

Tecnología LiDAR aplicada al estudio de sitios fortificados del occidente peninsular: El Freíllo (Candeleda, Ávila)

LiDAR technology applied to the study of fortified sites in western Spain: El Freíllo (Candeleda, Ávila)

PABLO PANIEGO DÍAZ

Instituto de Arqueología-Mérida (CSIC-Junta de Extremadura)
Plaza de España, 15, 06800 Mérida
pablo.paniego@iam.csic.es
<https://orcid.org/0000-0002-6218-0938>

CARLOTA LAPUENTE MARTÍN

Instituto de Arqueología-Mérida (CSIC-Junta de Extremadura)
Plaza de España, 15, 06800 Mérida
carlotalapuente@iam.csic.es

Resumen

Con el objetivo de identificar los sistemas defensivos presentes en los enclaves fortificados del occidente peninsular hemos creado un protocolo de trabajo en el que se aúnan los datos LiDAR y las prospecciones arqueológicas.

En este trabajo presentamos los resultados obtenidos en el estudio del sitio del Castro del Freíllo que nos ha permitido proponer el trazado de las defensas del enclave y cómo se articulaban algunos elementos concretos con el trazado principal.

Palabras clave: Teledetección, Castro de El Freíllo, Raso de Candeleda, Protocolo de trabajo, LiDAR

Abstract

A working protocol in which LiDAR data and archaeological survey are combined has been created pursuing the aim of identifying defensive systems present in fortified settlements of the western Iberian Peninsula.

In this paper we present the results obtained in the study of the site of Castro del Freíllo. These results have allowed us to propose the layout of the enclave's defenses and how some specific elements were articulated with it.

Key words: Remote sensing, Castro de El Freíllo, Raso de Candeleda, Working protocol, LiDAR

1. Introducción

El uso del LiDAR en arqueología está ampliamente extendido. En el caso español su uso ha sido relativamente habitual desde mediados de la década pasada y esto puede verse en el número de trabajos que usan como base dicha información (Cerrillo y López López, 2020).

Su rápida extensión es consecuencia de la alta resolución (0,5 m²/píxel) de los modelos generados en comparación con los existentes con anterioridad. Además, afecta el hecho de que los datos son proporcionados de forma gratuita por el Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG)¹, dependiente del Instituto Geográfico Nacional (IGN).

En definitiva, la conjunción de su fácil acceso, su gratuidad, su resolución y la extensión en la formación en Tecnologías de Información Geográfica ha propiciado que el uso de datos LiDAR se haya convertido en habitual en la arqueología española.

Uno de los campos donde dicha tecnología ha sido más frecuentemente utilizada, tanto a nivel estatal como internacional, es en la arqueología militar. Su potencial para detectar e identificar construcciones defensivas como trincheras, murallas o taludes ha generado multitud de estudios y análisis, siendo especialmente frecuente su uso en época romana (Bernardini *et alii*, 2013; Costa-García *et alii*, 2018) y contemporánea (Kobialka, 2017; Schriek y Beex, 2017).

2. Metodología

Con el objetivo de identificar y definir las estructuras defensivas de sitios fortificados localizados en el occidente peninsular ocupados en la segunda mitad del I milenio a. C., hemos creado un protocolo de trabajo compuesto de varias etapas y ya testado en otras actuaciones previas (Berrocal-Rangel *et alii*, 2017). Este protocolo se puede considerar mixto ya que aúna trabajos de teledetección y estudio a través de Sistemas de Información Geográfica con prospecciones pedestres.

Cabe mencionar que dicho protocolo se ha implementado para corroborar la existencia de sitios ya presentes en la bibliografía arqueológica sobre los que normalmente se tenía un conocimiento limitado, tratándose así de una prospección selectiva y orientada.

La primera parte del protocolo de trabajo supone la descarga de los datos LiDAR del CNIG. Es necesario mencionar que, aunque en el último año en gran parte del territorio se cuenta con modelos de 2 m de resolución (MDT02) ya procesados por el IGN, los datos que a continuación se presentan y el flujo de trabajo que se describe ha hecho uso de los datos semiprocesados descargados en formato «.laz». Este se trata del sistema comprimido del formato «.las», el propio de este tipo de información geográfica.

Utilizando la herramienta gratuita LASTools de rapidlasso² en ArcGIS ArcMap 10.5 procedimos a la descompresión y transformación de los datos en un modelo digital del Terreno (MDT). Para ello usamos la herramienta blast2dem, en el que, debido a la resolución máxima alcanzable de los modelos, exclusivamente modificamos dentro de las opciones qué pulso de retorno nos interesaba para generar el modelo: el correspondiente a los puntos del terreno. Es necesario incidir que la reclasificación de los pulsos fue realizada por el propio IGN.

1 <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp#>

2 <https://rapidlasso.com/lastools/>

Tras esta primera etapa de trabajo tenemos un MDT de 2 m de resolución compatible con un entorno SIG. Sin embargo, con el objetivo de mejorar la visualización, la comprensión de la información y la interpretación histórico-arqueológica de los modelos generados, se puede recurrir al uso de filtros, así como al pegado de los diferentes modelos generados en el caso de que un yacimiento se hallase en dos o más de las cuadrículas creadas.

En el caso de nuestro protocolo de trabajo hemos recurrido al uso de la herramienta Relief Visualization Toolbox (RVT) del Research Centre of the Slovenian Academy of Sciences and Arts³. En ella, una vez pegados los diferentes ráster se realizaron dos filtros. El primero de ellos fue el sombreado desde múltiples direcciones, manteniendo los valores por defecto, lo que se traduce en que el sombreado se hiciera desde 16 direcciones, ya que el aumento del número de direcciones no mejoró la resolución en los casos en los que se comprobó. El segundo fue el modelo de relieve local (LRM).

Los ráster generados, en formato tiff y georreferenciados, se llevaron a un entorno SIG para trabajar con ellos. Aquí se procedió a generar una imagen en la que se resaltasen las anomalías que potencialmente pudieran corresponderse con estructuras de carácter defensivo. Para ello se usó de base el sombreado multidireccional. Sobre él, con una transparencia del 35 % se superpuso el modelo de relieve local. Este último había sido modificado para cambiar la gradación de color desde blancos y negros a verdes y rojos.

Sobre esta base de trabajo se procedió a identificar las distintas anomalías que pudieran tratarse de estructuras defensivas. Estas eran dibujadas con el objetivo de proceder a su comprobación en la siguiente fase de trabajo tras su inclusión en un receptor GPS. Antes de ello, sin embargo, se realizaban comprobaciones preliminares con el objetivo de facilitar el trabajo posterior recurriendo al uso de ortofotografías aéreas, ya fueran las de máxima actualidad del PNOA u otros vuelos históricos como la Serie B del Vuelo Americano o el Vuelo Interministerial, disponibles también de forma gratuita en el CNIG.

Es necesario incidir en lo fundamental que es la fase de comprobación en campo de las anomalías, ya que nos permite descartar algunas de las anomalías detectadas y que se corresponden con, por ejemplo, estructuras modernas-contemporáneas como cercados de ganado o, simplemente, con elementos naturales. De esta forma, se pueden eliminar ciertos «falsos amigos» catalogados como yacimientos o estructuras dentro de estos. Por otro lado, esta comprobación *in situ* nos permite valorar la entidad de las anomalías que se corresponden con estructuras antiguas para ayudarnos a comprender el sistema defensivo de los sitios, sin olvidar que su estudio es fundamental para la adscripción crono-cultural de los enclaves. Por último, estas visitas de campo sirven para incorporar elementos que, o bien no habían sido detectados o bien no habían sido considerados.

Esta parte del protocolo parte, como ya se ha dicho, de la incorporación en un sistema portátil de la localización de los elementos que pretenden revisarse. Una vez en el campo se comprueban las anomalías y se recogen los datos para su posterior procesado en, nuevamente, un entorno SIG.

La última fase del protocolo, justamente previa a la interpretación del sitio y la propuesta de hipótesis, supone el volcado de toda la información obtenida en el campo, cruzándose esta con los planteamientos que se habían hecho antes de la salida al campo.

Con los datos procesados y comprobados se procedió a dibujar nuevamente la localización de las estructuras defensivas, valorando sus diferentes tipologías y su entidad. A partir de aquí se plantearon las hipótesis sobre dónde y cómo se situaban las defensas de los asentamientos y, en algunos casos, el porqué de estas.

3 <https://iaps.zrc-sazu.si/en/rvt#v>

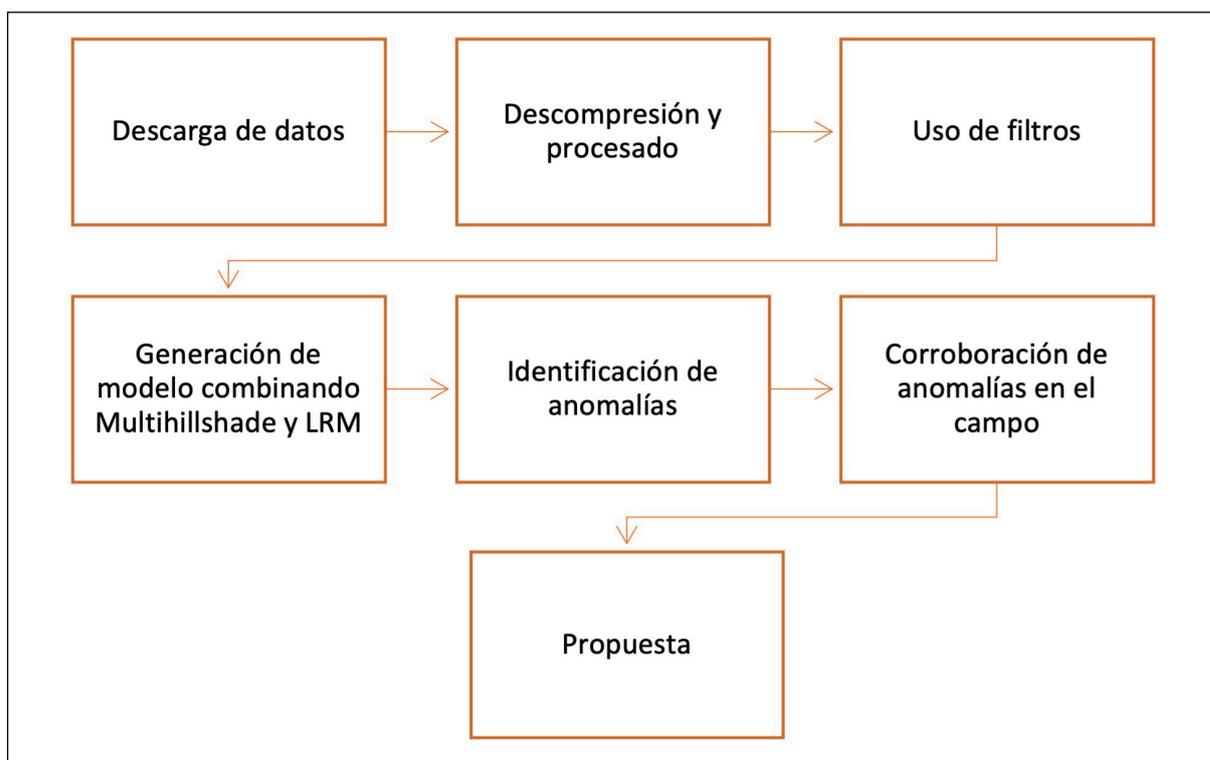


Figura 1. Flujo de trabajo

Figure 1. Workflow

3. Caso práctico: Castro de El Freíllo (Candeleda, Ávila)

El castro de El Freíllo se localiza en la pedanía de El Raso, dependiente de Candeleda, provincia de Ávila (figura 2). Estuvo ocupado entre finales del siglo III a. C. y mediados del I a. C. y según sus excavadores su fundación coincidió con la inestabilidad provocada por la presencia cartaginesa en la península ibérica, siendo, por lo tanto, la defensa una de las preocupaciones principales (Fernández Gómez *et alii*, 1986-1987).

Para llevar a cabo el estudio de su sistema defensivo se emplearon tanto los datos semiprocesados del IGN del 2010 como los proporcionados por la Junta de Castilla y León del 2014, existiendo ciertas diferencias entre ellos. Este hecho no es sino una clara llamada de atención sobre lo fundamental que es emplear todos los datos de teledetección a nuestro alcance y cruzar la información existente en cada uno de ellos y realizar una comprobación de campo que confirme las hipótesis preliminares. Así las cosas, la segunda parte del protocolo de trabajo anteriormente expuesta nos permitió también valorar las diferencias entre los dos modelos generados a partir del LiDAR y llegar a la conclusión de que, aunque existe más ruido en el modelo generado a partir de los datos del IGN del 2010, este nos permite apreciar con más detalles las estructuras defensivas, algo especialmente claro en, por ejemplo, los bastiones que flanquean los accesos al sitio.

3.1. Anomalías detectadas en los modelos LiDAR: elementos de revisión

Una vez generado el modelo, se identificaron una serie de anomalías que serían objeto de revisión en el campo (figura 3). Estas anomalías se corresponden con posibles estructuras defensivas de tipo muro/muralla, bastión/torre o foso.



Figura 2. Localización del castro de El Freíllo en la península ibérica

Figure 2. Location of the El Freíllo hillfort on the Iberian Peninsula

3.2. La muralla

Los modelos generados y filtrados nos permitieron identificar ciertas anomalías que se podrían corresponder con la muralla del sitio. Esta era bastante clara en el sur, zona que estaba parcialmente excavada, y en el este. También, aunque de forma menos clara y cortada por un camino moderno, se podía intuir en el norte.

El desarrollo de los trabajos de campo nos permitió, por un lado, confirmar que dichas anomalías lineales e interconectadas que rodeaban gran parte del asentamiento se correspondían con la muralla.

Este trabajo de campo nos permitió, asimismo, identificar parte del trazado de la muralla que no pudo ser diferenciado mediante el modelo generado a partir del LiDAR en el suroeste. Esta zona aprovecha parcialmente los roquedales naturales para completar el trazado.

Por otro lado, en el noroeste, la densa vegetación no permitió comprobar si la muralla seguía más allá de lo que el modelo generado a partir del LiDAR había detectado. De hecho, la anomalía se pierde en el modelo en el mismo punto donde no se pudo seguir la prospección por la densa vegetación. Llama la atención, sin embargo, que prácticamente de este punto salga una anomalía con un trazado muy regular que en los trabajos *in situ* nos permitió identificar como un gran talud. Este pudo hacer las veces de terraza, aunque no podemos descartar que se pueda identificar también con el límite noroccidental del asentamiento.

Como ya hemos advertido, en el sector occidental se pierde el trazado de la muralla. Esta zona se caracteriza por una fuerte pendiente y es posible que el sistema defensivo aquí fuera menos potente

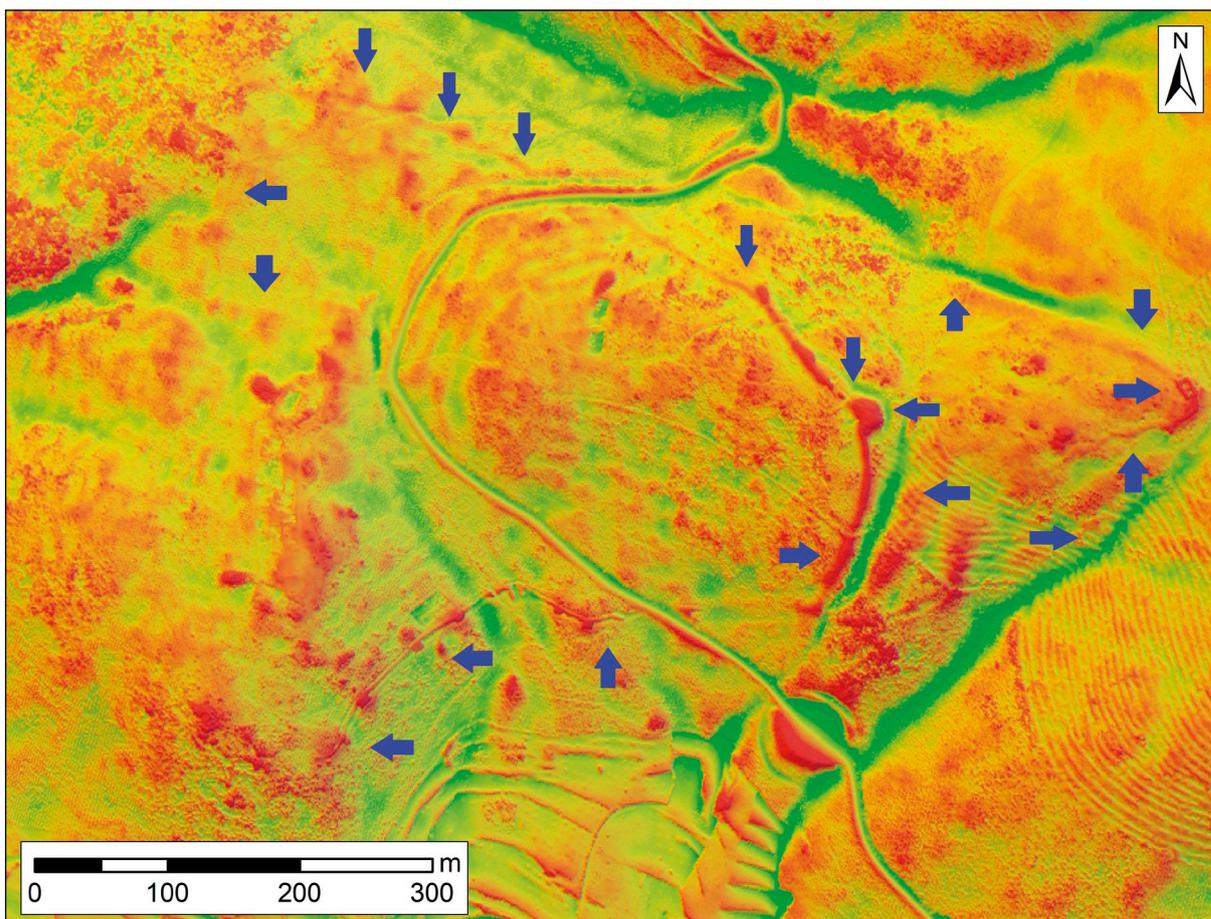


Figura 3. Localización de las anomalías detectadas en el castro de El Freíllo

Figure 3. Location of the anomalies detected in the El Freíllo hillfort

y monumental o, incluso, que este no hubiera existido en esta parte. El único indicio que tenemos es el del crecimiento diferencial de la vegetación que pudiera estar apuntando a la presencia del sistema defensivo en el subsuelo. No obstante, conviene resaltar que esta propuesta es una mera hipótesis de trabajo y que solo estudios más exhaustivos permitirán su comprobación.

De esta forma, hemos podido documentar y confirmar cómo la muralla del castro de El Freíllo cierra al menos tres cuartas partes del perímetro del sitio, siendo más dudosa su identificación en el sector occidental donde, sin embargo, ha podido ser parcialmente registrada en una parte —suroeste—.

3.3. Bastiones

Tanto los modelos generados a partir del LiDAR como los trabajos de campo nos han permitido documentar una serie de engrosamientos de la muralla que se pueden identificar con torres o, más probablemente, bastiones. Estos son especialmente abundantes en el sector sur, a veces flanqueando los accesos al sitio. Un bastión de grandes dimensiones se documenta en el punto donde el trazado de la muralla pasa de tener una orientación oeste-este a tenerla norte-sur. Su posición además de defensiva podría tener una función estructural. En el sector oriental existen dos bastiones más, el más septentrional tiene, a diferencia del resto, cierta tendencia circular, aunque esto puede ser consecuencia del propio derrumbe de la estructura. El otro elemento adelantado de esta zona es el llamado Castillo, una imponente construcción defensiva cuya finalidad es facilitar la defensa de la entrada este al yacimiento.

El estudio de los bastiones nos ha permitido valorar la calidad de los modelos generados a partir de los datos del IGN del 2010 y los proporcionados por la Junta de Castilla y León en el año 2014.

Podemos ver cómo, si bien el modelo generado a partir de los datos del año 2010 (figura 4) tiene mucho más ruido, es posible diferenciar en él los bastiones que flanquean el acceso al castro. En cambio, con los datos del 2014 se pierde esta valiosa información (figura 5).

Estos resultados nos deben hacer reflexionar sobre dos aspectos. El primero de ellos, cómo la eliminación de ruido para generar modelos más «limpios» puede conllevar la pérdida de información, lo que incide en la importancia de la primera reclasificación de los pulsos para identificar a qué parte de la superficie terrestre se refieren. El segundo es la necesidad de revisar en campo de las anomalías, algo que debe ser entendido más allá de un simple formalismo. De hecho, será la conjunción de los datos LiDAR y la observación *in situ* el que nos permita crear una hipótesis de trabajo robusta y consistente.

3.4. El Castillejo

El Castillejo se trata de una defensa adelantada que antecede a la entrada oriental del castro en El Castillo. Se trata de una torre edificada a mayor cota que el castro con el objetivo de controlar el collado, multiplicando la capacidad visual del enclave y mejorando su capacidad defensiva.

El Castillejo se compone de una torre rectangular de la que salen dos pequeños lienzos murarios que no la perimetran. Estos lienzos murarios están levantados sobre formaciones geológicas que son ya de por sí defensas naturales. Además, esta construcción exenta se aprovecha de dos quebradas que la flanquean completamente para reforzar su sistema defensivo (figura 6).

Los trabajos de campo nos permitieron llegar a varias conclusiones. Por un lado, se pudo certificar que se trata de una construcción exenta y no conectada directamente con el resto del sistema defensivo del castro. Por otro lado, que se trata de una torre desde la que se proyectan dos lienzos murarios de escasas dimensiones.

El estudio de El Castillejo también nos permitió desechar la idea de la existencia de fosos en esta zona, aunque sí que se pudo comprobar que aprovecha la topografía natural para reforzar el entramado defensivo.

3.5. Empleo de la topografía natural

Como ya se ha adelantado, los habitantes del castro de El Freíllo utilizaron la topografía natural para completar su sistema defensivo. Así, se comprueba como en el suroeste utilizaron los roquedales naturales para completar el trazado de la muralla.

Por otro lado, las escorrentías existentes hicieron las veces de foso. Esto se comprueba claramente en El Castillejo. La torre se encuentra en la zona de acceso más llana donde no hay ningún corte natural provocado por la presencia de pequeñas quebradas. Las proyecciones existentes en los laterales de la torre buscan alargar los sistemas artificiales hasta unirse con las defensas naturales, ya sea con los roquedales existentes o con los pequeños barrancos naturales.

El uso de torrenteras no es exclusivo de El Castillejo, pues estas además sirven de foso al sistema defensivo principal, estando anteceditas las murallas y bastiones por pequeños barrancos en el norte, aunque a algo de distancia, y en el este, donde la muralla se asienta sobre el límite de la quebrada.

3.6. Propuesta de trazado de las defensas de El Freíllo

A partir de la conjunción de los modelos generados a partir de los datos LiDAR y de los trabajos de campo llevados a cabo, hemos podido definir gran parte del sistema defensivo del castro de El Freíllo, el cual contuvo una superficie de algo más de 17,5 ha (figura 7).

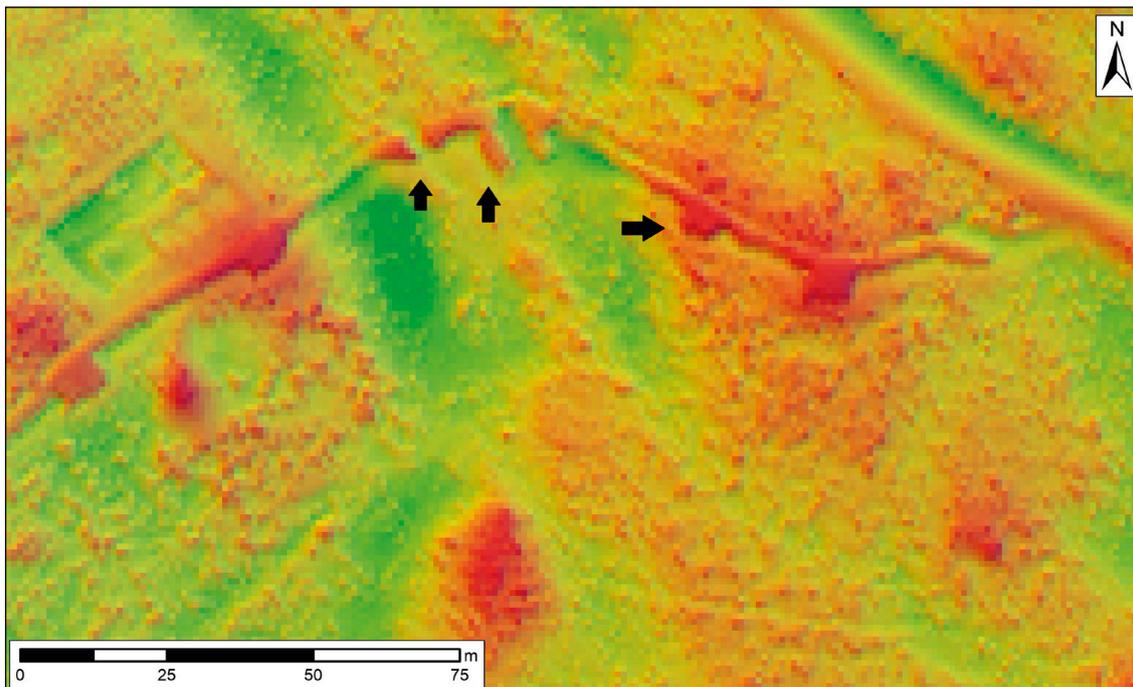


Figura 4. Detalle del sector sur de la muralla, sobre modelo LiDAR realizado a partir de los datos del IGN del 2010 con filtros LRM y multihillshade. Se señalan los bastiones que no se pueden identificar en el modelo generado a partir de los datos de Castilla y León del 2014

Figure 4. Detail of the southern sector of the wall, on LiDAR model made from IGN data from 2010 with LRM and multihillshade filters. The bastions that cannot be identified in the model generated from the 2014 Castilla y León data are indicated

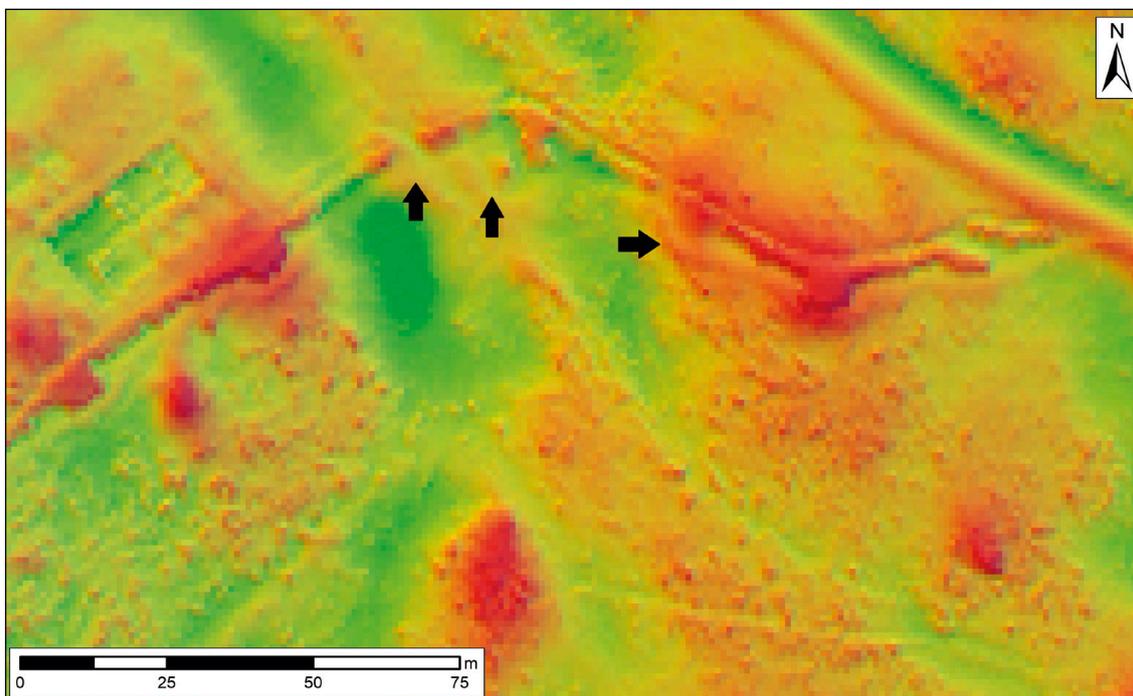


Figura 5. Detalle del sector sur de la muralla, sobre modelo LiDAR realizado a partir de los datos de Castilla y León del 2014 con filtros LRM y multihillshade. Se señalan los bastiones que no se pueden identificar en el modelo generado con los datos de IGN del 2010

Figure 5. Detail of the southern sector of the wall, on LiDAR model generated from the 2014 Castilla y León data with LRM and multihillshade filters. The bastions that cannot be identified in the model generated from the 2010 IGN data are indicated

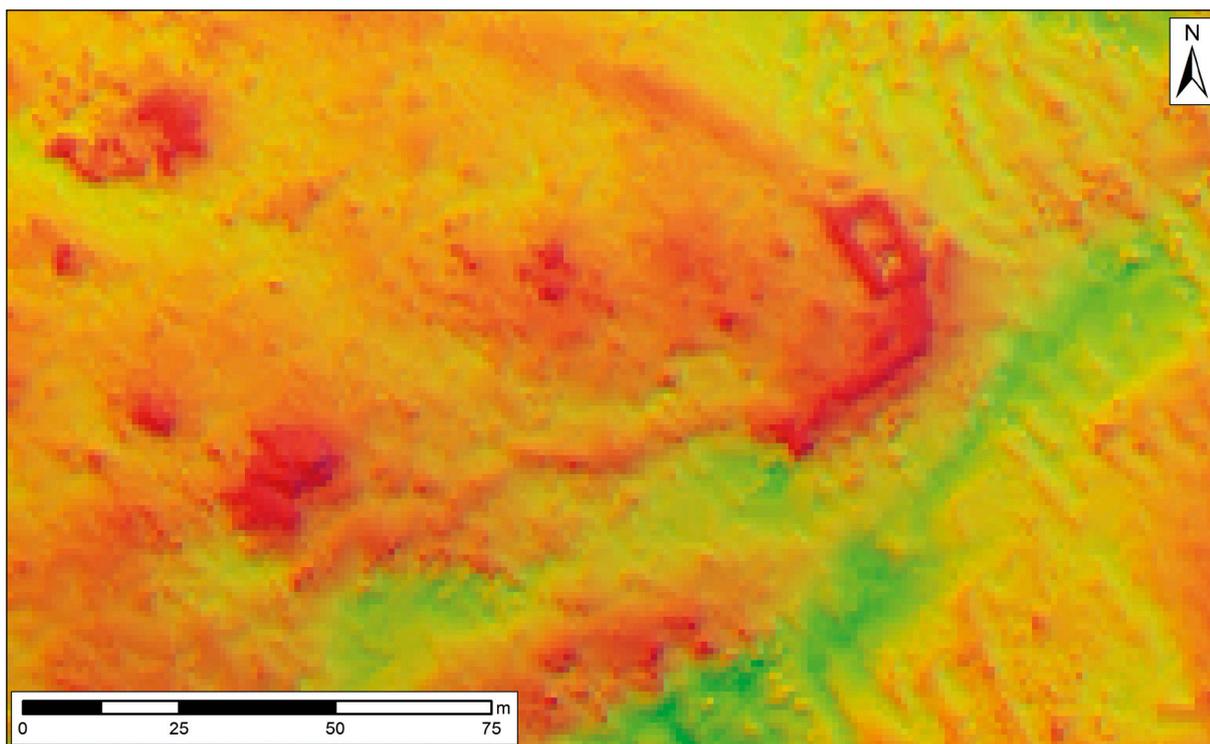


Figura 6. Zona de El Castillejo en el modelo generado a partir de los datos LiDAR del IGN 2010 con filtros LRM y multihillshade

Figure 6. Area of El Castillejo in the model generated from the 2010 IGN LiDAR data with LRM and multihillshade filters

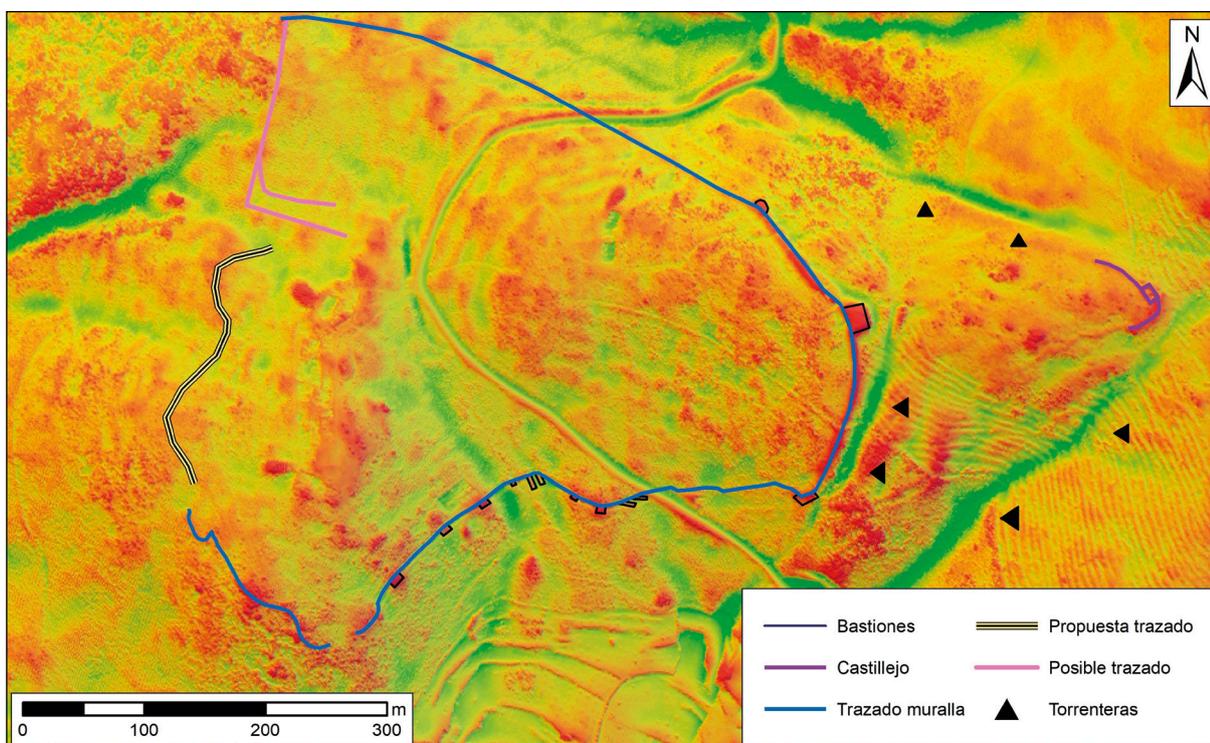


Figura 7. Sistema defensivo del castro de El Freíllo sobre modelo LiDAR con filtros LRM y multihillshade

Figure 7. Defensive system of the El Freíllo hillfort on LiDAR model with LRM and multihillshade filters

El trazado de la muralla está bien definido en los sectores norte, este y sur. En el suroeste, se ha identificado parte del lienzo aprovechando la topografía natural. En el noroeste se documentan unas anomalías que podrían corresponderse con el límite del sitio e, incluso, con parte del sistema defensivo, sin embargo, este posible trazado de la muralla no es del todo concluyente. Más dudas genera el espacio intermedio entre los elementos documentados en el noroeste y el suroeste. Aquí, a partir de las curvas de nivel y el crecimiento diferencial de la vegetación se podría proponer el límite del asentamiento, aunque hemos de recalcar que sería una mera hipótesis de trabajo y no tenemos ni tan siquiera la seguridad de que el yacimiento estuviera completamente cerrado por esta parte.

En lo que se refiere a los bastiones, su ubicación no genera mayor controversia. Destaca la concentración de ellos en el sur, coincidiendo con la parte más bajas accesible del asentamiento. Estos bastiones se encuentran en muchas ocasiones asociados a la entrada al sitio, como sucede con El Castillo.

Frente a este último se encuentra El Castillejo, una defensa adelantada de tipo torre que ocupa un collado situado a mayor altura que El Freíllo. El Castillejo combina las defensas artificiales con la topografía natural como las dos torrenteras que hacen las veces de foso y el roquedal sobre el que se asienta.

4. Reflexiones finales

La conjunción de los datos de teledetección procesados y las prospecciones pedestres nos han permitido elaborar una propuesta consistente sobre la extensión del sitio fortificado de El Freíllo, así como proponer el modo en el que se articulaban las diferentes defensas del enclave y cómo se conjugaba la geografía natural con las construcciones.

De esta forma, podemos comprobar como gran parte del perímetro del castro de El Freíllo estuvo rodeado por defensas artificiales, especialmente reforzadas en el lado sur, donde se documentan una serie de bastiones. La presencia de bastiones, sin embargo, no se ceñiría a esta área, ya que se constatan algunos más en otros puntos del trazado. En el sector occidental, muy accidentado, con grandes pendientes y por donde discurre un cauce de agua, no se han documentado de forma inequívoca estructuras que se pudieran corresponder con la muralla del asentamiento. Sin embargo, sí se documentó tanto en campo como en los modelos generados a partir del LiDAR una estructura rectilínea que no sigue las curvas de nivel y que podría hacer las veces de terraza, aunque no podemos descartar que también completase el trazado defensivo por esta parte. Más al sur de esta en el flanco oriental no se documentan anomalías claras que pudieran corresponderse con la muralla, por lo que cabe la posibilidad que en esta zona escarpada no contase con muralla. Otra posibilidad es que este cierre se adecue a las curvas de nivel y que se pueda inferir por la presencia/ausencia de vegetación.

La entrada oriental está doblemente reforzada. Primero con un enorme bastión —El Castillo— que flanquea el acceso en esta parte del enclave. Antecediéndole se encuentra El Castillejo, una estructura de tipo torre que busca dominar el pequeño collado epónimo y que se vale de la geografía natural para aumentar su capacidad defensiva.

De esta forma, esta primera aproximación al sistema defensivo del castro de El Freíllo nos ha permitido geolocalizar de forma precisa por dónde discurrían las defensas artificiales del sitio y su vinculación con la topografía natural, así como las características de El Castillejo y cómo se articulaba este puesto adelantado con el resto del sistema.

Respecto a las dimensiones del sitio, este supera las 17,50 ha, lo que unido al entramado urbano interior que fue detectado en las diferentes campañas de excavación del sitio (Fernández Gómez, 2011), nos permiten proponer este sitio como un *oppidum*.

Bibliografía

- Bernardini, F., Sgambati, A., Montagnari Kokelj, M., Zaccaria, C., Micheli, R. Fragiacomio, A., Tiussi, C., Dreossi, D, Tuniz, C y De Min, A. (2013): “Airborne LiDAR application to karstic areas: The example of Trieste province (north-eastern Italy) from prehistoric sites to Roman forts”. *Journal of Archaeological Science*, 40(4): 2152-2160. <<https://doi.org/10.1016/j.jas.2012.12.029>>.
- Berrocal-Rangel, L., Paniego Díaz, P., Ruano, L. y Valcárcel Manglano, G.R. (2017) “Aplicaciones LiDAR a la topografía arqueológica: El Castro de Iruña (Fuenteguinaldo, Salamanca)”. *CuPAUAM*, 43: 195-215. <<https://doi.org/10.15366/cupauam2017.43.007>>.
- Cerrillo Cuenca, E. y López López A. (2020): “Evaluación y perspectivas del uso del LiDAR en la arqueología española”. *Boletín del Museo Arqueológico Nacional*, 39: 221-238.
- Costa-García, J.M., Menéndez Blanco, A., González Álvarez, D., Gago Mariño, M., Fonte, J., Blanco-Rotea, R. y Álvarez Martínez, V. (2018): “The presence of the Roman army in North-Western Hispania: new archaeological data from Ancient Asturias and Galicia”. *Limes*, 23: 903-910.
- Fernández Gómez, F. (2011): *El poblado fortificado de “El Raso de Candaleda” (Ávila): el núcleo D. Un poblado de la III Edad del Hierro en la Meseta de Castilla*. Universidad de Sevilla, Real Academia de la Historia, Institución Gran Duque de Ávila. Sevilla-Madrid-Ávila.
- Fernández Gómez, F., de la Sierra Fernández, J.A. y López Fernández, M.T. (1986-1987): “Evolución y cronología de El Raso (Candaleda, Ávila)”. *Zephyrus*, 39-40: 266-271.
- Kobialka, D. (2017): “Airborne Laser Scanning and 20th Century Military Heritage in the Woodlands”. *Analecta Archaeologica Ressoiviensia*, 12: 247-270. <<https://doi.org/10.15584/anarres.2017.12.14>>.
- Schriek, M. Van Der y Beex, W. (2017): “The application of LiDAR-based DEMs on WWII conflict sites in the Netherlands”. *Journal of Conflict Archaeology*, 12(2): 94-114. <<https://doi.org/10.1080/15740773.2017.1440960>>.