

Restauración virtual y propuesta de presentación de las fortificaciones del *oppidum* de Monte Bernorio

Virtual restoration and proposed presentation of the fortifications of the oppidum of Monte Bernorio

MARCOS GALEANO PRADOS

Proyecto Monte Bernorio
Instituto Monte Bernorio de Estudios de la
Antigüedad del Cantábrico (IMBEAC)
marcos.ga.pr@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-9449-7497>

MANUEL FERNÁNDEZ-GÖTZ

School of History, Classics and Archaeology
University of Edinburgh
M.Fernandez-Gotz@ed.ac.uk
<https://orcid.org/0000-0003-2244-4924>

JESÚS FRANCISCO TORRES-MARTÍNEZ

Proyecto Monte Bernorio
Instituto Monte Bernorio de Estudios de la
Antigüedad del Cantábrico (IMBEAC)
ketxutorres@yahoo.com
<https://orcid.org/0000-0003-4714-1567>

JUAN MENCÍA GÓMEZ

Departamento de Prehistoria, Historia Antigua y Arqueología
Universidad Complutense de Madrid
juanmencia97@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-6654-1633>

Resumen

Desde el año 2014, el Proyecto «Monte Bernorio en su entorno» incorporó la fotogrametría y la reconstrucción 3D a los trabajos arqueológicos realizados en el yacimiento de Monte Bernorio. Gracias al trabajo combinado de fotogrametría en las excavaciones arqueológicas, prospección visual, prospección con fotografía aérea a baja cota, datos LiDAR y fotogrametría desde dron ha sido posible conocer la estructura defensiva del *oppidum* de un modo completamente novedoso. A partir de estos métodos, se ha desarrollado una restitución virtual de los restos arqueológicos, de forma mucho más fiable que las estimaciones intuitivas previas. En el presente capítulo se abordan los problemas encontrados, las soluciones aplicadas y las actuaciones realizadas en los trabajos de restitución virtual de los sistemas defensivos del *oppidum*.

Palabras clave: Edad del Hierro, *oppidum*, fortificaciones, fotogrametría, arqueología virtual, restitución 3D, musealización

Abstract

Since 2014, the Project “Monte Bernorio in its environment” has incorporated the use of photogrammetry and 3D reconstruction into the archaeological works carried out at the site of Monte Bernorio. Thanks to the combination of photogrammetry in archaeological excavations, visual survey, low-level aerial photography survey, LiDAR data, and drone photogrammetry, it has been possible to understand the archaeological remains of the oppidum’s defensive structures in a completely new manner. Utilising these methods, a virtual reconstruction of the archaeological remains was created, which was more reliable than previous intuitive estimations. This paper will present the problems faced, the solutions applied, and the results achieved in the virtual reconstructions of the fortification systems of the oppidum.

Key words: Iron Age, oppidum, fortifications, photogrammetry, virtual archaeology, 3D reconstruction, musealisation

1. Introducción

La importancia creciente de lo que se ha venido en denominar como «Arqueología Virtual» ha hecho que diferentes equipos de investigadores hayan desarrollado varios métodos de empleo de herramientas relacionadas con la reproducción gráfica o virtualización del Patrimonio Arqueológico (véanse, por ejemplo, los artículos publicados en la revista *Virtual Archaeology Review*; Gisbert, 2018). Dentro de la dinámica de integración de este tipo de técnicas están también las aplicaciones en «restauración virtual», tanto de estructuras como de objetos arqueológicos.

El Instituto Monte Bernorio de Estudios de la Antigüedad en el Cantábrico (IMBEAC) viene utilizando varios de estos métodos en sus proyectos de investigación. Para ello se han seguido una serie de criterios que permiten integrar las reproducciones gráficas informatizadas del modo más riguroso posible. La finalidad de estas técnicas es crear una serie de imágenes que representen, del modo más fidedigno posible, cómo eran los espacios, construcciones y objetos recuperados en las excavaciones arqueológicas. Obviamente, lo que la arqueología documenta es solo aquello que ha podido conservarse tras su abandono y destrucción por el efecto del paso del tiempo (destrucción por actividad de los humanos y fauna, erosión de los agentes atmosféricos, cambios químicos producidos en el subsuelo, etc.). Por tanto, dependiendo del grado de conservación de estructuras y objetos podremos reproducir estos de forma que logremos una «reconstrucción», una «recreación» o tan solo una mera «hipótesis».

Podemos definir una «reconstrucción» como el desarrollo, a partir de una gran cantidad de evidencias (elementos de prueba), de una imagen que puede ser evaluada objetivamente como enormemente similar a lo que fue el original. La «recreación» podría ser definida como el desarrollo de una imagen a partir de una cantidad menor de elementos de prueba y por tanto solo puede ser considerada como verosímil. Por último, cuando las evidencias son escasas, únicamente es posible realizar una «hipótesis» (imagen hipotética) de lo que pudo ser la realidad. Solo si conseguimos obtener suficientes datos arqueológicos (cuantitativa y cualitativamente) podremos reproducir la «realidad arqueológica» de un modo riguroso. Si esta base empírica no existe, no importa lo potentes que sean los medios gráficos disponibles ya que estamos inventando, no reproduciendo o recreando.

Desde el inicio del proyecto «Monte Bernorio en su entorno» en 2004 se desarrollaron intensas campañas de prospección y sondeos con el fin de delimitar el recinto de este *oppidum* situado en el norte de la provincia de Palencia. Unos de los elementos fundamentales para comprender cualquier espacio de hábitat de la Prehistoria Tardía es poder identificar los límites de los asentamientos, su perímetro. Con ello se establece qué está dentro y qué está fuera del espacio ocupado, lo que es fundamental tanto para la definición del tipo de yacimiento como para la comprensión de su registro arqueológico. Con esta finalidad se desarrollaron en Monte Bernorio una serie de campañas con trabajos de prospección terrestre para la localización de estructuras defensivas, contando con el apoyo proporcionado por la interpretación de las fotografías aéreas disponibles en el Instituto Geográfico Nacional (IGN). Estos trabajos dieron como resultado la localización del trazado de la muralla en su lado sur, mal documentada e identificada en los trabajos realizados previamente por A. de los Ríos y Ríos en 1880 (Gutiérrez y Hierro, 2016), por R. Moro en 1890 (Moro, 1891: 432-437) y posteriormente por el equipo del arqueólogo J. San Valero en los años 1943, 1944 y 1959 (San Valero, 1944, 1960). En los años 2007 y 2008 se realizaron dos campañas de prospecciones geomagnéticas para la detección de estructuras en el subsuelo por un equipo de la Universidad de Frankfurt dirigido por el profesor Felix Teichner (Torres-Martínez *et alii*, 2016a).

En el verano del año 2006 E. Peralta, dentro de su proyecto de investigación «Las Guerras Cántabras», efectuó un vuelo de ultraligero sobre Monte Bernorio realizando una serie de fotografías que puso

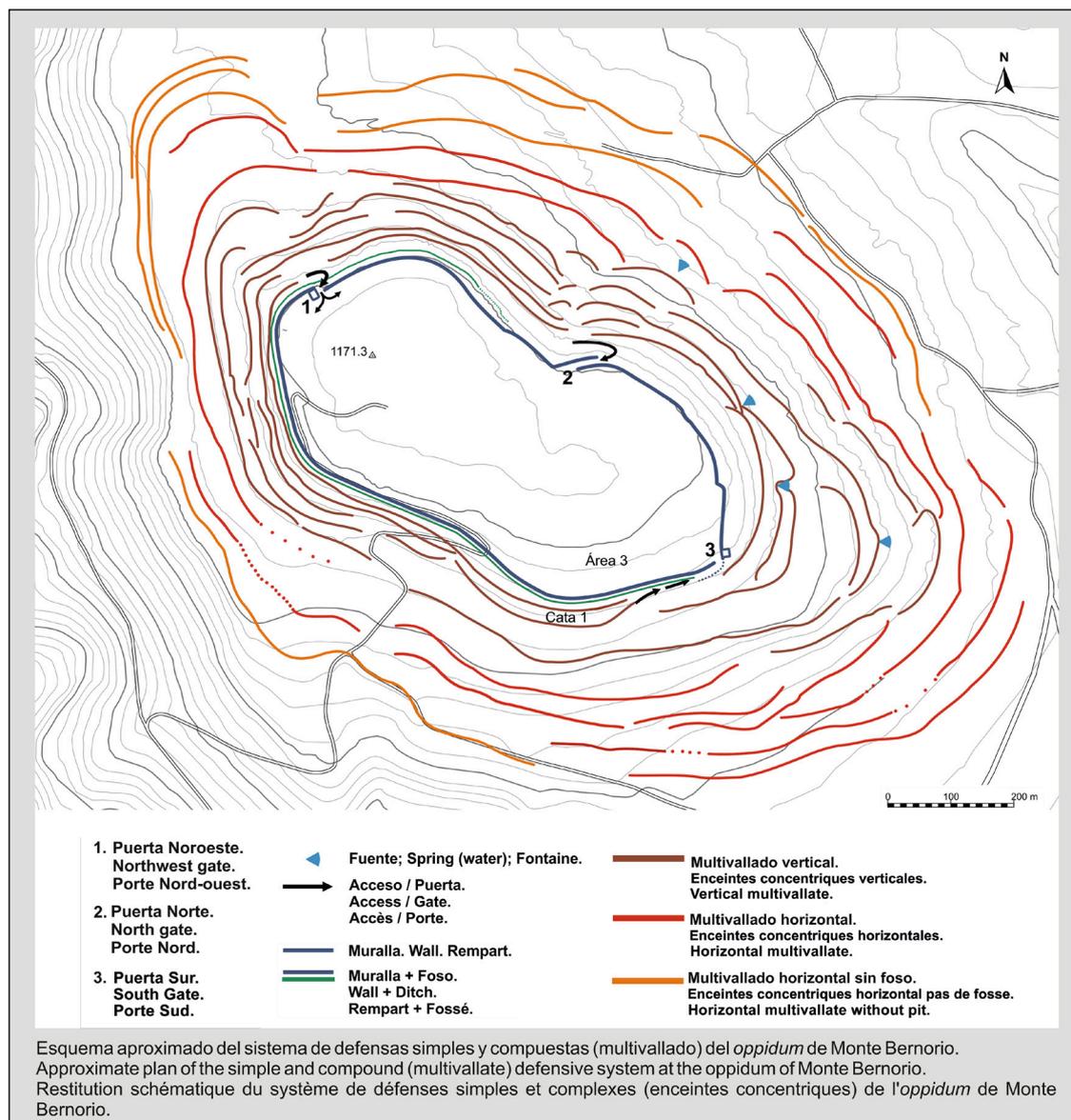


Figura 1. Mapa cartográfico con las estructuras defensivas del Bernorio y los puntos de agua en la versión de 2019. © Jesús F. Torres Martínez. Diseño gráfico de M. Galeano, equipo Monte Bernorio

Figure 1. Cartographic map with the defensive structures of Bernorio and the water sources, version 2019. © Jesús F. Torres Martínez. Graphic design by M. Galeano, Monte Bernorio team

amablemente a nuestra disposición. Unos años después, en septiembre de 2015, nuestro equipo realizó otro vuelo en ultraligero y D. Vacas pudo hacer un nuevo registro fotográfico completo del *oppidum* y todo su perímetro. También en estas fechas se incorporaron las primeras imágenes LiDAR (*Laser Imaging Detection and Ranging*) y las imágenes del Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas (SIGPAC) que el Gobierno de España facilita a través de sus portales y del portal de la comunidad autónoma de Castilla y León.

El trabajo combinado de los resultados de nuestras prospecciones pedestres, del análisis de las fotografías aéreas y de las fotografías a baja altitud permitió mejorar el conocimiento del perímetro defensivo y la estructura interior del núcleo. En paralelo a las tareas de prospección se diseñó un amplio sondeo que cortaba toda la línea de defensas desde el interior de la muralla en el sector que denominamos Área 3 —una zona con edificaciones en la terraza de la muralla sur— hasta la primera línea de

terraplenes o parapetos de tierra. Este transecto de 24 metros de largo sirvió como base para un trabajo de documentación intensiva de las defensas de Monte Bernorio en su lado sur, lo que permitía conocer también, de forma aproximada y por comparación, las características constructivas de otras partes de la muralla y el foso, así como de los terraplenes y fosos asociados. Puestos en conjunto, los trabajos han permitido determinar que a finales de la Edad del Hierro la parte superior de Monte Bernorio se encontraba fortificada con una muralla y foso que delimitaban un área de aproximadamente 28 hectáreas. Asimismo, un complejo sistema de multivallado que se extendía por las laderas y al pie de la montaña aumentaban la superficie total a alrededor de 90 hectáreas (figura 1).

Las publicaciones realizadas permiten el conocimiento de la estructura del *oppidum*, su cultura material y otros aspectos destacados, incluyendo su papel como campo de batalla en dos eventos cruciales separados por casi 2 000 años: la conquista romana en el marco de las Guerras Cántabras (29-19 a. C.) y el sector central del denominado «Frente Norte» en la Guerra Civil Española (1936-1937) (Torres-Martínez y Domínguez, 2008; Torres-Martínez *et alii*, 2013; Torres-Martínez, 2015; Torres-Martínez *et alii*, 2016b; 2016c; Torres-Martínez *et alii*, 2021a). Además, dentro del perímetro de multivallado se localizaron varios puntos de agua y espacios de necrópolis (Torres-Martínez *et alii*, 2017; 2021b). La primera reconstrucción del trazado de las defensas pudo ser mejorada poco después gracias al vuelo y la sesión fotográfica que F. Didierjean realizó en mayo y junio de 2016 con una avioneta ligera sobre el Bernorio y cuyas imágenes puso generosamente a nuestra disposición.

Además de la documentación e interpretación de las defensas de Monte Bernorio, hemos realizado un intenso trabajo de revisión y estudio de la bibliografía disponible sobre las características de los elementos defensivos de la Edad del Hierro, principalmente en la región cantábrica, pero también de forma general en toda el área central y septentrional de la península ibérica. Esto sirvió para la publicación de un trabajo de síntesis sobre los sistemas defensivos de los núcleos de la Edad del Hierro en el Cantábrico en el que se incluía ya un estudio sobre las defensas del *oppidum* de Monte Bernorio (Torres-Martínez *et alii*, 2015; 2018).

El trabajo de documentación desarrollado a partir de las prospecciones y excavaciones realizadas, principalmente, en las estructuras defensivas del área sur del *oppidum*, ha permitido su interpretación y su posterior reproducción gráfica. Este trabajo de campo era completamente necesario a fin de obtener la mayor veracidad posible en la posterior reproducción gráfica, evitando realizar actuaciones de carácter sobre todo estéticas y efectistas. De este modo hemos logrado realizar las primeras reconstrucciones y recreaciones virtuales, así como hipótesis, de distintos elementos defensivos. Cada uno de los trabajos gráficos ha supuesto diferentes tipos de retos a la hora de su reconstrucción y recreación, requiriendo un análisis exhaustivo de los elementos documentados en Monte Bernorio y de los paralelos consultados en la bibliografía.

2. Primeras reconstrucciones y recreaciones virtuales

Las primeras reconstrucciones y recreaciones de las defensas de Monte Bernorio se realizan a partir de un modelo fotogramétrico realizado por D. Vacas, miembro del equipo Bernorio IMBEAC (Vacas *et alii*, 2015; 2018). Este modelo se realizó documentando el transecto del Área 3. Durante el intensivo proceso de documentación se identificaron varias de las zonas defensivas del *oppidum*. Entre ellas destaca la propia muralla y el foso y también parte de uno de los elementos del sistema de «multivallado vertical» construido en las escarpadas laderas del monte. Con estos elementos se desarrolló una representación gráfica del transecto en el que se reconstruye y/o se recrea el aspecto que debían tener las estructuras documentadas antes de su destrucción en el marco de la conquista romana.

En el trabajo gráfico desarrollado, cada unidad reconstructiva lleva asociada un grado de certeza, que está en relación con la información arqueológica (evidencias recuperadas) encontrada en el propio yacimiento o bien la que puede deducirse por paralelos en otros yacimientos similares de la misma región (Molina y Muñoz, 2015). Para que el grado de certeza pueda ser reconocible a simple vista, se le añadió una escala de color propuesta por P. Aparicio-Resco y C. Figueiredo (2016) en la que se representan los elementos con mayor evidencia arqueológica en tonos cálidos y los elementos con menor evidencia arqueológica en tonos fríos. Cuanta más intensidad en el color, mayor es la cantidad de evidencia disponible (Vacas *et alii*, 2018). También se basó en la escala de evidencia arqueológica Byzantium 1200.

Con el software Blender se representaron, sobre el modelo fotogramétrico que documenta la realidad del yacimiento, aquellos añadidos que, a partir de la información arqueológica, podemos suponer que estarían allí en mayor o menor medida. En este caso la zona interior de la muralla tiene dos alternativas diferentes de acceso al adarve: con acceso a través de escalas o de rampa de tierra. Puede sorprender la escasa elevación que presenta la cara interior de la muralla, pero su altura se ha calculado a partir del volumen de derrumbe de su estructura. Esta fue depositada en el foso de modo prácticamente íntegro en la destrucción del *oppidum* por las tropas romanas tras su conquista (Vacas *et alii*, 2018). Por último, añadiendo elementos de *compositing*, ha sido posible realizar una imagen atractiva y completamente verídica que sirve como «ventana» al pasado (Vacas *et alii*, 2018). Con este procedimiento se está obteniendo una «reconstrucción virtual» fielmente basada en información contrastable. Este tipo de reconstrucción gráfica puede servir tanto para publicaciones científicas como para obras de divulgación para el público general. También permite su manipulación gráfica para generar infografías representando secciones o para destacar diferentes elementos del sistema defensivo (figura 2).

3. Del 2D al 3D

El trabajo de identificación y localización de las distintas estructuras defensivas del *oppidum* permitió realizar su cartografiado estándar (2D). En esta cartografía, en un espacio con curvas de nivel, se pudieron integrar los siguientes elementos: la línea de muralla y foso, las puertas, el sistema de multivallado vertical (en la ladera escarpada), el sistema de multivallado horizontal (en la base de la cima de la montaña), los espacios de necrópolis excavados y los puntos de agua geológicamente estables.

Posteriormente, a través del Plan Nacional de Ortografía Aérea (PNOA) se pudo conseguir un mayor detalle en una proyección que integraba el relieve del yacimiento y, por tanto, también el de su línea defensiva (figura 3). El avance fue especialmente significativo en lo que se refiere a las distintas líneas de multivallado, perfectamente integradas en el relieve de las laderas de la montaña. No obstante, el problema que planteaba este nuevo sistema era la inexistencia de una segunda cobertura en el sistema LiDAR, por lo que la calidad de los datos era insuficiente.

Para corregir los posibles defectos que tuviese la información PNOA y la nube de puntos LiDAR utilizada, se decidió llevar a cabo un filtrado de la información y un rasterizado que permitiesen la creación de un MDE (Modelo Digital de Elevaciones) de toda la superficie del yacimiento. A través del MDE se logró realizar un levantamiento digital completo en Blender, utilizando para ello el modificador Displace y como textura base el MDE del yacimiento (figura 4). Posteriormente se añadieron los sistemas de multivallado (empleando un color rojo), la muralla perimetral (en color azul) y algunas estructuras complementarias (en amarillo). De este modo se pudo obtener un modelo digital del terreno o cartografiado volumétrico (3D) del sistema defensivo del *oppidum* de Monte Bernorio.

4. Las reconstrucciones virtuales

Una vez se realizó el modelo digital del terreno base sobre el que se iban a reconstruir los distintos elementos defensivos del yacimiento, se procedió a la reconstrucción y recreación virtual de una serie de ellos. Este trabajo se desarrolló como parte de un proyecto de musealización del yacimiento, con trazado de un itinerario de visita explicado con carteles con texto e imágenes y un acceso a web a través de códigos QR para dispositivos móviles. Para el equipamiento gráfico de los carteles se realizaron cinco modelos.

En el *oppidum* de Monte Bernorio se han identificado dos puertas fortificadas con torre y una de trazado aparentemente más sencillo. Todas las puertas se construyen con un trazado de tipo «chicane», bien en tramo recto o en esquina, con entrada de tipo «acodada». Los modelos desarrollados fueron los siguientes:

4.1. La muralla y la puerta noroeste

Es una estructura compleja y parcialmente conservada. Esta entrada se construyó salvando un gran desnivel a través de las laderas acantiladas del lado norte integrando de forma notable la estructura de la muralla y el foso. Integra un camino con anchura para circulación de carros, pero con entrada acodada. Al igual que las otras dos puertas del *oppidum*, su modelo fue realizado mediante un levantamiento digital, en el cual se realizó una fotogrametría del terreno para, posteriormente, diseñar el sistema de muralla acompañada por el foso sobre el modelo digital del terreno generado anteriormente.

Las fotografías realizadas teniendo en cuenta las perspectivas visibles desde los puntos de vista sobre los que está construido el modelo son fundamentales para aportar cierto realismo a las infografías 2D que se extraen del modelo. No podemos olvidar que, aunque los modelos 3D ofrecen cierto dinamismo, actualmente no son igual de interactivos que las infografías 3D. Por último, el propio modelo general del terreno extraído del MDE (figura 5) se decoró con vegetación y elementos de *atrezzo* que otorgaban una mayor verosimilitud a los renderizados y permitían entender mejor cuál era el entorno en el que se realizaban este tipo de construcciones.

4.2. La muralla y la puerta norte

La puerta norte del *oppidum* está ubicada en unas escarpadas laderas acantiladas de la montaña. Cuenta con una rampa de acceso hasta la entrada extremadamente empinada, por lo que se tuvo que salvar un gran desnivel para su construcción. Esta puerta parece estar construida para facilitar el acceso a una serie de puntos de agua integrados en el sistema de multivallado. Dado lo accidentado de este lado de la ladera, su defensa es mucho más fácil que el resto de construcciones al estar protegida naturalmente por las laderas acantiladas.

Para su reconstrucción gráfica, se emplearon los mismos modelos 3D que mencionábamos en el caso anterior. Sin embargo, al tratarse de una estructura diferente, se tuvieron que utilizar distintos materiales virtuales y diversas técnicas de reconstrucción para que el resultado fuese el mejor posible (Cabezas Pérez y Carbajo Cubero, 2012; Sánchez-Climent, 2014). También se utilizaron fotografías reales de la zona desde la perspectiva del modelo 3D y se empleó el propio modelo digital del terreno, consiguiendo un resultado óptimo que permite entender de una manera más gráfica la sinergia que existe entre los distintos elementos defensivos del *oppidum* (figura 6).

4.3. La muralla y la puerta sur

Al igual que la puerta norte, la puerta sur se encuentra encajada por los acantilados naturales del yacimiento. Se construye con un desarrollo de tipo *chicane* adaptado a un trazado en esquina, lo que hace

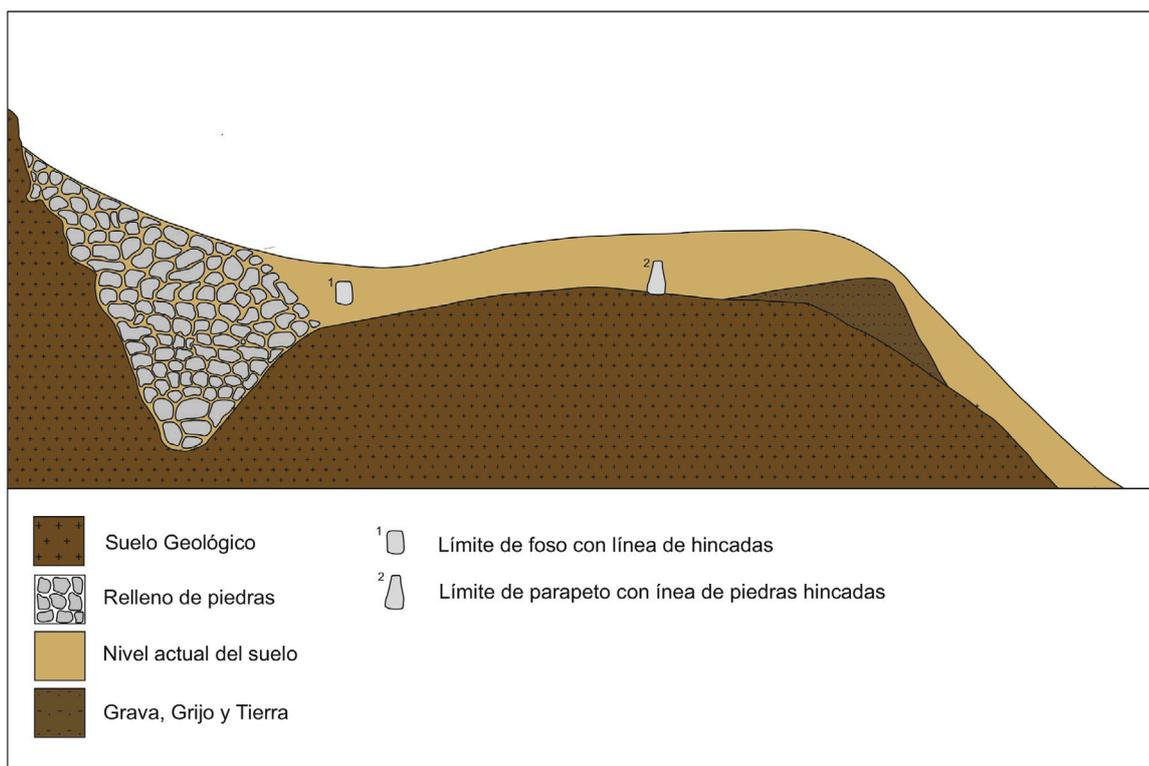
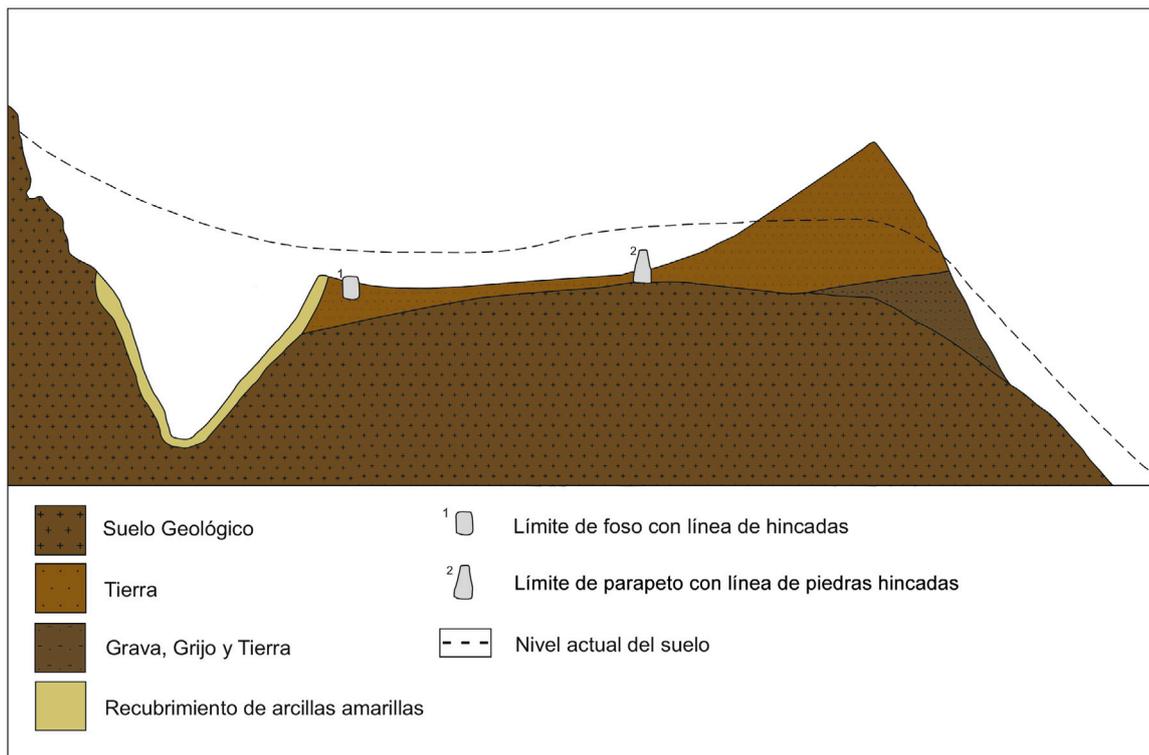


Figura 2. Croquis del sistema de foso más parapeto. La imagen de arriba hace referencia al estado original de las estructuras. La imagen de abajo al proceso de sedimentación y actual estado de las mismas. © Jesús F. Torres Martínez. Diseño gráfico de M. Galeano, equipo Monte Bernorio 2019

Figure 2. Sketch of the ditch and rampart system. The image above refers to the original state of the structures. The bottom image refers to the sedimentation process and the current state of the structures. © Jesús F. Torres Martínez. Graphic design by M. Galeano, Monte Bernorio team 2019

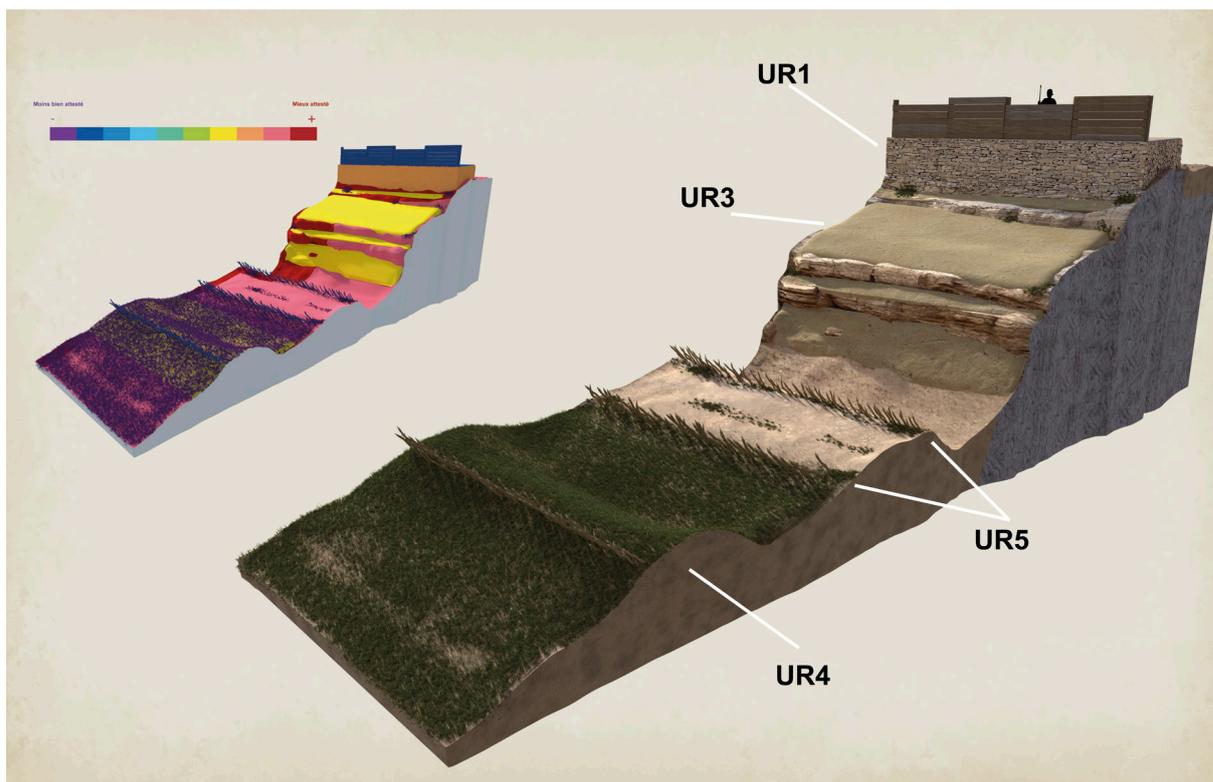


Figura 3. Reconstrucción 3D del sistema defensivo documentado en el megatranssect del Área 3 de Bernorio. © D. Vacas a partir de Vacas *et alii*, 2018: 683, fig. 3

Figure 3. 3D reconstruction of the defensive system documented in the Bernorio Area 3 megatranssect. © D. Vacas from Vacas *et alii*, 2018: 683, fig. 3

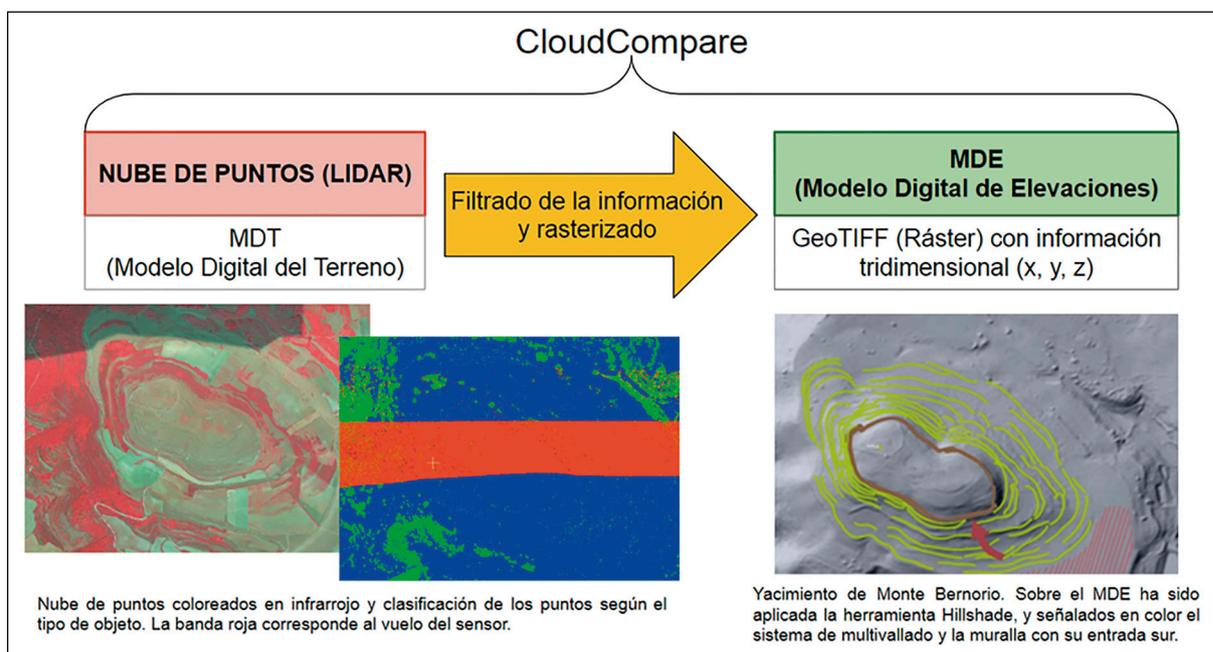


Figura 4. Proceso de filtrado de la información desde una nube de puntos LiDAR hasta la generación de un Mapa Digital de Elevaciones. © J. Mencía, equipo Monte Bernorio 2021

Figure 4. Process of filtering from a LiDAR point cloud to the generation of a Digital Elevation Map. © J. Mencía, Monte Bernorio team 2021



Figura 5. Abajo a la izquierda, plano esquemático de la puerta noroeste (equipo IMBEAC). El resto de la imagen se corresponde a la reconstrucción virtual desde fuera de la muralla de la puerta noroeste. © Jesús F. Torres Martínez. Diseño gráfico de M. Galeano, equipo Monte Bernorio 2021

Figure 5. Bottom left, schematic plan of the Northwest Gate (IMBEAC team). The remaining image corresponds to the virtual reconstruction from outside the wall of the Northwest Gate. © Jesús F. Torres Martínez. Graphic design by M. Galeano, Monte Bernorio team 2021

mucho más compleja su recreación. El trabajo realizado en la representación gráfica de esta puerta es muy similares al de la puerta noroeste (*vid.* apartado 4.1.), pero con sus propias particularidades. La puerta sur está mucho más arrasada que la noroeste, donde hay más estructura constructiva conservada. Por tanto, el resultado de la recreación de la puerta noroeste es más fidedigno, mientras que en el caso de la puerta sur el trabajo de reconstrucción se acerca, en gran medida, a una hipótesis. Al igual que el caso de la puerta norte, la puerta sur fue realizada a través de fotografías desde los puntos de vista donde estarían los modelos 3D en la realidad, así como el propio modelo digital del terreno (figura 7).

4.4. Sistema de multivallado vertical

El sistema defensivo del *oppidum* de Monte Bernorio se amplió en la Segunda Edad del Hierro. Para ello se excavaron fosos en los aterrazamientos naturales y las laderas y, con la tierra extraída, se construyen los parapetos o terraplenes de tierra, probablemente rematados con empalizadas. Estas líneas discontinuas de parapetos y fosos desarrollan un intrincado diseño concéntrico alrededor del núcleo del *oppidum*. En las laderas más escarpadas de Monte Bernorio este sistema se construye formando un sistema de aterrazamientos que verticaliza aún más el relieve.

Para su reconstrucción nos basamos en los resultados de las prospecciones combinadas con análisis de fotografía aérea sobre el terreno y las excavaciones. Una gran parte del trabajo desarrollado en la última etapa ha sido posible gracias a las reconstrucciones realizadas por D. Vacas, así como por la nueva información obtenida en las campañas arqueológicas más recientes (figura 8).



Figura 6. Abajo a la izquierda, plano esquemático de la Puerta Norte (equipo IMBEAC). El resto de la imagen se corresponde a la reconstrucción virtual desde fuera de la muralla de la Puerta Norte. © Jesús F. Torres Martínez. Diseño gráfico de M. Galeano, equipo Monte Bernorio 2021

Figure 6. Bottom left, schematic plan of the North Gate (IMBEAC team). The remaining image corresponds to the virtual reconstruction from outside the wall of the North Gate. © Jesús F. Torres Martínez. Graphic design by M. Galeano, Monte Bernorio team 2021

Para la elaboración de la proyección gráfica del multivallado vertical se recreó un levantamiento digital de un segmento a partir del fragmento ya reconstruido. Se empleó una estrategia *Jigsaw* o puzzle en la que se puede generar, en base a distintas posiciones de la misma pieza, un recorrido original del tamaño que se requiere en cada caso (Peñalver, 2016-2017). Además, se emplearon elementos de *attrezzo* tales como las estacas de madera de la empalizada o la cubierta vegetal que tendría.

4.5. Sistema de multivallado horizontal

Es muy similar al vertical, pero adaptado para los terrenos llanos de las plataformas de la base de la cima de la montaña (figura 9). Al igual que el sistema de multivallado vertical, el horizontal se realizó gracias a los trabajos de prospecciones y fotografía aérea. Para su desarrollo se ha empleado también el trabajo de reconstrucción de D. Vacas, así como los datos de las campañas arqueológicas más recientes.

5. Propuesta de difusión e itinerario de visita guiada con cartelería

Finalmente, las imágenes de las recreaciones se utilizaron en el sistema de cartelería del yacimiento instalado para identificar y explicar un itinerario de visita. En los carteles se combinan texto y material gráfico para ilustrar diversos aspectos del yacimiento. Para la realización de estos carteles se tuvieron en cuenta aspectos tales como la accesibilidad, la calidad y lo comprensible que resultaba la información o su disponibilidad a través de plataformas digitales (Arranz, 2011). Las imágenes de cada cartel explican estructuras cuyos restos están situados frente a los visitantes, que atienden a las explicaciones y el material gráfico.



Figura 7. Abajo a la izquierda, plano esquemático de la Puerta Sur (equipo IMBEAC). El resto de la imagen se corresponde a la reconstrucción virtual desde fuera de la muralla de la Puerta Sur. © Jesús F. Torres Martínez. Diseño gráfico de M. Galeano, equipo Monte Bernorio 2021

Figure 7. Bottom left, schematic plan of the South Gate (IMBEAC team). The remaining image corresponds to the virtual reconstruction from outside the wall of the South Gate. © Jesús F. Torres Martínez. Graphic design by M. Galeano, Monte Bernorio team 2021

Con este propósito, las propias reconstrucciones virtuales se desarrollaron a través de una serie de renderizados que permitieron la visualización 2D de los elementos constructivos. Para superar estas limitaciones, a través de varias perspectivas se ha podido explicar con detalle cada elemento arqueológico asociado. Las imágenes van acompañadas de un texto en tres idiomas (español, inglés y francés) así como un código QR (Martínez Usó y Cabrera García, 2014) que, como hemos explicado, permitiese ampliar la información del cartel en una página web asociada.

6. Conclusiones

La utilización de recreaciones y reconstrucciones en modelos 3D para la representación de bienes patrimoniales, especialmente arquitectónicos, es una de las nuevas aportaciones de la Arqueología a la puesta en valor de espacios arqueológicos (véase, por ejemplo, Moya-Maleno *et alii*, 2019). Las representaciones de la «Arqueología Virtual» son herramientas muy potentes, que permiten ayudarnos a transmitir una gran cantidad de información, de una manera rápida y muy visual, sobre cómo fueron los espacios arqueológicos en los que investigamos. Esto es especialmente útil en la generación de recursos gráficos para visitas guiadas a través de carteles (FIAV, 2012). También son muy útiles y eficaces, en general, en todas las formas de difusión del Patrimonio Arqueológico, ya que permiten poner a disposición del público general nuestros trabajos de investigación. Y es que, al fin y al cabo, es el público el verdadero receptor de este esfuerzo de representación realista del aspecto que tendrían las estructuras arqueológicas cuando estaban vigentes. Una ventana al pasado abierta al conjunto de la sociedad.

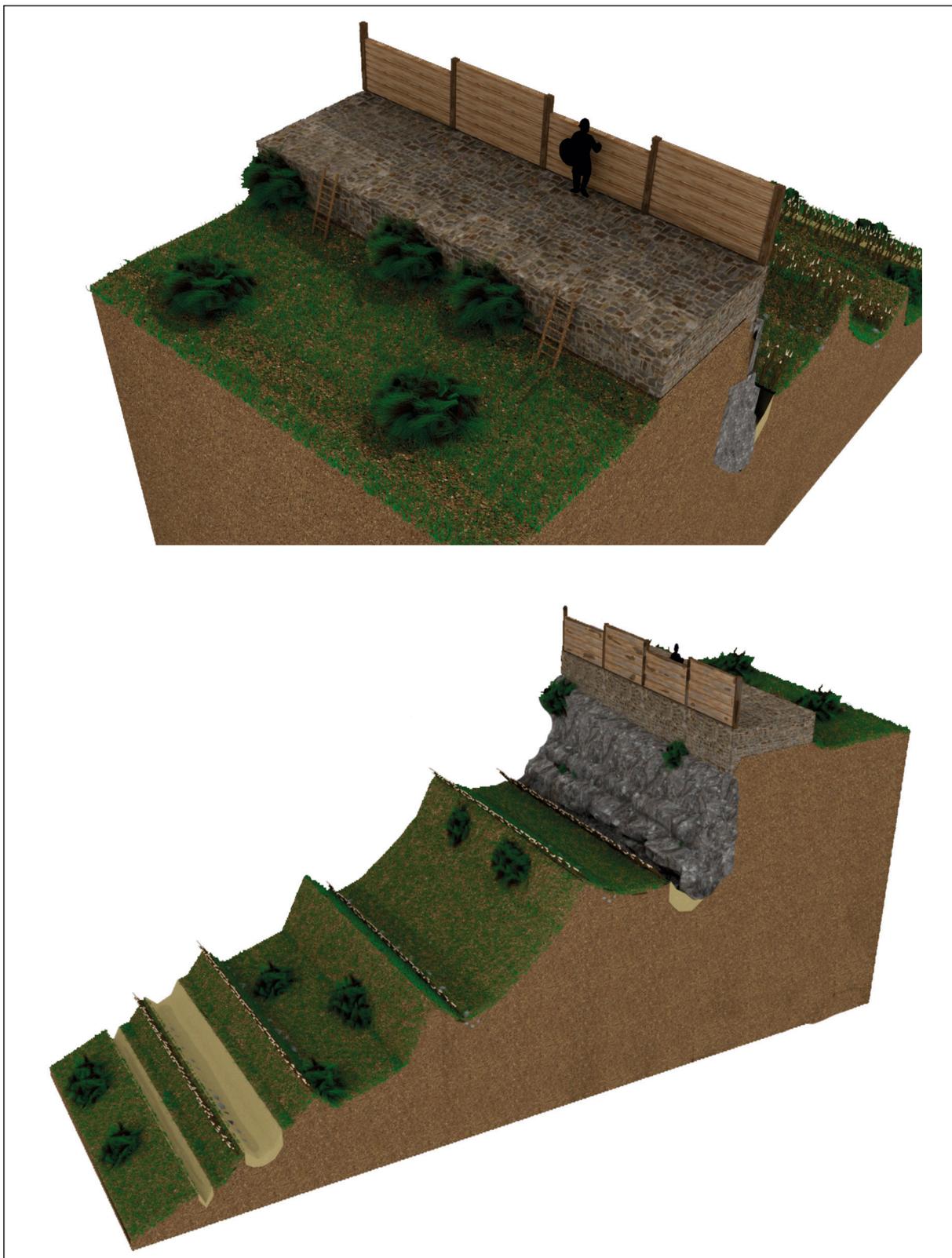


Figura 8. Reconstrucción 3D del sistema defensivo documentado en el megatranssect del Área 3 de Bernorio, segunda versión a partir de los nuevos datos. © Jesús F. Torres Martínez. Diseño gráfico de M. Galeano, equipo Monte Bernorio 2021

Figure 8. 3D reconstruction of the defensive system documented in the Area 3 megatranssect at Bernorio, second version based on the new data. © Jesús F. Torres Martínez. Graphic design by M. Galeano, Monte Bernorio team 2021

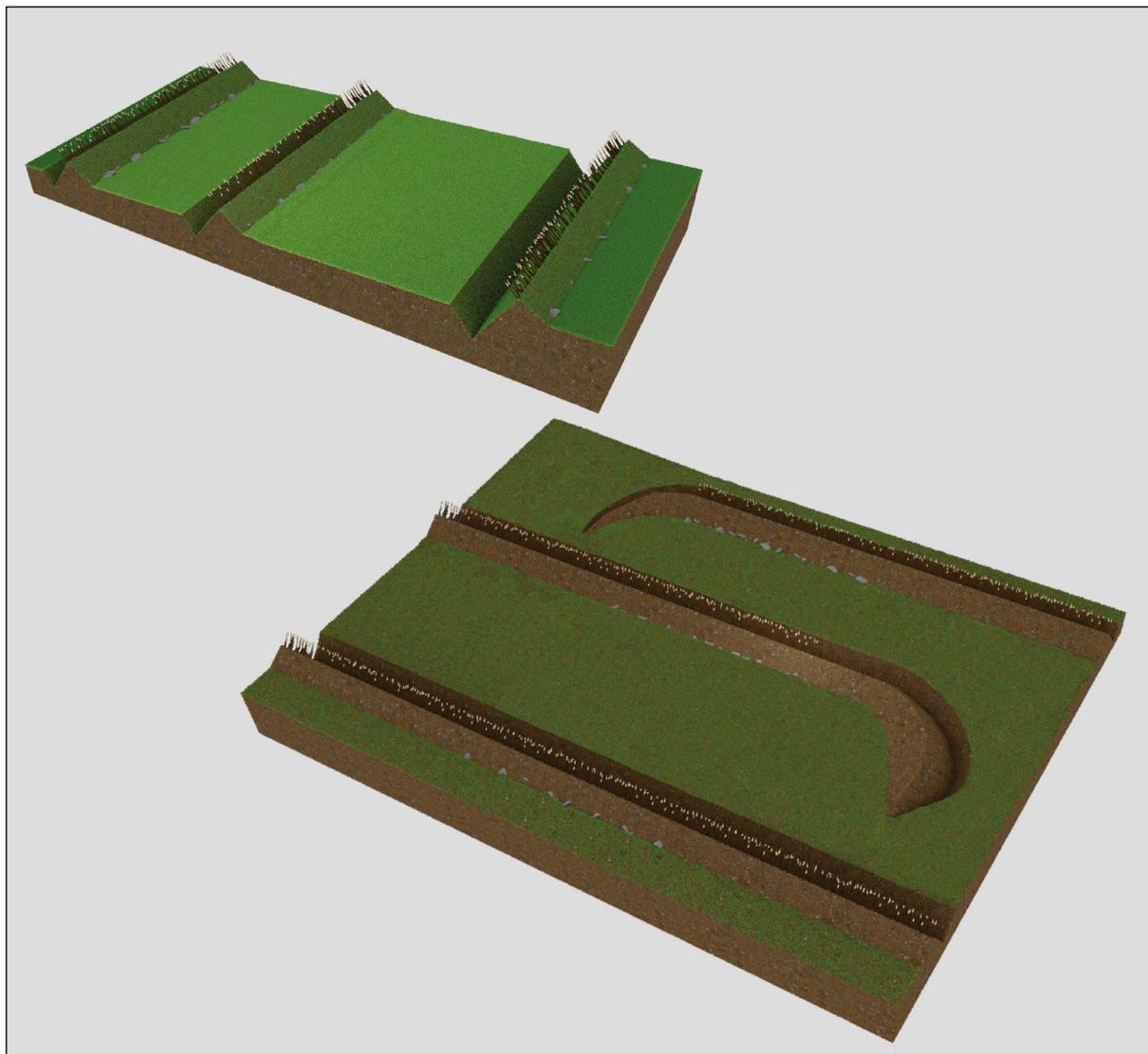


Figura 9. Reconstrucción 3D del sistema defensivo de multivallado horizontal a partir de la interpretación de imágenes aéreas y el trabajo de prospección terrestre. © Jesús F. Torres Martínez. Diseño gráfico de M. Galeano, equipo Monte Bernorio 2021

Figure 9. 3D reconstruction of the horizontal multivallate defensive system from aerial image interpretation and ground survey. © Jesús F. Torres Martínez. Graphic design by M. Galeano, Monte Bernorio team 2021

Bibliografía

- Aparicio-Resco, P. y Figueiredo, C. (2016): “El grado de evidencia histórico-arqueológica de las reconstrucciones virtuales: hacia una escala de representación gráfica”. *Revista Otarq*, 1: 235-247. <<https://doi.org/10.23914/otarq.voi1.96>>.
- Arranz, J. (2011): “Musealización de yacimientos arqueológicos en Castilla y León: la aportación de la empresa privada”. *Estudios del Patrimonio Cultural*, 7: 32-42.
- Cabezas Pérez, F. y Carbajo Cubero, C. (2012): “Nuevas aportaciones a la reconstrucción virtual del Castillo de Aguilar de la Frontera (Córdoba)”. *Virtual Archaeology Review*, 3(6): 103-106. <<https://doi.org/10.4995/var.2012.4457>>.

- FIAB, Forum Internacional de Arqueología Virtual (2012): *Principios de Sevilla. Principios Internacionales de la Arqueología Virtual*. <<http://smartheritage.com/wp-content/uploads/2016/06/PRINCIPIOS-DE-SEVILLA.pdf>>.
- Gisbert, A. (2018): “La arqueología virtual como herramienta didáctica y motivadora”. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 13: 119-147. <<https://doi.org/10.51302/tce.2019.287>>.
- Gutiérrez Cuenca, E. y Hierro Gárate, J. (2016): “Ángel de los Ríos y la primera exploración científica de Monte Bernorio”. *Sautuola*, XXI: 11-17.
- Martínez Usó, J. y Cabrera García, A. (2014): “Aplicación de las nuevas tecnologías para la difusión didáctica del patrimonio”. *Tejuelo: Didáctica de la Lengua y la Literatura. Educación*, 9: 779-788.
- Molina V. y Muñoz O. (2015): *Ficha UR*. Universidad de Alicante. <<http://hdl.handle.net/10045/46205>>.
- Moro, R. (1891): “El Monte Bernorio”. *Boletín de la Real Academia de la Historia*, XVIII: 432-437.
- Moya-Maleno, P.R., Galeano Prados, M., Díaz Serrano, A. y Torrejón Valdelomar, J. (2019): “Arqueología Virtual y Ciber-Arqueología: la implementación de las nuevas tecnologías en el Campo de Montiel”. En E. Navarro Justicia, F.J. Moya Maleno, C. Moya García, M.A. Serrano de la Cruz Santos-Olmo y P.R. Moya-Maleno (eds.): *Aportaciones a la investigación, gestión y difusión del patrimonio del Campo de Montiel*. Centro de Estudios del Campo de Montiel. Almedina: 87-105. <<https://doi.org/10.30823/recm.02019118>>.
- Peñalver, X. (2016-2017): “La muralla del poblado de Basagain (Anoeta, Gipuzkoa), hipótesis y reconstrucción virtual”. *Kobie. Paleoantropología*, 35: 169-182.
- San Valero, J. (1944). *Excavaciones Arqueológicas en Monte Bernorio Palencia. Primera Campaña, 1943*. Informes y Memorias, 5. Ministerio de Educación Nacional. Madrid.
- San Valero, J. (1960). *Monte Bernorio. Aguilar de Campoo Palencia. Campaña de Estudio en 1959*. Excavaciones Arqueológicas en España, 44. Ministerio de Educación Nacional. Madrid.
- Sánchez-Climent, A. (2014): “Límites y posibilidades de la Arqueología Virtual en la reconstrucción y digitalización de cerámica arqueológica a través de programas de edición 3D” [Conferencia]. *V Jornadas Doctorales de la Universidad de Castilla-La Mancha*.
- Torres-Martínez, J.F. (2015): “El ataque a Monte Bernorio, Villarén, Pomar de Valdivia, Palencia”. En J. Camino, E. Peralta y J.F. Torres-Martínez (coords.): *Las Guerras Ástur-cántabras*. KRK Ediciones. Gijón: 111-130.
- Torres-Martínez, J.F. y Domínguez, S. (2008): “Monte Bernorio (Palencia): siglo I a.C./1936-1937 d.C. Arqueología de un campo de batalla”. *Complutum*, 19(2): 103-117.
- Torres-Martínez, J.F., Martínez-Velasco, A. y Serna, M. (2013): “El oppidum de Monte Bernorio Villarén, Palencia. Una ciudad fortificada de la Edad del Hierro en la Montaña Palentina”. *Colección de Historia de la Montaña Palentina*, 7: 11-86.
- Torres-Martínez, J.F., Fernández-Götz, M., Martínez-Velasco, A., Cabanillas de la Torre, G., Vacas, D. y Martín Hernández, E. (2015): “Las fortificaciones protohistóricas del área cantábrica: aspectos defensivos, sociales y simbólicos”. *Gallaecia*, 34: 57-82.
- Torres-Martínez, J.F., Teichner, F., Fernández-Götz, M. y Vallés, J. (2016a): “Resultados de las prospecciones geomagnéticas desarrolladas en el oppidum de Monte Bernorio (Pomar de Valdivia, Palencia)”. *Trabajos de Prehistoria*, 73(2): 365-376. <<https://doi.org/10.3989/tp.2016.12180>>.
- Torres-Martínez, J.F., Fernández-Götz, M., Martínez-Velasco, A., Vacas, D. y Rodríguez, E. (2016b): “From the Bronze Age to the Roman Conquest: The Oppidum of Monte Bernorio (Northern Spain)”. *Proceedings of the Prehistoric Society*, 82: 363-382. <<https://doi.org/10.1017/ppr.2016.11>>.
- Torres-Martínez, J.F., Fernández-Götz, M., Teichner, F., Martínez-Velasco, A., Vacas, D. y Luis, S. de. (2016c): “El oppidum de Monte Bernorio Palencia. Resultados de las campañas arqueológicas de 2004-2014”. *Madrideder Mitteilungen*, 57: 246-272.

- Torres-Martínez, J.F., Fuentes, A., Domínguez, S., Rodríguez, A., Hamann, C., Fernandes, R., Martínez-Velasco, A., Serna, M. y Sobremazas, J.M. (2017): “El fenómeno funerario en la Edad del Hierro del Cantábrico. Un nuevo espacio ritual en la necrópolis de Monte Bernorio (campañas de excavación de 2007 y 2008)”. *Lvcentvm*, XXXVI: 105-128. <<https://doi.org/10.14198/LVCENTVM2017.36.07>>.
- Torres-Martínez, J.F., Fernández-Götz, M., Martínez-Velasco, A., Cabanillas de la Torre, G., Vacas, D. y Martín Hernández, E. (2018): “Architectures fortifiées de l’âge du Fer dans le nord de la péninsule ibérique”. En A. Villard-Le Tiec, Y. Menez y P. Maguer (eds.): *Architectures de l’âge du Fer en Europe occidentale et centrale. Actes du 40e colloque international de l’Association française pour l’étude de l’âge du Fer (Rennes, 4-7 mai 2016)*. Presses universitaires de Rennes. Rennes: 221-237.
- Torres-Martínez, J.F., Fernández-Götz, M., Hernández-Tórtolas, A. y Martínez-Velasco, A. (2021a): “Conflict on the Northern Front: Archaeological Perspectives on the Spanish Civil War at Monte Bernorio, Palencia, Spain”. *International Journal of Historical Archaeology*, 25: 192-206. <<https://doi.org/10.1007/s10761-020-00555-7>>.
- Torres-Martínez, J.F., Fernández-Götz, M., Domínguez, S., Martínez-Velasco, A., Vacas, D., Serna, M., Cabanillas de la Torre, G., Galeano, M. y Fernandes, R. (2021b): “‘Invisible Burials’ and Fragmentation Practices in Iron Age Europe: Excavations at the Monte Bernorio Necropolis (Northern Spain)”. *Journal of Field Archaeology*, 46(6): 399-413. <<https://doi.org/10.1080/00934690.2021.1924435>>.
- Vacas, D., Rodríguez E. y Torres-Martínez J.F. (2015): “Documentation and preservation of an Iron Age site through photogrammetry: the case of Monte Bernorio”. *2015 Digital Heritage*: 67-70. <<https://doi.org/10.1109/DigitalHeritage.2015.7413836>>.
- Vacas, D., Torres-Martínez, J.F., Fernández-Götz, M. y Martínez-Velasco, A. (2018): “Techniques d’enregistrement et de visualisation 3D dans le projet «Monte Bernorio dans son environnement»”. En A. Villard-Le Tiec, Y. Menez y P. Maguer (eds.): *Architectures de l’âge du Fer en Europe occidentale et centrale. Actes du 40e colloque international de l’Association française pour l’étude de l’âge du Fer (Rennes, 4-7 mai 2016)*. Presses universitaires de Rennes. Rennes: 681-684.