estas referencias, se establecieron los rasgos susceptibles de señalar un campamento: morfologías defensivas (fosos, terraplenes, torres, puertas, muros) y organización interna, cuya detección mediante LiDAR y datos multiespectrales solo puede considerarse indiciaria y requiere validación en campo.

La investigación combina dos técnicas principales: LiDAR y fotogrametría multiespectral, integradas mediante SIG en QGIS (versión 3.40.0 (Bratislava)). Para la obtención de imágenes multiespectrales se utilizó un dron DJI Mavic 3M, equipado con módulo RTK y sensores espectrales verde, rojo, red edge e infrarrojo cercano. El vuelo se efectuó únicamente en el Cortijo del Ahorcado por limitaciones de tiempo.

El sensor LiDAR, capaz de registrar microrelieves incluso bajo vegetación, depende de la densidad de puntos (0,5-5 pts./m² en coberturas institucionales) y de la estacionalidad, siendo más eficaz en condiciones leaf-off. El estudio empleó las coberturas más recientes disponibles del PNOA. El procesado comenzó con la descarga de los archivos *.laz correspondientes a cada caso de estudio, su carga en QGIS y la inspección preliminar mediante lasinfo (LASTools). Cuando los archivos superaban el tamaño óptimo, se dividieron con lassplit (-split 1000000). Después se filtraron los puntos de terreno (clase 2) y se generaron los modelos *.tif mediante las-2dem. Los TIFF resultantes se combinaron en un único archivo para su visualización.

En QGIS se emplearon las herramientas Hillshade y Multiple Direction Hillshade, probando distintas rampas de color, y se aplicaron herramientas complementarias como Pendiente, Curvatura, Sky View Factor y Local Relief Model. La combinación de estas visualizaciones permitió obtener modelos más precisos e identificar áreas con potencial arqueológico.

La fotogrametría multiespectral, por su parte, permite detectar estructuras enterradas a través de la respuesta espectral de la vegetación (BEWLEY y RĄCZCOWSKI 2002: 173-180; VERHOEVEN y LOENDERS 2006: 73-79; BENNETT et al., 2013: 220-236). Se emplearon varios índices: NDVI (vigor vegetal), RECI (clorofila), NDRE (estrés en vegetación madura), GNDVI (actividad fotosintética), VSI (estrés vegetal) y NDWI (contenido de humedad). Todos fueron calculados en QGIS mediante la calculadora ráster y representados cartográficamente para resaltar patrones relacionados con subestructuras del terreno.

CONTEXTO HISTÓRICO Y GEOGRÁFICO

El área de estudio se sitúa en la provincia de Jaén, dentro de una Andalucía diversa y estratégicamente relevante por la combinación del valle del Guadalquivir, las costas atlántica y mediterránea y las sierras Béticas (Fig. 1). La riqueza minera de Sierra Morena, la fertilidad agrícola de la campiña —comunicada por el Baetis hasta Córdoba— y los recursos marinos explican la presencia de comunidades turdetanas, íberas y cartaginesas, así como su posterior integración en la provincia romana Hispania Ulterior. Puertos como Hispalis e Ilipa reforzaron este valor estratégico.

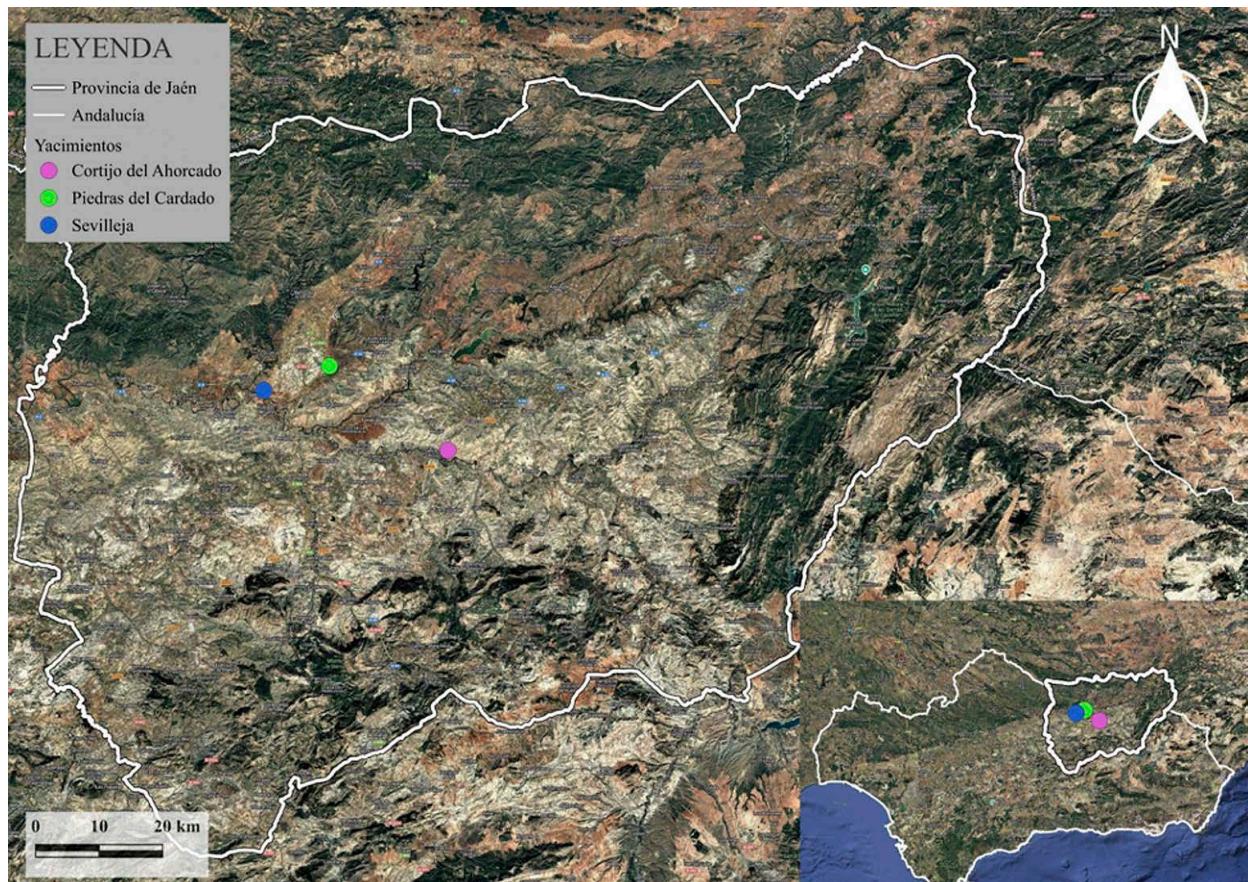


Fig. 1. Elaboración propia: Mapa de la situación de los yacimientos en Jaén y Andalucía.

Este marco convirtió la región en un espacio disputado, especialmente durante la Segunda Guerra Púnica. La intervención romana en Hispania comienza en 218 a.C., aunque el sur se incorpora al teatro militar entre 216-215 a.C., cuando los romanos avanzan hacia el Alto Guadalquivir enfrentándose a Iliturgi, Obulco y Castulo (CORZO SÁNCHEZ 1975: 218-220). Entre 215 y 212 a.C. los Escipiones conquistaron estas ciudades, pero fueron derrotados en 211 a.C., lo que condujo a nuevas campañas romanas (CORZO SÁNCHEZ 1975: 226-229). La llegada de Publio Cornelio Escipión propició la toma de Cartago Nova en 209 a.C., clave para la estructura militar y administrativa cartaginesa.

En la actual provincia de Jaén tuvieron lugar episodios decisivos, como la Batalla de Baecula (208 a.C.), en la que Escipión venció a Asdrúbal Barca, y la Batalla de Ilipa (206 a.C.), que provocó la retirada de Magón y Asdrúbal Giscón, consolidando el dominio romano (CORZO SÁNCHEZ 1975: 231-235). Tras la fundación de Italica y la derrota de Aníbal, Roma inicia la estabilización del territorio, que culmina con la división provincial de 197 a.C. en Citerior y Ulterior y, ya en época de Augusto, con la creación de la provincia de Baetica.

Durante este proceso continuaron los conflictos, como las Guerras Sertorianas (82-72 a.C.), donde la Ulterior actuó como base militar, y las Guerras Civiles (49-45 a.C.), relatadas por Polibio y Tito Livio, con episodios destacados como Ategua y Munda. La transición hacia el control administrativo se articuló mediante cinco estrategias: presencia militar prolongada para asegurar rutas y recursos (MARÍN DÍAZ 1988: 86-88; 179-183); fundación de colonias y municipios como Carteia (171 a.C.) o posiblemente Corduba (169 a.C.) (MARÍN DÍAZ 1988: 119-139; 198-221); creación de infraestructuras y vías para articular el territorio (MARÍN DÍAZ 1988: 11-39); integración de élites locales mediante magistraturas y matrimonios mixtos (MARÍN DÍAZ 1988: 143-155; 223-233); y progresiva implantación del derecho romano mediante censos, catastros y concesión de derechos (MARÍN DÍAZ 1988: 25-39; 213-218).

Dentro de este marco, la Andalucía oriental —identificada en época romana como Oretania y luego integrada en la Ulterior Baetica— controlaba los accesos al Alto Guadalquivir y los corredores hacia Levante y la Meseta, como el paso de Despeñaperros y las rutas entre Castulo, Iliturgi y Obulco. Su economía se sustentaba en la minería, la agricultura (vid, cereal y olivo) y la ganadería en las sierras de Cazorla, Segura y Mágina.

Jaén fue escenario recurrente de conflictos desde la Segunda Guerra Púnica, dado que Castulo, Iliturgi y Obulco formaban parte de la órbita cartaginesa antes de su incorporación a Roma. Además de Baecula, también en el siglo I a.C. volvió a servir como espacio de operaciones durante las Guerras Civiles, cuando Obulco se convirtió en una base militar de César (Fig. 1).

CASOS DE ESTUDIO

Sevilleja

El yacimiento de Sevilleja, situado entre Espeluy y Bailén (Jaén) (Fig. 1), fue excavado por primera vez en 1980 por un equipo de la Universidad de Granada dirigido por Francisco Contreras (Fig. 2). Aunque la intervención estaba inicialmente orientada a documentar la Edad del Bronce, la amplitud del enclave permitió identificar una fase ibero-romana de gran relevancia (SPANEDDA et al., 2004: 57-59). La posterior transformación del terreno en una plantación de olivos provocó la destrucción de la mayor parte de los restos excavados, cuyos materiales cerámicos tampoco llegaron a estudiarse en profundidad (Fig. 3).

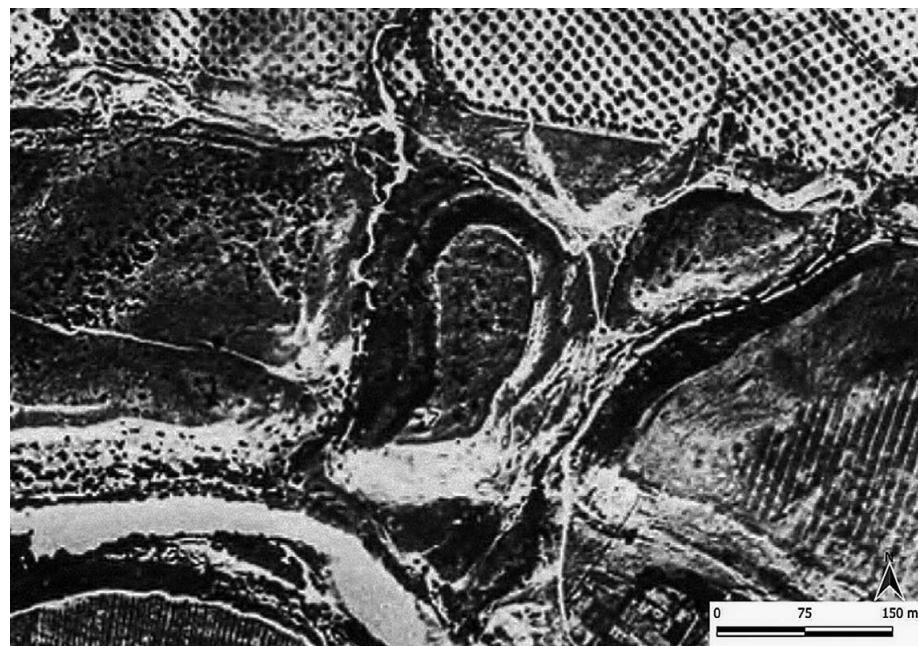


Fig. 2. Sevilleja. Ortofotografía del vuelo americano de 1957. Extraído de la web del IGN.

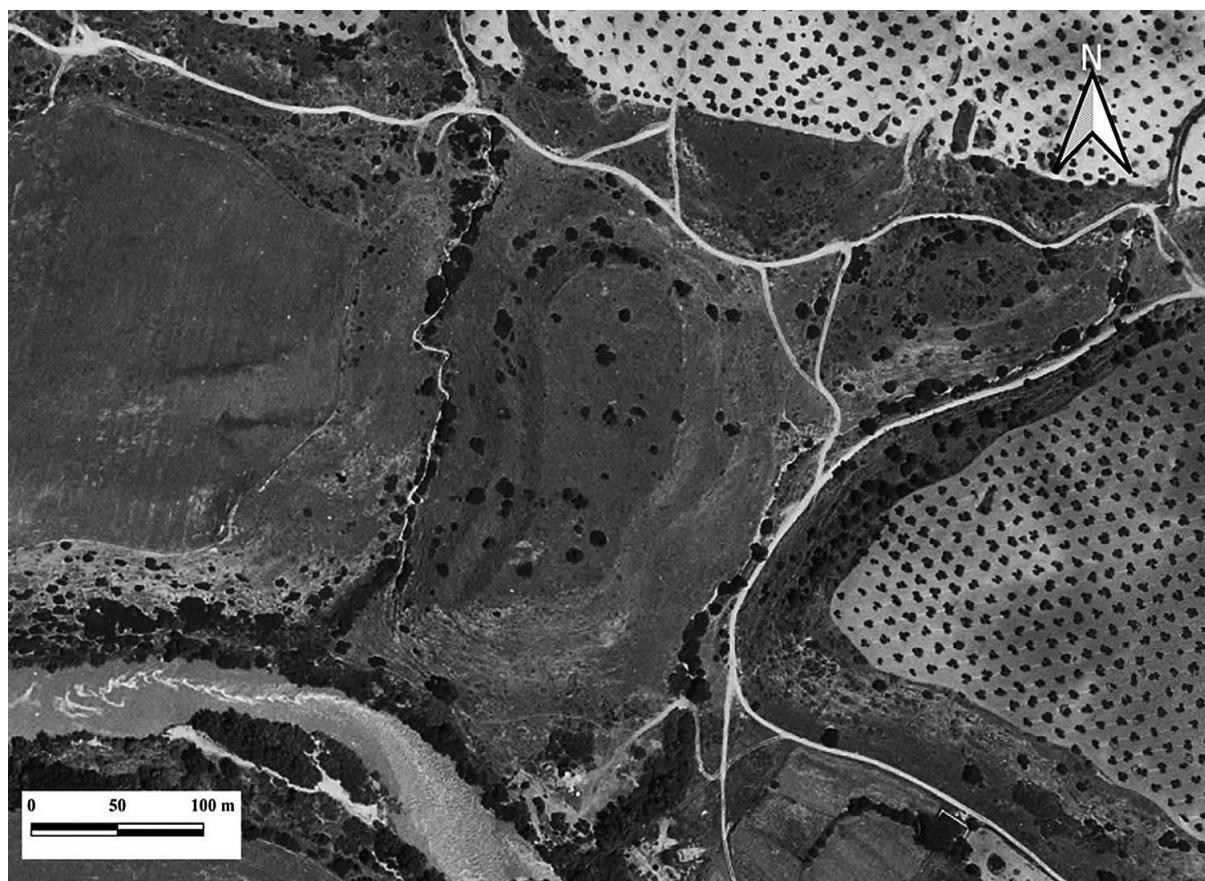


Fig. 3. Sevilleja. Ortofotografía Interministerial de 1973 - 1986. Extraído de la web del IGN.

El análisis de estas cerámicas, realizado por Pablo Casado Millán en 2001, situó la ocupación del enclave al menos desde el siglo IV a.C. (VILLANUEVA PÉREZ 2004: 518–523). Este marco cronológico se amplió durante la Carta Arqueológica de Bailén, cuyas prospecciones demostraron que el oppidum no se limitaba a la meseta de Espeluy, sino que se extendía hacia la planicie en dirección a Bailén, donde aparecieron materiales del Ibérico Antiguo e incluso del Hierro Antiguo (SPANEDDA et al., 2004: 60–70).

A ello se sumó el estudio de los elementos metálicos procedentes de prospecciones y excavaciones previas, analizados en la tesis doctoral de Juan José López Martínez. Este trabajo reveló un conjunto inequívocamente asociado a contextos bélicos —fíbulas, puntas de flecha, vástagos de pilum, glandes y otros objetos de carácter militar—. Una prospección con detector de metales realizada en el oppidum y su entorno inmediato confirmó una concentración significativa de este tipo de materiales, lo que ha llevado a plantear la hipótesis de que Sevilleja fuese escenario de un asedio (Fig. 14) (SPANEDDA et al., 2004: 60–70).

La cronología del conjunto apunta principalmente a las Guerras Sertorianas (83–72 a.C.), sustentada en la presencia de fíbulas tipo Nauheim —fechadas entre finales del siglo II y comienzos del siglo I a.C.— y en varias monedas de cronología similar. Entre ellas destaca un denario falso con la leyenda de Lucio Marcio Censorino, triumvir monetalis en el 82 a.C., cuya fecha coincide con la llegada de Quinto Cecilio Metelo a Tarraco y su avance hacia Italica en la campaña contra Sertorio, durante la cual fueron destruidos diversos oppida afines a la causa sertoriana. No obstante, ciertos tipos de fíbulas permiten considerar también una fase anterior vinculada a las Guerras Púnicas, posiblemente relacionada con la ocupación previa del enclave (Fig. 4).

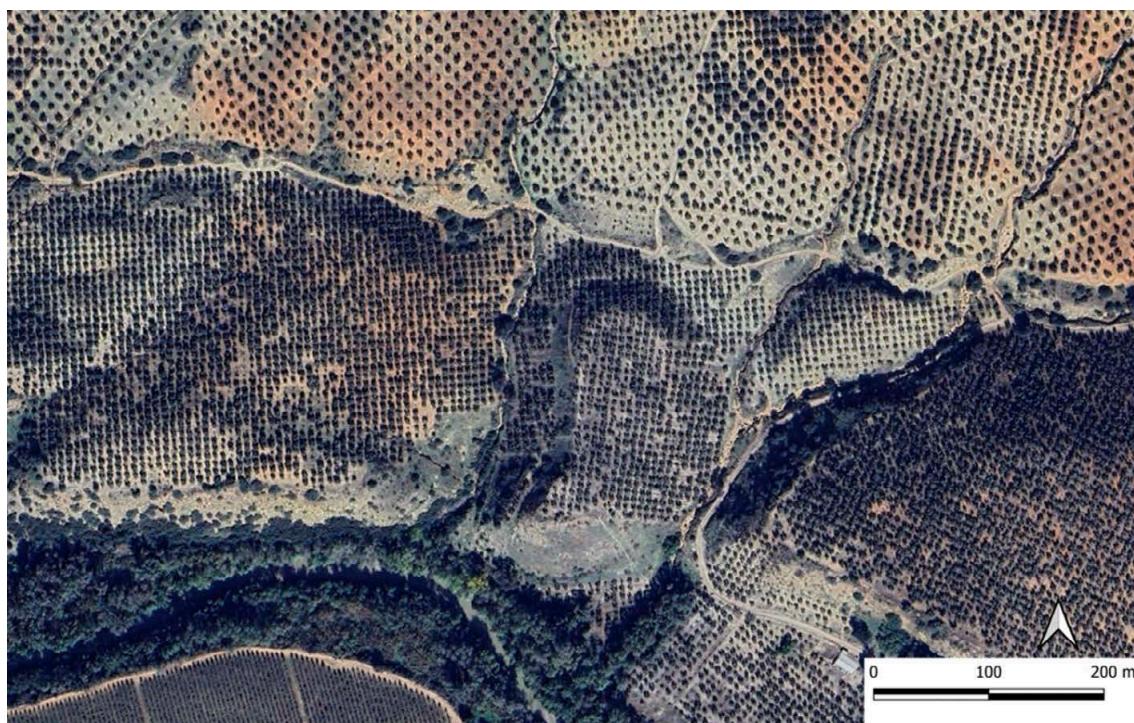


Fig. 4. Sevilleja. Fotografía satelital actual. Extraída de Google Earth.

Piedras del Cardado

El yacimiento de Piedras del Cardado, situado en el término municipal de Bailén y a unos ocho kilómetros de Cástulo (Fig. 1), es ampliamente conocido por su relación con el debate historiográfico sobre la localización de la batalla de Baecula, además de haber sufrido un intenso expolio (PADILLA FERNÁNDEZ et al., 2018: 6-8). El enclave presenta una extensa y significativa secuencia calcolítica, seguida de un abandono durante la Edad del Bronce. Para el Ibérico Antiguo se ha documentado una presencia limitada, mientras que a partir del Ibérico Pleno —entre finales del siglo IV y comienzos del siglo III a.C.— se identifica en una cueva próxima la existencia de un santuario (PADILLA FERNÁNDEZ et al., 2018: 10-17) (Fig. 5).

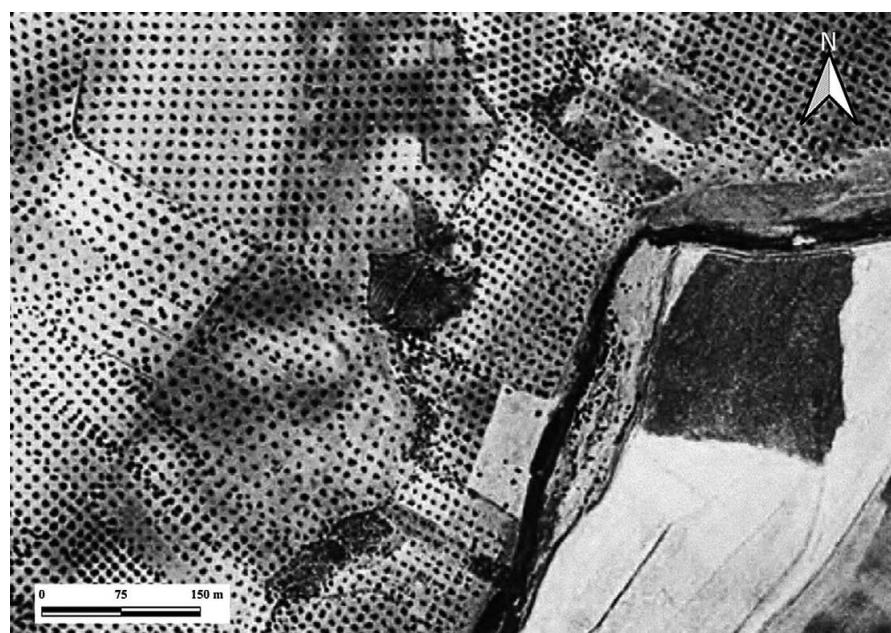


Fig. 5. Piedras del Cardado. Ortofotografía del vuelo americano de 1957. Extraída de la web del IGN.

Tras un nuevo abandono, el lugar vuelve a ser ocupado con la llegada de los romanos, que se establecen en la parte alta del yacimiento y construyen un recinto amurallado del que se conservan unos dos metros de altura y entre diez y quince metros de longitud. En su interior se han encontrado numerosos elementos metálicos, como tachuelas, puntas de flecha y fíbulas, aunque no proyectiles ni armamento pesado —como glandes, jabalinas o pila catapultaria— (PADILLA FERNÁNDEZ et al., 2018: 18-22). La ausencia de este tipo de material ha llevado a interpretar el enclave como un asentamiento fortificado destinado al control territorial, posiblemente un campamento estable encargado de vigilar las vías de comunicación hacia Castulo y el tránsito minero procedente de Sierra Morena en dirección al Guadalquivir (Fig. 6).

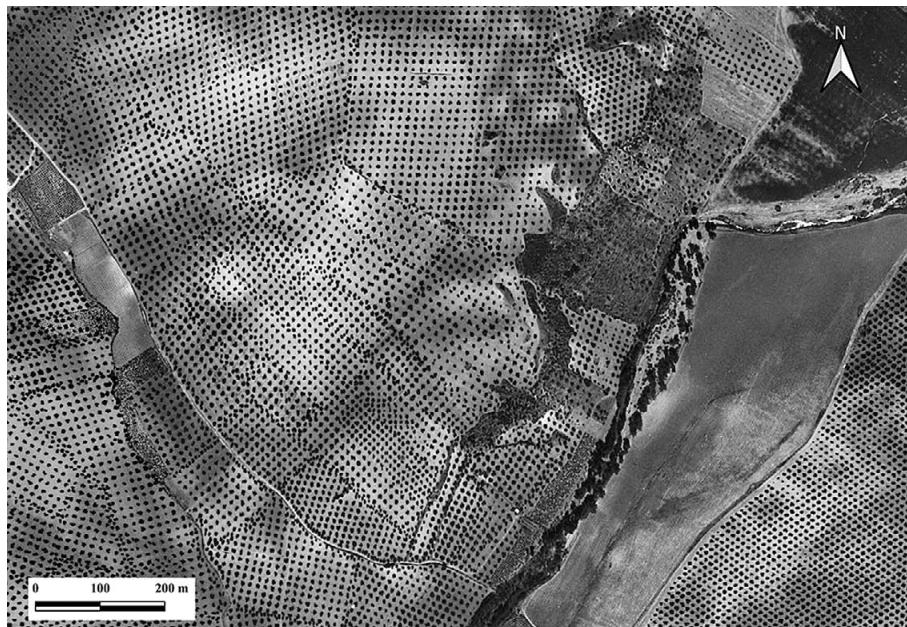


Fig. 6. Piedras del Cardado.
Ortofotografía Interministerial de 1973 - 1986. Extraída de la web del IGN.

La cronología de esta presencia romana es difícil de precisar, aunque la fase de abandono está bien definida y se sitúa a finales del siglo I a.C. (Fig. 7). Los materiales recuperados permiten proponer una fundación en el siglo II a.C., en un contexto inmediatamente posterior a la Segunda Guerra Púnica y coincidente con la consolidación del dominio romano en Hispania tras la expulsión cartaginesa (PADILLA FERNÁNDEZ et al., 2018: 22).

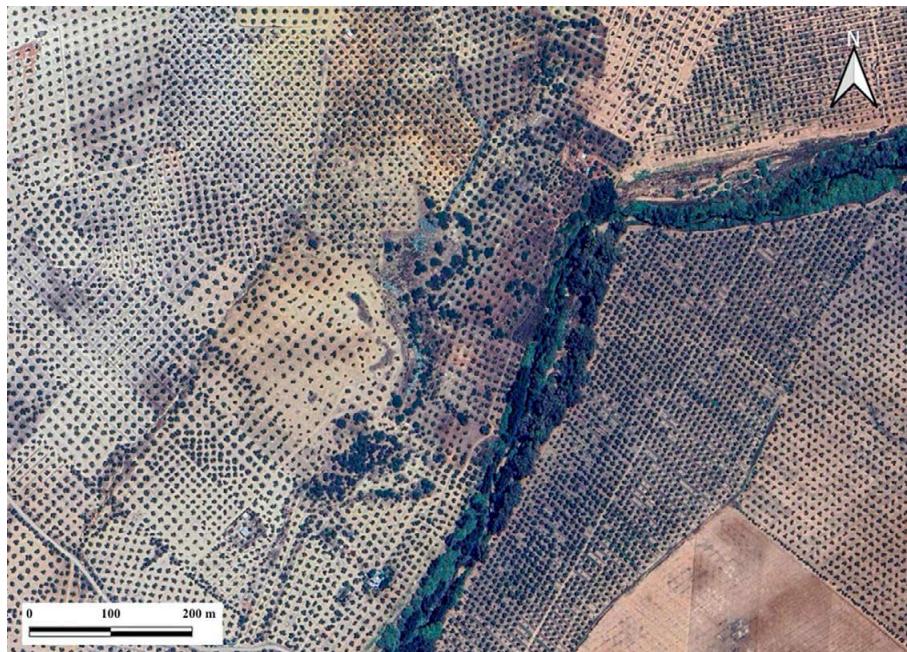


Fig. 7. Piedras del Cardado.
Fotografía satelital actual.
Extraída de Google Earth.

Cortijo del Ahorcado

El Cortijo del Ahorcado, situado en el término municipal de Baeza (Fig. 1), fue identificado por primera vez en 1916 tras el hallazgo casual de elementos arquitectónicos que se atribuyeron a época ibérica. En 1923, J. R. Mélida llevó a cabo una intervención en la zona, señalando que los restos se encontraban próximos a las ruinas de un gran edificio y que, por su disposición, podrían corresponder a unas termas romanas (LUCAS PELLICER y RUANO RUIZ 1988: 79-83). Entre los materiales recuperados se documentaron capiteles, basas y columnas que Mélida dató como romanos, además de otros elementos que consideró ibéricos y que habrían sido reutilizados en una fase constructiva posterior, basándose en sus rasgos morfológicos y decorativos.

Tras estas primeras investigaciones, no se desarrollaron nuevas excavaciones, limitándose la actividad académica a revisiones bibliográficas de los materiales ya conocidos. Un ejemplo destacado es la publicación de A. García y Bellido en 1953, que retomó las interpretaciones de Mélida, reforzando la idea de un complejo termal romano (Fig. 8). El autor describió las trazas de un patio rectangular con peristilo y una piscina central, del que habrían formado parte diez columnas; solo una de ellas conserva el fuste completo, mientras que de las restantes se preservan únicamente basas y capiteles (LUCAS PELLICER y RUANO RUIZ 1988: 88-103) (Fig. 9).



Fig. 8. Cortijo del Ahorcado. Ortofotografía del vuelo americano de 1957. Extraído de la web del IGN.



Fig. 9. Cortijo del Ahorcado. Ortofotografía Interministerial de 1973-1986. Extraído de la web del IGN.

En los últimos años, la Universidad de Jaén ha retomado las investigaciones en el yacimiento mediante nuevas campañas de campo, aunque los resultados aún no han sido publicados (Fig. 10).

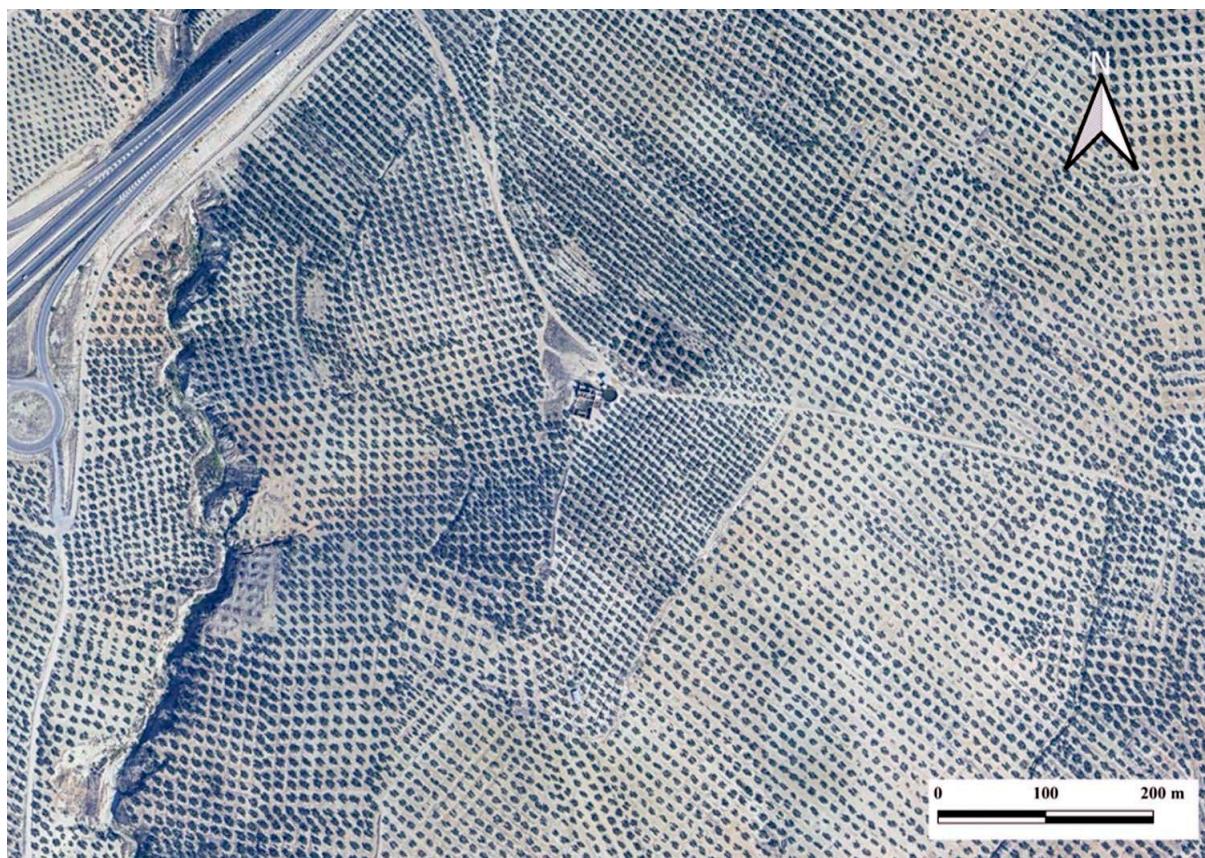


Fig. 10. Cortijo del Ahorcado. Fotografía satelital actual. Extraída de Google Earth.

PROCESADO DE DATOS LIDAR Y MULTIESPECTRALES E IDENTIFICACIÓN DE ANOMALÍAS LIDAR

Tras el procesado inicial del LiDAR, el análisis se orienta a generar visualizaciones capaces de resaltar microformas del terreno vinculadas a posibles estructuras arqueológicas, especialmente campamentos romanos. Siguiendo los criterios del proyecto Roman Army, la identificación combina dos tipos de evidencias: formas planimétricas típicas —recintos rectangulares, esquinas redondeadas y accesos— y microvariaciones topográficas asociadas a fosos, terraplenes o estructuras negativas.

Para ello se elaboraron distintas capas de visualización. Los diversos Hillshades se ajustaron mediante parámetros como el azimut solar, el ángulo solar vertical, la exageración del relieve y las rampas de color, lo que permite enfatizar el modelado del terreno desde diversas direcciones. Asimismo, se generaron capas de Sky View Factor, configuradas según la exageración vertical, el radio y las direcciones de búsqueda, así como el nivel de eliminación de ruido, con el fin de destacar relieve fino sin introducir distorsiones. Finalmente, se aplicó la variante Sky View Factor (ambient occlusion), que modeliza la obstrucción de luz ambiental mediante el ajuste del radio y del parámetro Denoise. En conjunto, estas técnicas permiten detectar con mayor precisión anomalías sutiles potencialmente asociables a estructuras arqueológicas.

Sevilleja

En el yacimiento de Sevilleja se probaron distintas combinaciones de herramientas de visualización LiDAR, obteniéndose los mejores resultados mediante la integración de tres modelos del Relief Visualization Toolbox. Primero se generó un Local Relief Model (LRM) a partir de la nube de puntos filtrada. Sobre este modelo se creó una capa de Multiple Directions Hillshade (MDH) con exageración vertical 1.00, azimut solar de 32°, altura solar de 70° y una rampa de color multibanda. Después se añadió una capa de Sky View Factor (SVF) basada igualmente en el LRM, configurada con exageración vertical 1.00, radio de búsqueda de 50 píxeles, 64 direcciones de cálculo, eliminación de ruido baja y rampa de color Black to White (Fig. 11).

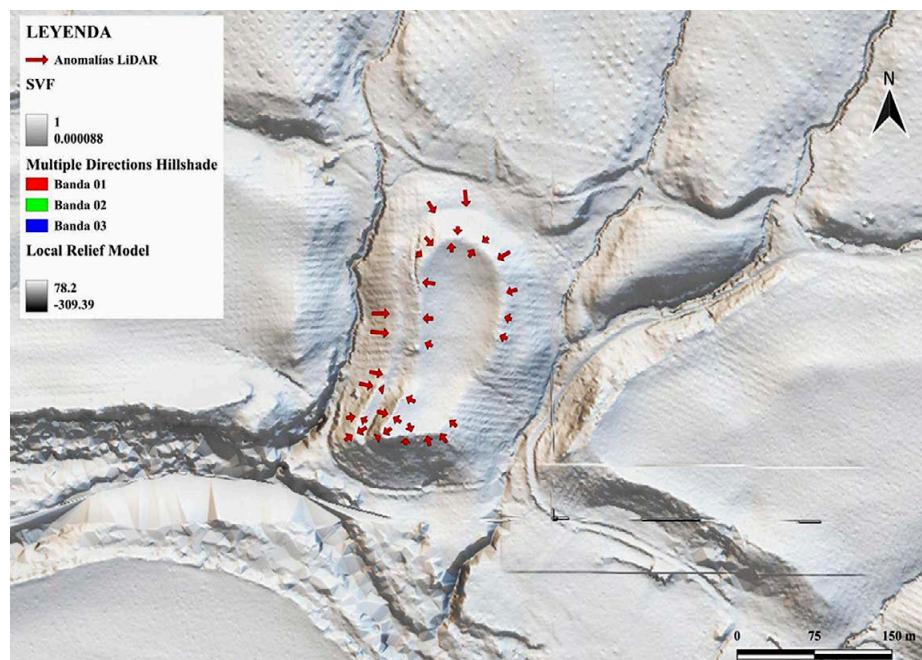


Fig. 11. Elaboración propia: Sevilleja. Composición realizada en QGIS con las herramientas LRM, MDH y SVF.

Además, se realizó una composición superponiendo una capa de puntos que representan elementos metálicos hallados mediante prospecciones en el yacimiento y su entorno para analizar su dispersión en relación con posibles anomalías topográficas (Fig. 12).

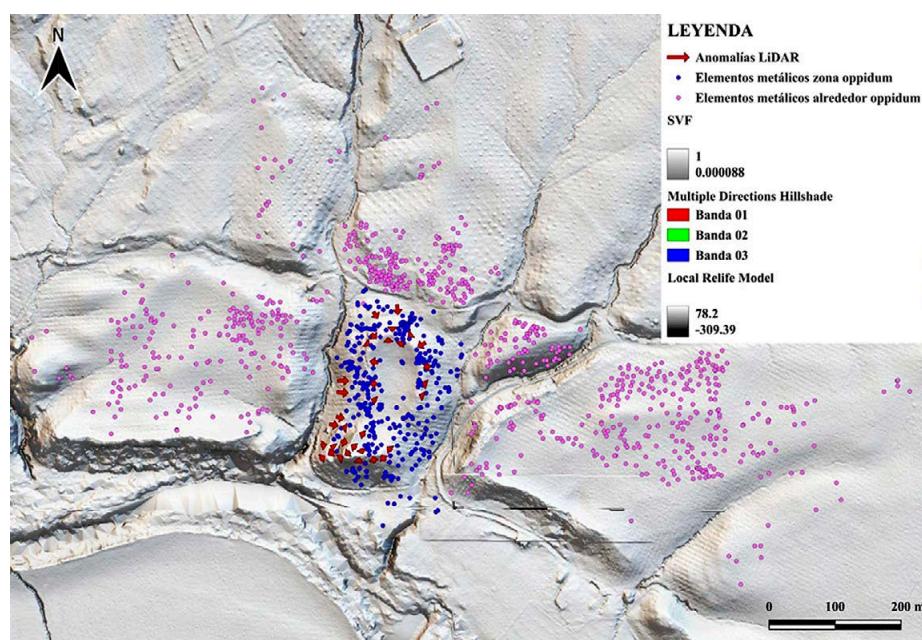


Fig. 12. Elaboración propia: Sevilleja. Composición realizada en QGIS con una capa de puntos (proporcionada por el doctorando Juan José López Martínez) y las herramientas LRM, MDH y SVF.

Se han localizado dos posibles anomalías en el cerro del yacimiento, que podrían estar asociadas a aterrazamientos vinculados a la construcción del asentamiento. La dispersión de los materiales metálicos coincide mayoritariamente con las zonas altas del relieve. En el cerro del oppidum, la concentración de hallazgos dentro de los dos niveles aterrazados refuerza la hipótesis de que dichas anomalías corresponden a dos terrazas internas del asentamiento.

Piedras del Cardado

En el caso del yacimiento de Piedras del Cardado, primero se ha tenido que combinar cuatro nubes de puntos dado que el yacimiento queda justo en medio de las cuadriculas. Posteriormente, se ha empleado la herramienta SVF. Se han establecido los parámetros siguientes para generar la capa con esta herramienta. La exageración vertical se ha establecido en 1.00, el radio de búsqueda se ha definido en 50 píxeles, el número de direcciones de búsqueda se ha establecido en 64 y la eliminación de ruido se ha hecho con la categoría Bajo. Se ha probado con otros niveles de eliminación de ruido mayores, pero se perdía mucha calidad de los detalles.

Se puede apreciar (Fig. 13) que, donde se han marcado las anomalías, hay una serie de líneas sobresalientes; dos más al este, que son las más largas, dos más pequeñas al oeste y dos en casi ángulo recto al norte. Cuatro de las marcas hacen un poco de curva, aunque las dos más pequeñas tienen una curvatura más exagerada. Las dos más al norte presentan un trazado más recto. Podrían asociarse a aterrazamientos o a estructuras murarias.

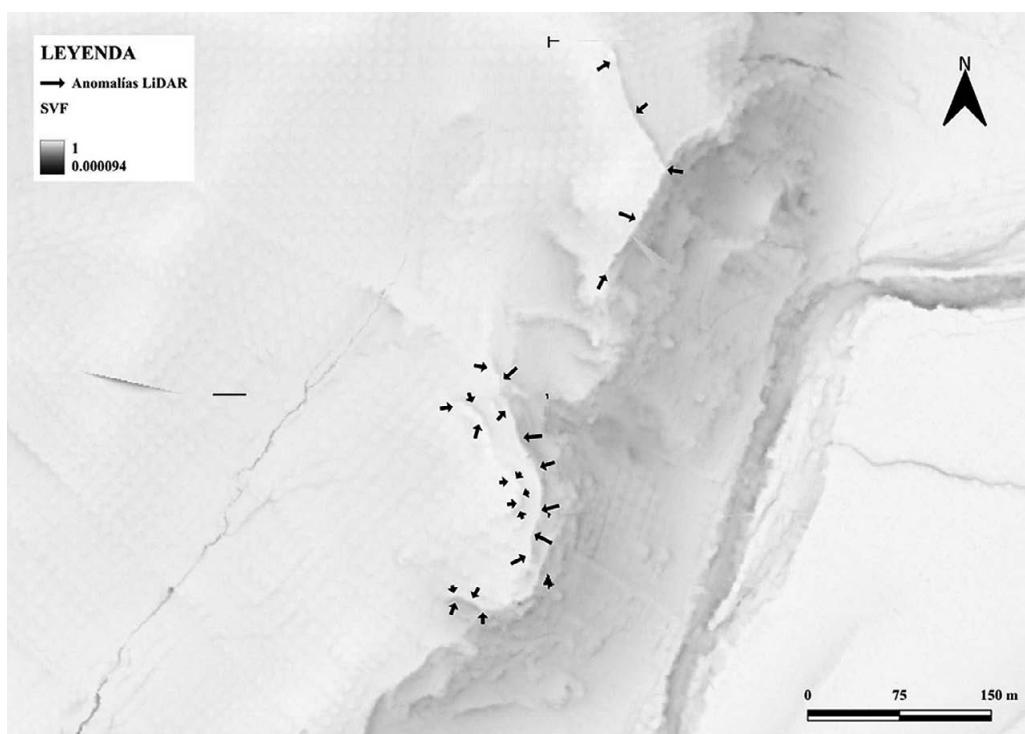


Fig. 13. Elaboración propia: Piedras del Cardado. Composición realizada en QGIS con la herramienta SVF.

Cortijo del Ahorcado

En el yacimiento del Cortijo del Ahorcado se aplicó el procedimiento metodológico habitual para la descarga y procesado de los datos LiDAR, generando distintas visualizaciones mediante herramientas como Hillshade, LRM, SVF y su variante ambient occlusion. Tras varias pruebas, las representaciones más eficaces para detectar posibles anomalías fueron las obtenidas con SVF y SVF (ambient occlusion).

Para la capa generada con SVF (Fig. 14) se configuró un nivel bajo de eliminación de ruido, una exageración vertical de 1.00, un radio de búsqueda de 10 y 16 direcciones de cálculo, aplicando la rampa cromática Red to Black. En el caso de la capa Sky View Factor (ambient occlusion) (Fig. 15), los parámetros fijados fueron un radio de 5 y Denoise en Mean, utilizando la rampa Black to White, que permitió resaltar con mayor claridad las irregularidades del terreno.

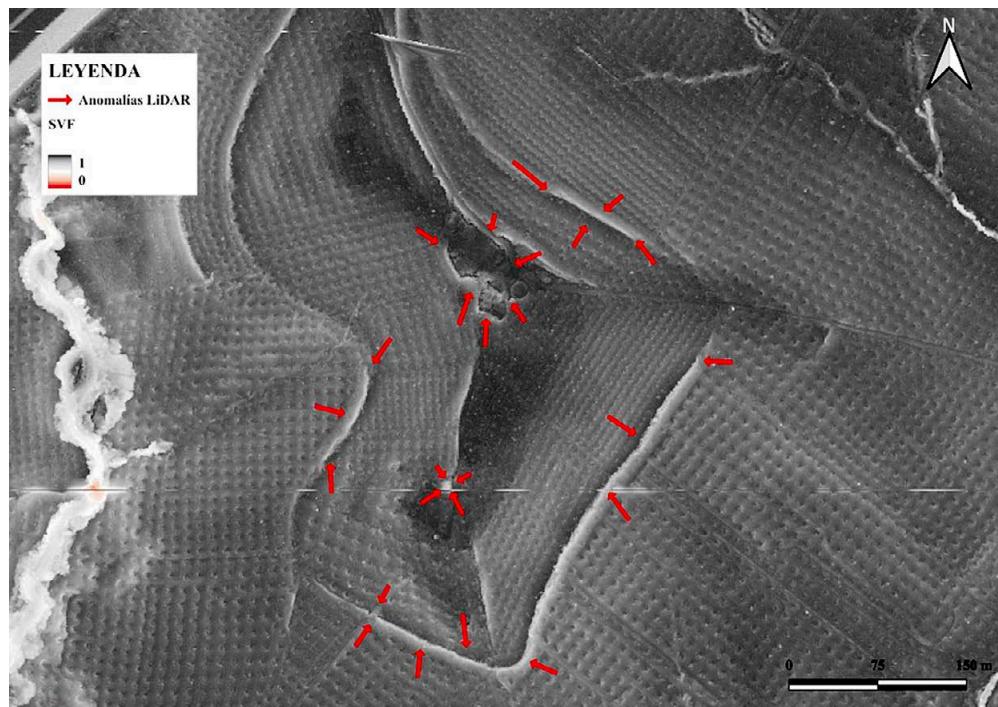


Fig. 14. Elaboración propia:
Cortijo del Ahorcado.
Composición realizada en
QGIS con la herramienta
Sky View Factor.

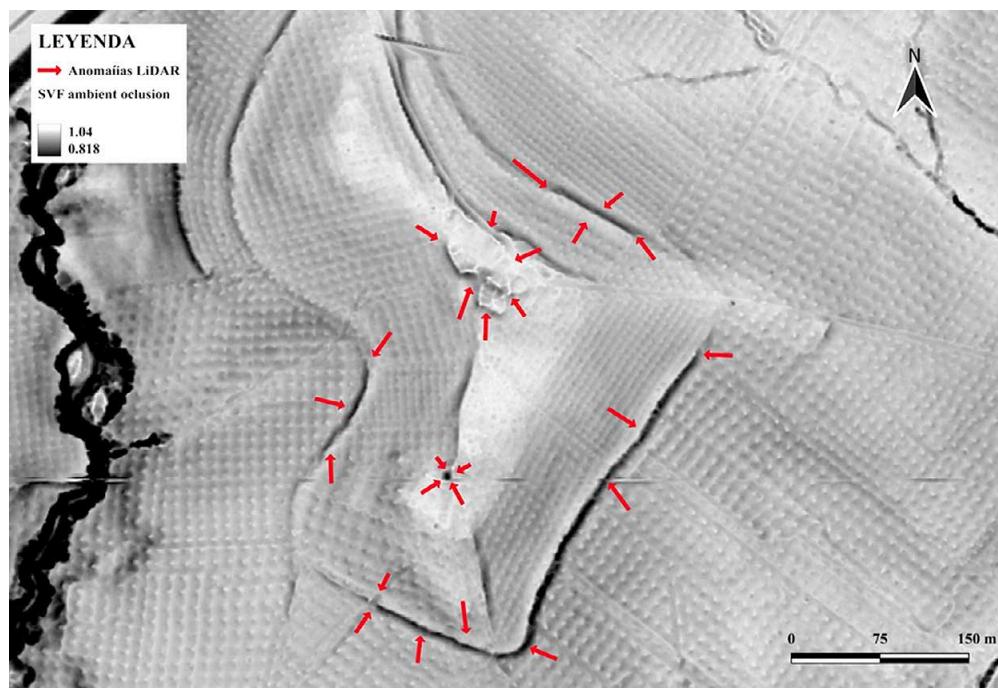


Fig. 15. Elaboración propia:
Cortijo del Ahorcado.
Composición realizada en
QGIS con la herramienta
Sky View Factor (ambient
occlusion).

En ambas visualizaciones se incorporó una capa vectorial para señalar las anomalías identificadas. Estas incluyen tres tipos principales de marcas: una circular, un recinto de contorno irregular cerrado y varias líneas asociadas a posibles estructuras. En el centro de la imagen se aprecia un conjunto de trazas conectadas que

podrían corresponder a algún tipo de construcción delimitada por líneas perimetrales de las que parten otras menores hacia el interior. Al norte de este recinto, se aprecia otra línea más oscura relacionada con un aterrazamiento o pequeño muro (Figs. 14 y 15).

En el sector suroccidental se identifica una marca en forma de U, parcialmente interrumpida por otra anomalía que genera dos formas en L, una de ellas invertida. Su traza rectilínea, pero con ligeras irregularidades, sugiere un posible sistema defensivo o un conjunto de aterrazamientos (Figs. 14 y 15). La anomalía que la corta podría equivaler a un acceso o vía de entrada al recinto. En el interior de esta estructura en U se observa además un círculo oscuro que podría corresponder a una estructura negativa excavada en el terreno (Figs. 14 y 15).

Fotogrametría multiespectral

Para el procesado de los datos multiespectrales se han seguido ocho pasos clave para generar las imágenes que se presentarán. Para empezar, se va al Menú y se ha pulsado en el apartado Ráster. Aquí se despliega un menú en el que se tiene que seleccionar la herramienta Calculadora ráster. Seguidamente, una vez se haya aparecido una pestaña emergente, se introduce la fórmula específica para generar cada índice en el apartado Expresión de la calculadora de campo. En las propiedades de cada índice se ha establecido el tipo de renderización Pseudocolor Monobanda, para la característica de Interpolación se ha seleccionado Discreto; para el Modo se ha escogido Cuantil y se ha establecido el número de Clases en 10. Estos pasos se han repetido sistemáticamente para generar todos los índices que se expusieron en apartados anteriores. Después, para cada índice se ha establecido una rampa de color que represente adecuadamente cada uno. Como se ha dicho en la metodología, estos datos multiespectrales corresponden al yacimiento del Cortijo del Ahorcado.

El análisis de los índices de vegetación aplicados al área de estudio permite valorar la relación entre las anomalías detectadas mediante LiDAR y la respuesta espectral de la cubierta vegetal. La aplicación del NDVI (Fig. 16) muestra una correspondencia clara entre las formas previamente identificadas —especialmente el recinto en U y la anomalía situada al norte— y zonas donde la vegetación presenta valores moderados o elevados. Estas áreas generan contrastes significativos respecto a los sectores adyacentes, caracterizados por suelos desnudos y estructuras recientes, tal como evidencian las tonalidades más intensas obtenidas en la composición.

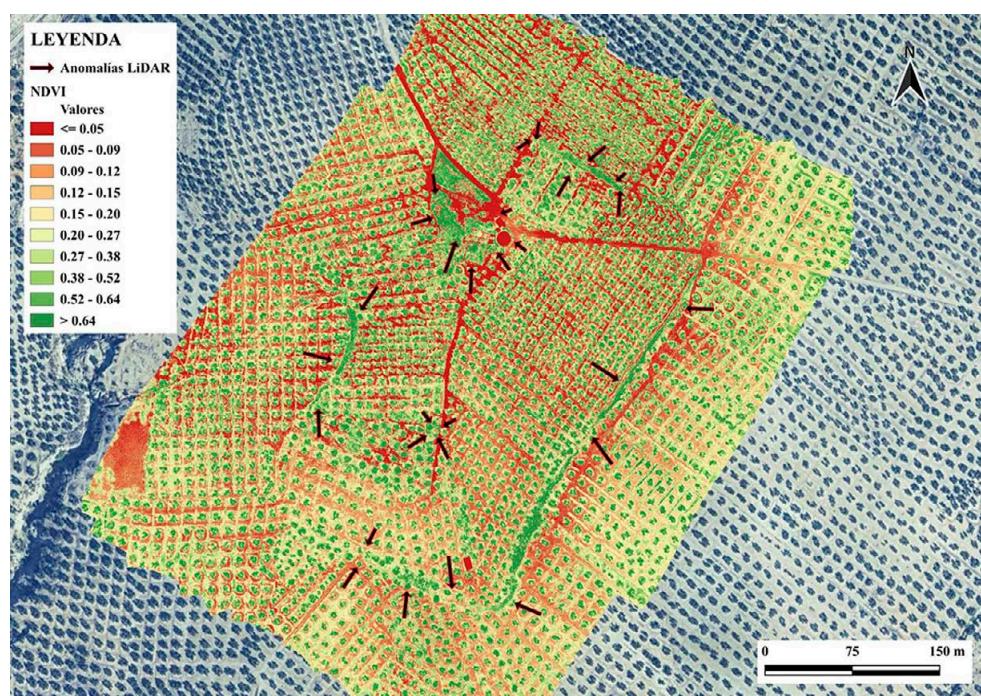


Fig. 16. Elaboración propia: Cortijo del Ahorcado. Imagen multiespectral que representa el NDVI creado con QGIS.

El índice RECI (Fig. 17), orientado a estimar el contenido de clorofila, ofrece resultados limitados debido a la prevalencia de valores negativos propios de superficies carentes de vegetación. Únicamente algunos puntos del recinto en U y del edificio central muestran valores positivos, indicativos de vegetación envejecida o escasa. La lectura del índice, por tanto, resulta poco eficaz para la detección de patrones arqueológicos relevantes.

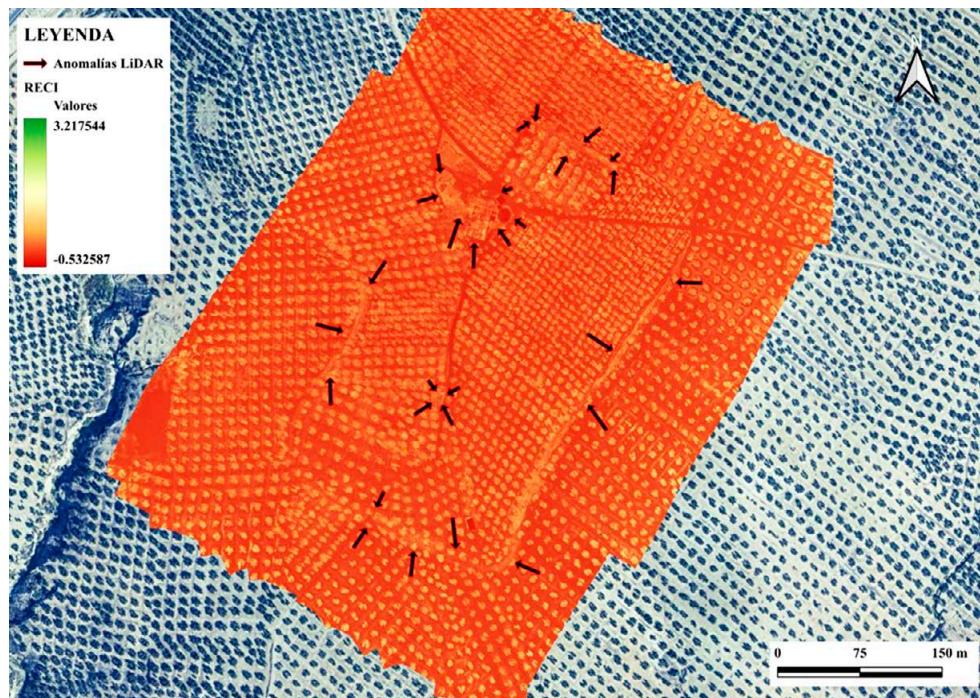


Fig. 17. Elaboración propia:
Cortijo del Ahorcado. Imagen
multiespectral que representa
el RECI creada con QGIS.

La composición generada mediante NDRE (Fig. 18) confirma un paisaje definido por la escasez de vegetación y la amplia presencia de suelos desnudos. Aun así, la anomalía en U vuelve a identificarse con claridad, mientras que la estructura del edificio central aparece de forma más tenue. El índice GNDVI (Fig. 19) refleja una situación similar, poniendo de manifiesto vegetación estresada en la mayor parte del sector, aunque resalta tres manchas diferenciadas al sur y noroeste del edificio central.

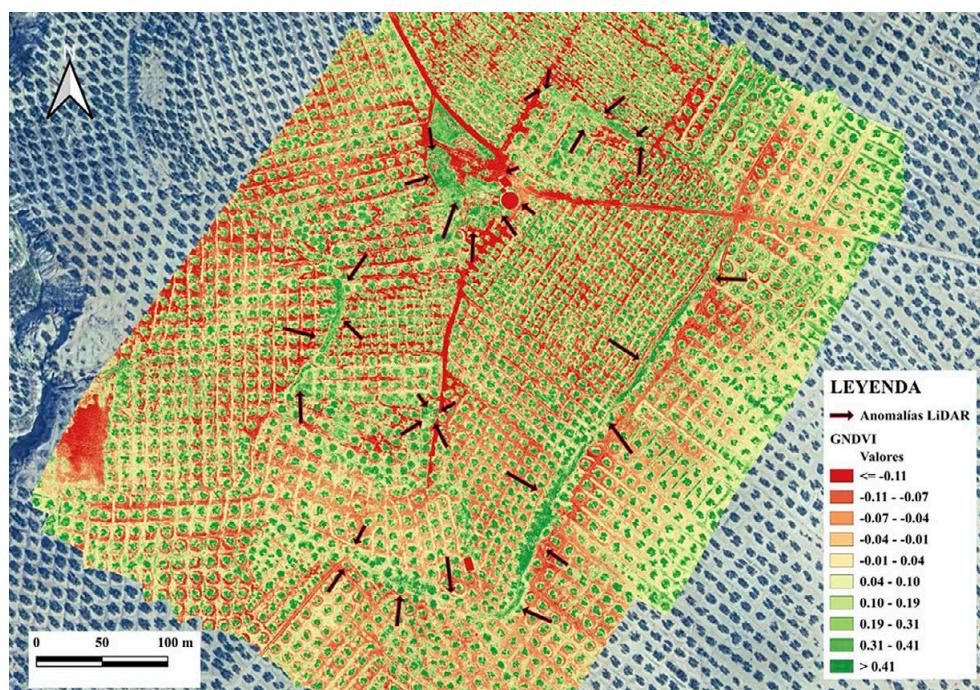


Fig. 18. Elaboración propia:
Cortijo del Ahorcado. Imagen
multiespectral que representa
el NDRE creada con QGIS.

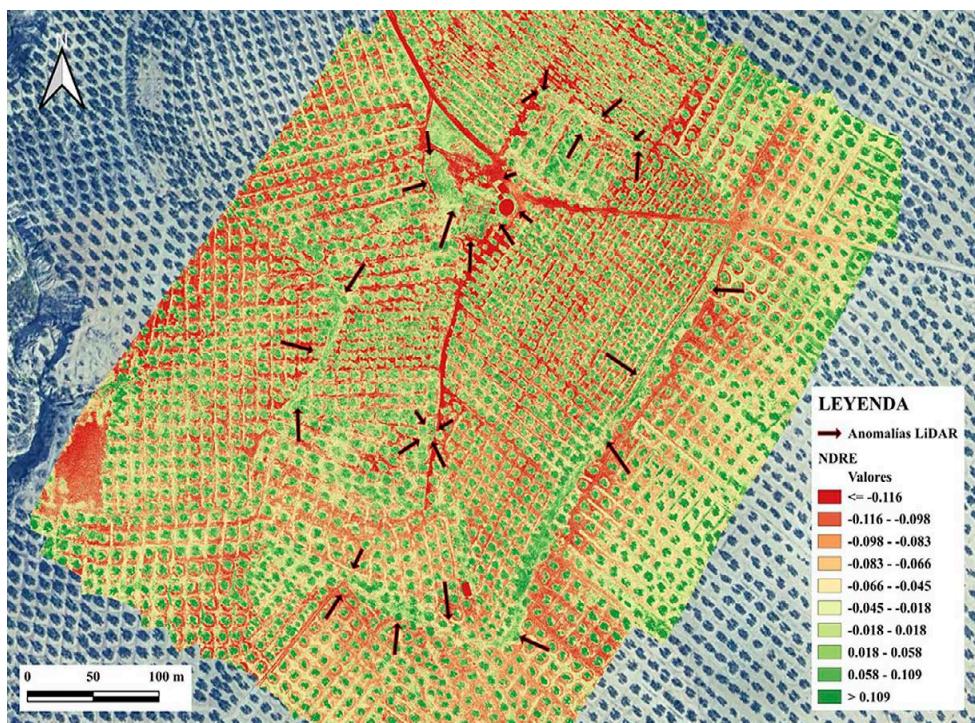


Fig. 19. Elaboración propia: Cortijo del Ahorcado. Imagen multiespectral que representa el GNDVI creada con QGIS.

El análisis a través del índice VSI (Fig. 20) evidencia niveles elevados de estrés vegetal. En este caso, el recinto en U se representa mayoritariamente mediante tonalidades asociadas a vegetación debilitada, mientras que las edificaciones modernas y los muros se visualizan con las gamas propias del suelo desnudo, generando un contraste nítido con el entorno inmediato. Esta representación provoca, además, que la delimitación del recinto en U, ya de por sí tenue, aparezca aún más difuminada.

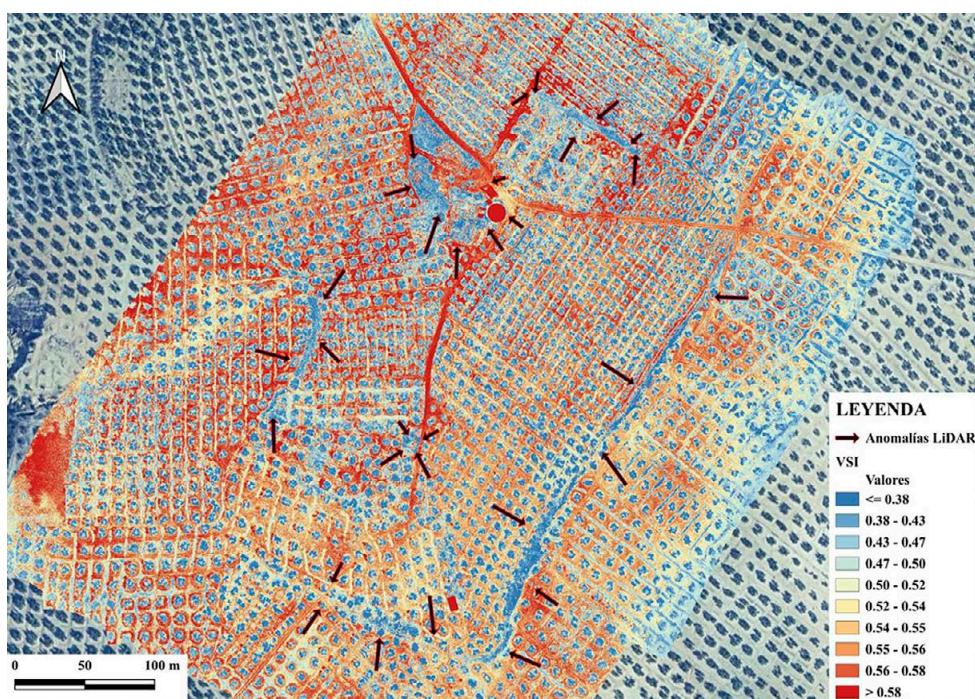


Fig. 20. Elaboración propia: Cortijo del Ahorcado. Imagen multiespectral que representa el VSI creada con QGIS.

Por último, el índice NDWI (Fig. 21) indica que las mayores concentraciones de humedad se localizan en caminos, muros y zonas de suelo desnudo, mientras que las anomalías estructurales presentan valores negativos

característicos de áreas áridas. Los ejemplares de olivo muestran igualmente bajos niveles de humedad, aunque el suelo circundante registra valores algo superiores, resultado de la retención hídrica en el sistema radicular. La comparación con el NDVI confirma que la mayor humedad del terreno no implica necesariamente un incremento en el vigor vegetal dentro del yacimiento.

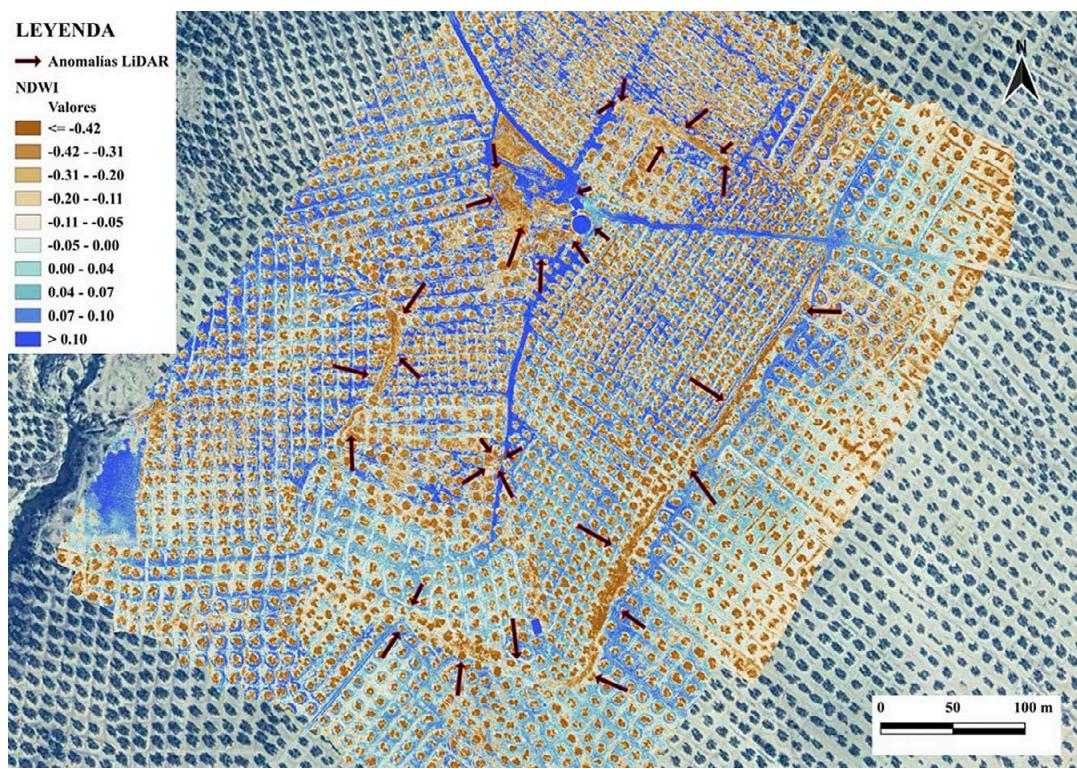


Fig. 21. Elaboración propia: Cortijo del Ahorcado. Imagen multiespectral que representa el NDWI creada con QGIS.

Validación e interpretación arqueológica

El análisis conjunto de las visualizaciones LiDAR, los datos multiespectrales y la verificación sobre el terreno permite matizar la interpretación arqueológica de las anomalías detectadas en los tres casos de estudio. En el Cortijo del Ahorcado, la comprobación directa confirma que la gran anomalía en forma de U coincide con un marcado desnivel del terreno y con restos dispersos de piedras bajo la vegetación, aunque su naturaleza arqueológica no puede determinarse. Del mismo modo, la estructura que se intuía como posible muro en el sector norte corresponde en realidad a un aterrazamiento moderno, mientras que la edificación central actual coincide plenamente con la anomalía irregular documentada en las visualizaciones. Los índices de vegetación, incluidos NDVI, RECI, NDRE y NDWI, no aportan indicios adicionales de estructuras ocultas y muestran que la vegetación del interior del supuesto recinto presenta un comportamiento equivalente al del resto del olivar circundante.

En Sevilleja, las anomalías identificadas mediante LiDAR parecen vincularse a dos aterrazamientos que podrían reflejar la adaptación del cerro para el asentamiento. La superposición de la distribución de los materiales metálicos procedentes de las prospecciones refuerza esta lectura, pues los elementos bélicos se concentran alrededor del asentamiento y en las cotas más elevadas, especialmente dentro de los dos niveles aterrazados del oppidum. No obstante, no ha sido posible confirmar estos rasgos mediante reconocimiento de campo.

En el caso de Piedras del Cardado, la herramienta SVF permite identificar seis líneas sobresalientes que parecen responder a aterrazamientos o estructuras murarias, con dos trazos más extensos en el sector oriental, dos

más reducidos al oeste y dos más extensos, otra vez, al norte. Las observaciones realizadas sobre el terreno indican que las líneas principales coinciden con una zona caracterizada por la acumulación de piedras con alineamientos compatibles con muros, lo que favorece la hipótesis de una estructura de control territorial o elemento constructivo de época romana. Aunque no se han documentado más anomalías significativas, la correlación entre los datos LiDAR y la inspección directa aporta una base sólida para su interpretación.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten valorar de manera crítica la aplicación combinada de LiDAR y fotogrametría multiespectral en la identificación de anomalías arqueológicas asociadas a asentamientos militares romanos en Andalucía oriental. Aunque la mayor parte de los objetivos planteados han sido alcanzados, la evidencia empírica revela una eficacia desigual de estas tecnologías en función de las condiciones geomorfológicas, el tipo de vegetación y del grado de antropización del terreno.

En relación con el primer objetivo, la detección inicial de indicios potenciales en los tres casos de estudio permitió identificar varias anomalías que, en un primer momento, podían relacionarse con estructuras de carácter militar. Sin embargo, la posterior verificación arqueológica demostró que sólo en dos de ellos —Piedras del Cardado y Sevilleja— dichas anomalías podían vincularse con elementos arqueológicos coherentes, mientras que en el Cortijo del Ahorcado las estructuras detectadas correspondían a elementos modernos o a un falso positivo.

El segundo objetivo, consistente en evaluar el comportamiento del LiDAR en entornos alterados por prácticas agrícolas intensivas, también arrojó resultados significativos. A pesar de las limitaciones impuestas por los campos de olivar —particularmente visibles en el deterioro del microrelieve y la pérdida de trazas superficiales—, los datos LiDAR mostraron capacidad para detectar pequeñas anomalías relacionadas con la presencia de asentamientos fortificados. Esto confirma que, aunque la representatividad de los datos se reduce en terrenos altamente erosionados, la tecnología sigue ofreciendo un potencial relevante para el estudio arqueológico del paisaje.

Los objetivos tercero y cuarto, dirigidos a la adquisición de competencias metodológicas y a la interpretación de anomalías mediante técnicas de teledetección, pueden considerarse plenamente alcanzados. El proceso de análisis ha permitido comprender las capacidades y limitaciones de los sensores remotos utilizados, así como su integración en estrategias de prospección no invasiva.

La hipótesis general —que planteaba verificar la viabilidad y aplicabilidad de estas tecnologías para la identificación de asentamientos militares romanos en Andalucía oriental— debe, sin embargo, considerarse refutada. En comparación con los resultados obtenidos en regiones como el noroeste peninsular, donde el proyecto Roman Army ha demostrado la extraordinaria eficacia del LiDAR, los casos estudiados en este trabajo muestran una respuesta notablemente más limitada. La erosión provocada por la actividad agrícola y la intensa transformación del paisaje han eliminado gran parte de las marcas arqueológicas que estas técnicas suelen permitir reconocer.

Aun así, es importante subrayar que los sensores empleados no resultan ineficaces por sí mismos. Incluso en un contexto tan degradado como el analizado, han permitido identificar diferencias microtopográficas que, aunque insuficientes para sostener interpretaciones sólidas, confirman su potencial como herramientas auxiliares en investigaciones futuras. En este sentido, los resultados de este estudio no invalidan la utilidad del LiDAR o de la fotogrametría multiespectral, sino que ponen de manifiesto la necesidad de ajustar expectativas y metodologías a las particularidades ambientales y antrópicas del territorio andaluz.

BIBLIOGRAFÍA

BENNETT, R.; WELHAM, K.; HILL, R. A. y FORD, A. (2013): Airborne spectral imagery for archaeological prospection in grassland environments—An evaluation of performance. *Antiquity* 87 (335): 220-236. <https://doi.org/10.1017/s0003598x00048730>

BEWLEY, R. H. y RĄCZKOWSKI, W. (eds.) (2002): *Aerial Archaeology: Developing Future Practice*. NATO Science Series I: Life and Behavioural Sciences, 337: 173-180. IOS Press.

BRUTTO, M. L.; CECCARONI, F. y CASELLA, M. (2013): Studio delle potenzialità delle piattaforme UAV nel campo del rilievo dei Beni Culturali. En *Atti della XVII Conferenza Nazionale*: 877-884. ASITA.

CAMPANA, S. (2017): Drones in Archaeology. State-of-the-art and Future Perspectives. *Archaeological Prospection* 24 (4): 275-296. <https://doi.org/10.1002/arp.1569>

CAMPANA, S.; REMONDINO, F.; VINCI, G. y FONTANA, A. (2025): Editorial. *Archaeological Prospection* 32 (1): 77-80. <https://doi.org/10.1002/arp.1972>

CAMPANA, S.; SORDINI, M. y REMONDINO, F. (2008): Integration of geomatics techniques for the digital documentation of heritage areas. *Advances on Remote Sensing for Archaeology and Cultural Heritage Management*: 309-312. <https://www.research-collection.ethz.ch:443/handle/20.500.11850/11956>

CARRERO PAZOS, M. (2023): Arqueología computacional del territorio: Métodos y técnicas para estudiar decisiones humanas en paisajes pretéritos. *Archaeopress Archaeology*: 1-164

CHASE, A. S. Z.; CHASE, D. y CHASE, A. (2020): Ethics, New Colonialism, and Lidar Data: A Decade of Lidar in Maya Archaeology. *Journal of Computer Applications in Archaeology* 3 (1): 51-62. <https://doi.org/10.5334/jcaa.43>

CHASE, A. S. Z.; CHASE, D. Z. y CHASE, A. F. (2017): LiDAR for Archaeological Research and the Study of Historical Landscapes. En Masini, N. y Soldovieri, F. (eds.): *Sensing the Past. Geotechnologies and the Environment*, 16. Springer: 89-101. https://doi.org/10.1007/978-3-319-50518-3_4

CIRIGLIANO, G. P.; MAZZACCA, G.; REMONDINO, F.; LIVERANI, P.; CANTORO, G.; MASCHNER, H. y CAMPANA, S. (2025): Drone-Based High-Resolution LiDAR for Undercanopy Archaeology in Mediterranean Environment: Rusellae Case Study (Italy). *Archaeological Prospection* 32 (3): 644-655. <https://doi.org/10.1002/arp.1980>

COHEN, A.; KLASSEN, S. y EVANS, D. (2020): Ethics in Archaeological Lidar. *Journal of Computer Applications in Archaeology* 3 (1): 76-91. <https://doi.org/10.5334/jcaa.48>

CORZO SÁNCHEZ, R. (1975): La Segunda Guerra Púnica en la Bética. *Habis* 6: 213-240. ISSN: 0210-7694

COSTA GARCÍA, J. M. (2015): Asentamientos militares romanos en el norte peninsular: aportes de la fotografía aérea histórica, la fotografía satelital y el lidar aéreo. *Férvedes* 8: 35-44.

COSTA GARCÍA, J. M. y FONTE, J. (2017): Scope and limitations of airborne LiDAR technology for the detection and analysis of Roman military sites in Northwest Iberia. En Herrera, V. M.; Parcero-Oubiña, C. y Fábrega-Álvarez, P. (eds.): *Harvesting the benefits of 10 years of training in the Iberian Peninsula (2006-2015)*: 55-73

DONEUS, M.; BRIESE, C.; FERA, M. y JANNER, M. (2008): Archaeological prospection of forested areas using full-waveform airborne laser scanning. *Journal of Archaeological Science* 35 (4): 882-893. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2007.06.013>

DONEUS, M.; MANDLBURGER, G. y DONEUS, N. (2020): Archaeological Ground Point Filtering of Airborne Laser Scan Derived Point-Clouds in a Difficult Mediterranean Environment. *Journal of Computer Applications in Archaeology* 3 (1): 92-108. <https://doi.org/10.5334/jcaa.44>

EISENBEISS, H. (2009): *UAV Photogrammetry*. ETH, Inst. für Geodäsie und Photogrammetrie.

EISENBEISS, H.; SAUERBIER, M.; ZHANG, L. y GRÜN, A. (2005): Mit dem Modellhelikopter über Pinchango Alto. *Geomatik Schweiz* 103 (9): 510-515. <https://doi.org/10.5169/SEALS-236257>

FONTANA, G. (2022): Italy's Hidden Hillforts: A Large-Scale Lidar-Based Mapping of Samnium. *Journal of Field Archaeology* 47 (4): 245-261. <https://doi.org/10.1080/00934690.2022.2031465>

FONTANA, G. (2025): Issues of Sampling and Representativeness in Large-Scale LiDAR-Derived Archaeological Surveys in Mediterranean Contexts. *Archaeological Prospection* 32 (1): 103-117. <https://doi.org/10.1002/arp.1951>

GOYER, G. G. y WATSON, R. (1963): The Laser and its Application to Meteorology. *Bulletin of the American Meteorological Society* 44 (9): 564-570.

HESSE, R. (2010): LiDAR-derived Local Relief Models – a new tool for archaeological prospection. *Archaeological Prospection* 17: 67-72. <https://doi.org/10.1002/arp.374>

HOLDEN, N. (2001): Digital Airborne Remote Sensing: The Principles of LiDAR and CASI. *AARGNews* 22: 23.

JOHNSON, K. M. y OUIMET, W. B. (2018): An observational and theoretical framework for interpreting the landscape palimpsest through airborne LiDAR. *Applied Geography* 91: 32-44. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.12.018>

LIMP, W. F. (2016): Measuring the Face of the Past and Facing the Measurement. En Forte, M. y Campana, S. (eds.): *Digital Methods and Remote Sensing in Archaeology. Quantitative Methods in the Humanities and Social Sciences*. Springer: 349-369. https://doi.org/10.1007/978-3-319-40658-9_16

LINDSAY, I. y MKRTCHYAN, A. (2023): Free and Low-Cost Aerial Remote Sensing in Archaeology: An Overview of Data Sources and Recent Applications in the South Caucasus. *Advances in Archaeological Practice* 11 (2): 164-183. <https://doi.org/10.1017/aap.2023.3>

LOZIĆ, E. y ŠTULAR, B. (2025): Archaeological LiDAR in Mediterranean Karst Landscapes. A Multiproxy Dating Method for Archaeological Landscape and a Case Study From Prehistoric Kras Plateau (Slovenia). *Archaeological Prospection* 32 (1): 119-137. <https://doi.org/10.1002/arp.1954>

LUCAS PELLICER, M. D. R. y RUANO RUIZ, E. (1988): El Cortijo del Ahorcado (Baeza, Jaén). Estudio de los restos arquitectónicos de época ibérica. *Espacio Tiempo y Forma. Serie II, Historia Antigua* 1: 79-103. <https://doi.org/10.5944/etfii.1.1988.4116>

MARÍN DÍAZ, M. A. (1988): *Emigración, colonización y municipalización en la Hispania republicana*. Universidad de Granada.

MENÉNDEZ BLANCO, A.; ÁLVAREZ, D. G.; MARTÍNEZ, V. Á. y CHAPARRO, J. I. J. (2014): Campamentos romanos de campaña en el occidente de Asturias. En *Excavaciones Arqueológicas en Asturias 2007-2012*: 245-251. Consejería de Educación, Cultura y Deporte del Principado de Asturias.

MENÉNDEZ BLANCO, A.; GARCÍA SÁNCHEZ, J.; COSTA GARCÍA, J. M.; FONTE, J.; GONZÁLEZ-ÁLVAREZ, D. y VICENTE GARCÍA, V. (2020): Following the Roman Army between the Southern Foothills of the Cantabrian Mountains and the Northern Plains of Castile and León (North of Spain): Archaeological Applications of Remote Sensing and Geospatial Tools. *Geosciences* 10 (12): 485. <https://doi.org/10.3390/geosciences10120485>

MORILLO CERDÁN, Á. (2008): Criterios arqueológicos de identificación de los campamentos romanos en Hispania. *Salduie* 8: 73-93. https://doi.org/10.26754/ojs_salduie/sald.200886572

MOTKIN, D. (2001): An Assessment of LiDAR for Archaeological Use. *AARGNews* 22: 24-25.

OPITZ, R. S. y COWLEY, D. C. (eds.) (2013): *Interpreting Archaeological Topography: 3D Data, Visualisation and Observation*. Oxbow Books.

PADILLA FERNÁNDEZ, J. J.; MARTÍNEZ, L. A.; MARTÍNEZ, J. J. L.; CABRERA, Á. R. y DÍEZ, J. C. O. (2018): Redefiniendo asentamientos: El yacimiento arqueológico de Las Piedras del Cardado (Bailén, Jaén). *Locvber: Revista científica de patrimonio* 2: 5-27. ISSN: 2603-5847

REMONDINO, F.; BARAZZETTI, L.; NEX, F.; SCAIONI, M. y SARAZZI, D. (2012): UAV photogrammetry for mapping and 3D modeling - current status and future perspectives. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXVIII-1/C22: 25-31. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-xxxviii-1-c22-25-2011>

RISBØL, O. y GUSTAVSEN, L. (2018): LiDAR from drones employed for mapping archaeology – Potential, benefits and challenges. *Archaeological Prospection* 25 (4): 329-338. <https://doi.org/10.1002/arp.1712>

RISBØL, O.; LANGHAMMER, D.; SCHLOSSER MAURITSEN, E. y SEITSONEN, O. (2020): Employment, Utilization, and Development of Airborne Laser Scanning in Fennoscandinavian Archaeology—A Review. *Remote Sensing* 12 (9): 1411. <https://doi.org/10.3390/rs12091411>

SITTLER, B. (2004): Revealing Historical Landscapes by Using Airborne Laser Scanning. A 3-D Model of Ridge and Furrow in Forests near Rastatt (Germany). En THIES, M.; KOCH, B.; SPIECKER, H. y WEINACKER, H. (eds.), *Proceedings of Natscan, Laser-Scanners for Forest and Landscape Assessment - Instruments, Processing Methods and Applications International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. XXXVI: 258-261

SPANEDDA, L.; LIZCANO, R.; CÁMARA, J. A. y CONTRERAS, F. (2004): El poblado de Sevilleja y la Edad del Bronce en el valle del Rumblar. En García-Huerta, R. y Morales, J. (coords.): *La Península Ibérica en el II milenio A.C.: poblados y fortificaciones*. Colección Humanidades nº 77: 57-85. Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha.

VERHOEVEN, G. y LOENDERS, J. (2006): Looking through Black-Tinted Glasses – A Remotely Controlled Infrared Eye in the Sky. En Campana, S. y Forte, M. (eds.) *From Space to Place. 2nd International Conference on Remote Sensing in Archaeology. Proceedings of the 2nd International Workshop, CNR, Rome, Italy, December 4-7*: Archaeopress: 73-79

VILLANUEVA PÉREZ, A.; SPANEDDA, L.; TURATTI, R. y CÁMARA, J. A. (2004): Sevilleja: límites y usos de una morfometría cerámica. En 1^a Jornadas *La Edad del Bronce en tierras valencianas y zonas limítrofes*: 515-523.

VINCI, G.; VANZANI, F.; FONTANA, A. y CAMPANA, S. (2025): LiDAR Applications in Archaeology: A Systematic Review. *Archaeological Prospection* 32 (1): 81-101. <https://doi.org/10.1002/arp.1931>