
MONOGRÁFICO: TECHNOHERITAGE 2019. 4TH INTERNATIONAL CONGRESS SCIENCE AND TECHNOLOGY FOR THE CONSERVATION OF CULTURAL HERITAGE. SELECCIÓN DE CONTRIBUCIONES / *TECHNOHERITAGE 2019. A SELECTION OF CONTRIBUTIONS*

Implementación SIG de modelos analíticos predictivos del sistema castramental dispuesto por el concejo de Sevilla en torno a la Vía de la Plata en la Baja Edad Media*

GIS-based predictive analytical models of the castramental system established by the Seville council around Vía de la Plata in the Late Middle Ages

Juan José Fondevilla¹
Grupo HUM-799. Universidad de Sevilla

Timoteo Rivera Jiménez²
Grupo HUM-838. Universidad de Huelva

Antonio Luis Ampliato Briones³
Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica. ETS de Arquitectura de Sevilla

RESUMEN

El artículo define aspectos metodológicos e instrumentales del modelo predictivo diseñado para el análisis del sistema castramental dispuesto por el concejo de Sevilla en la Baja Edad Media en torno a la Vía de la Plata. Para ello, se realizó una aproximación hermenéutica a los patrones de fortificación de este territorio histórico, identificando los factores determinantes en la implantación espacial que permitiesen inferir pautas locacionales. El objetivo fue la detección de torres, atalayas u otras estructuras defensivas satelitales que complementasen el sistema nuclear en torno al que se vertebraba este espacio castral evaluando el modo en que tales arquitecturas interaccionaban con las fortalezas conocidas. Para su caracterización se abordaron diversos análisis geoespaciales de intervisibilidad y transitabilidad espacial. Significando el hallazgo arqueológico de la Torre del Alto del Viso, resultante de la prospección de una de las áreas de alta potencialidad, se aporta el estudio comparando de los resultados analíticos soportados en cartografía predictiva derivada de la implementación a través de SIG de las distintas modelizaciones: booleana, resultante de una combinación binaria por álgebra de mapas; EMC, fundada en la superposición ponderada de variables normalizadas; Superposición Difusa, resultante de la aplicación de la lógica difusa al proceso analítico.

Palabras clave: fortificación del territorio; análisis geoespacial SIG; EMC; lógica difusa.

ABSTRACT

The article defines methodological and instrumental aspects of the predicted model designed for the analysis of the castramental system arranged by the council of Seville in the Late Middle Ages around the Vía de la Plata. A hermeneutical approach to the fortification patterns of the historical territory was carried out, identifying factors of spatial implantation that allowed to infer locational patterns. The main aim was to identify towers, watchtowers and others defensive structures that could complete the nuclear system that originated this castral space by evaluating how these constructions were related to those known fortresses. In order to feature them, diverse inter-visibility and walkability geospatial analyses were undertaken. Evaluating the archaeological finding of the tower of Alto del Viso, resulting from the prospecting of one of the high potential areas, the comparative study of the analytical results supported in predictive cartography derived from GIS implementation of the different models is

* El presente artículo se enmarca dentro del Proyecto I+D+i (HAR2016-78113-R) financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad para el período 2017-2019: "Tutela Sostenible del Patrimonio Cultural a través de modelos digitales BIM y SIG. Contribución al conocimiento e innovación social", cuyo investigador principal es D. Francisco Pinto Puerto. Investigaciones llevadas a cabo en el seno del grupo de investigación HUM799 de la Universidad de Sevilla afectas a la tesis doctoral dirigida por el catedrático del Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica D. Antonio Luis Ampliato Briones. Todas las ilustraciones corresponden a desarrollos gráficos elaborados por el autor Juan José Fondevilla Aparicio.

¹ jjfond@gmail.com / ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-0620-6267>

² tinorivera17@gmail.com / ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-9064-0682>

³ alab@us.es / ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-8712-1099>

provided: Boolean, resulting from binary combination by map algebra; MCE, founded on the weighted superposition of normalized variables; fuzzy overlay, resulting from the application of fuzzy logic to the analytical process.

Key words: fortification of the territory; GIS-based geo-spatial analysis; MCE; fuzzy logic.

Recibido: 03-02-2020. Aceptado: 08-04-2020. Publicado: 14-04-2021

Cómo citar este artículo / Citation

Fondevilla, J. J., Rivera Jiménez, T. y Ampliato Briones, A. L. 2021: "Implementación SIG de modelos analíticos predictivos del sistema castramental dispuesto por el concejo de Sevilla en torno a la Vía de la Plata en la Baja Edad Media", *Arqueología de la Arquitectura*, 18: e111. <https://doi.org/10.3989/arq.arqt.2021.003>

Copyright: © CSIC, 2021. © UPV/EHU Press, 2021. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia de uso y distribución Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

1. BREVE CONTEXTO HISTÓRICO

Tras la conquista, en 1248, de la que fuera antigua capital del califato almohade por el monarca castellano leonés Fernando III, después del largo asedio al que fue sometida *Išbīliya* (García Sanjuán 2017: 22), su hijo, Alfonso X concedería al concejo de Sevilla, en 1253, un vasto alfoz que representaba el límite espacial de sus dominios. Se incluían en él amplios territorios ubicados al norte de la capital hispalense, sede de la autoridad concejil, a la que la monarquía encomendará la guarda y defensa de toda su *Tierra*.

La labra a finales del s. XIII de las fortalezas erigidas en el límite noroccidental del alfoz de Sevilla, integradas en la red castramental conocida historiográficamente como la Banda Gallega, respondió en origen a la necesidad de demarcar la jurisdicción de la Tierra de Sevilla en un ámbito fuertemente ruralizado y débilmente poblado, falto de articulación defensiva que aportase debida cohesión espacial (Casquete de Prado 1994: 181). Ultimada la conquista militar de este territorio histórico y derivada de la propia secuencia espacial en que hubo de materializarse la misma, surgió un conflicto territorial entre el concejo de Sevilla y las órdenes militares del Hospital, del Temple y de Santiago que motivó la necesidad de construcción de los castillos de Cumbres y Santa Olalla (García Fitz 1998: 231), viniendo a constituir tales *limes* demarcatorios de las tierras de realengo y las encomiendas a tales órdenes militares una "franja de fricción" derivada de la "falta de polarización, de delimitación nítida de zonas de influencias entre los centros de población y de jurisdicción importantes" (García Fitz 1998: 261).

El proceso de "encastillamiento" persiguió no solo la reorganización del poblamiento frágil y disperso de estos espacios de frontera sino también "la ocupación de facto de sectores fronterizos de dudosa pertenencia

a Castilla" (González Jiménez 1989: 222). Se persiguió así fijar población en estos espacios periféricos, alejados de toda centralidad ostentada por la capital concejil, para garantizar la integridad de sus dominios y su control político y fiscal. Operando ya en el s. XIV, en el contexto de las hostilidades con el vecino reino de Portugal derivadas de las reclamaciones territoriales en virtud de sendos derechos de conquista, vinculadas a la "cuestión del Algarve", una labor defensiva determinante frente a eventuales incursiones provenientes de la *Raya* lusa. Estas fortalezas de la Banda Gallega operaron un control estratégico de la vereda de Portugal materializado a través de la interacción visual de la fortaleza de Encinasola, ubicada a pocas leguas de la frontera, con las de Cumbres de San Bartolomé y Cumbres Mayores, así como procurando la vigilancia de la rivera del Múrtiga a través del castillo de Torres una vez que el mismo, construido en origen por la Orden del Hospital para la Corona de Portugal, pasó a la jurisdicción castellana (Fondevilla 2019).

Esa situación de vulnerabilidad cierta de su límite septentrional se tradujo en la puesta en marcha por el concejo de Sevilla de un programa constructivo que en este concreto ámbito geográfico se iniciaría con la erección de la imponente fortaleza de Santa Olalla del Cala (Valor y Casquete de Prado 1994: 478), cuya construcción fue autorizada por la cancellería real de Sancho IV de Castilla, en virtud del privilegio suscrito en la villa de Toro, el 4 de noviembre de 1293, por el que se autorizaba al concejo de Sevilla a la construcción de dos castillos para la protección de sus fronteras "uno en *las Cumbres* e otro en *Santaolalla*" (AMS, Secc. 1º, cap. 4º, fol. 30), decretando el cobro durante seis años de quinientos maravedís de las tercias reales en los lugares de Almadén de la Plata, Cala, El Real de la Jara, Santa Olalla del Cala y Cumbres Mayores.

El límite septentrional del alfoz de Sevilla lindaba con territorios afectos a la encomienda de la Orden Militar de Santiago, integrados en el priorato de San Marcos de León, surcados por la principal vía de penetración que unía el valle del Guadalquivir con la meseta, la Vía de la Plata. Esta antigua calzada romana, ajustando su trazado, mantuvo su vigencia funcional en la Baja Edad Media, articulando en sentido vertical este espacio geográfico, que representaba la principal arteria de penetración espacial sobre el reino de Sevilla, no solo dotada de dimensión militar sino preeminentemente vinculada a funcionalidades ligadas al comercio y tránsito de mercancías, personas y ganado.

Su traza respondía a un eje franco que, atravesando las estribaciones montañosas de la Baja Extremadura avanzaba hacia el sur adentrándose en las altiplanicies que circundaban la capital hispalense, conduciendo directamente hacia una Sevilla que pronto entendería la necesidad imperiosa de procurar un control estratégico sobre la misma, al objeto de garantizar la integridad te-

ritorial de sus dominios, así como habilitar un control fiscal sobre el tránsito de ganado y mercancías. En tal sentido resultaba relevante la tributación en concepto de portazgo del ganado trashumante que suponía un ingreso relevante para las arcas del concejo de Sevilla en esta demarcación de la Sierra de Aroche.

Estas fortalezas aportaron también protección frente a los malhechores que asaltaban sus caminos (Casquete de Prado 1994: 173; Valor y Casquete de Prado 1994: 478). Por tales funcionalidades de protección ofrecida a sus pobladores y a quienes transitaban por caminos históricos como el de El Realejo o la propia Vía de la Plata, se concedió en 1273 franqueza por parte de Sevilla a El Real de la Jara, denotando con ello su relevancia en la estrategia de fijación de población en la zona y en la securización de itinerarios de tránsito (Casquete de Prado 1994: 181).

La triangulación defensiva sobre la Vía de la Plata se completaría con la construcción, a lo largo del s. XIV, de las fortificaciones de El Real de la Jara y Cala, que ulti-

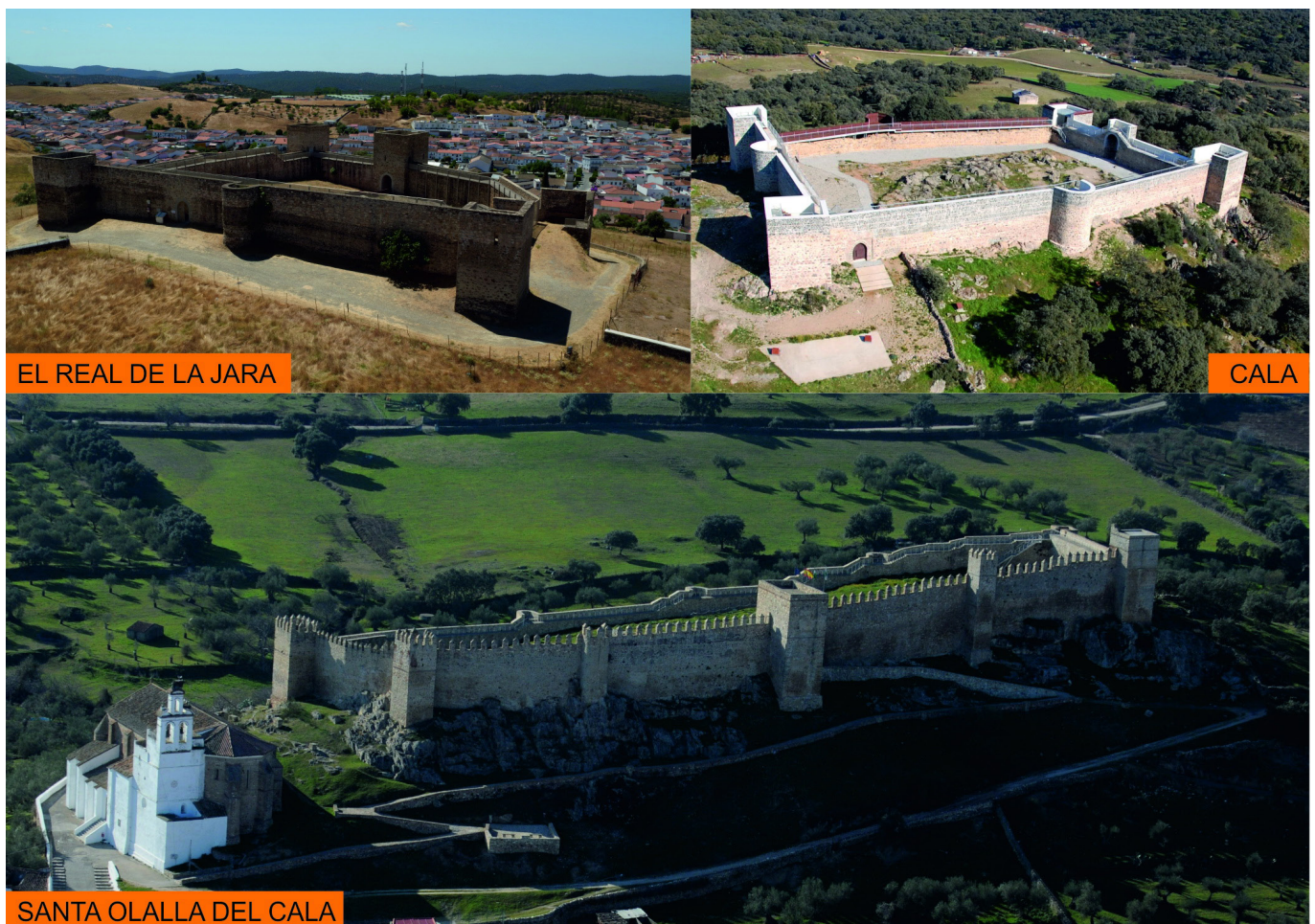


Figura 1. Imagen aérea de las fortalezas de Cala, Santa Olalla del Cala y el Real de la Jara.

man el dibujo poliarcético (Fig. 1) estando interconectadas visualmente entre sí (Romero y Rivera 2004; Fondevilla, Romero y Rivera 2012; Fondevilla 2016: 195). Sin embargo, la interconexión visual entre esta tríada de fortalezas no era total, dado que desde el castillo de Santa Olalla era nítidamente perceptible el de El Real de la Jara, pero no el de Cala, ocultado por el obstáculo visual que representa la Sierra del Cerrado. Desde el Real de la Jara, sí resultaban visibles tanto la fortaleza de Cala como la de Santa Olalla, sirviendo de enlace que posibilitaba la interconexión indirecta entre ellas.

2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

El objetivo de la investigación abordada consistió, en primera instancia, en el análisis geoespacial preciso del sistema poliarcético conocido, diseñado para el control estratégico de este espacio geográfico, estudiando las interacciones espaciales entre fortalezas y sus relaciones de intervisibilidad, para el control visual del territorio histórico. Una vez analizado este, el segundo objetivo fue establecer una metodología predictiva destinada a identificar áreas de alta probabilidad de existencia de nuevas arquitecturas defensivas complementarias res-

pecto de la red de fortalezas existentes no detectadas hasta la fecha. Se optó para tal fin por el uso de metodologías de Evaluación Multicriterio (EMC) implementadas a través de Sistemas de Información Geográfica (SIG) (Barredo 1996). El primero de los apartados referente al análisis geoespacial fue ya abordado en detalle en una publicación específica (Fondevilla, Rivera y Ampliato 2018). Es por ello que en este artículo centraremos la atención en la metodología utilizada para la producción de la cartografía predictiva, identificando variables espaciales que puedan constituir factores coadyuvantes o limitantes.

La cuenca visual acumulada (Wheatley 1995; Wheatley y Gillings 2000, 2002) de las fortalezas de Cala, Santa Olalla del Cala, El Real de la Jara y Almadén de la Plata, define un área de interacción visual entre ellas, gradándose el espacio controlado entre los valores 0 y 4 según el número de castillos desde el que es visto esa determinada celda del MDE rasterizado (Fig. 2). Los valores nulos ilustran espacios desde los que no existe interconectividad visual. Si lo que se busca es la existencia de una posible fortaleza que complemente el dibujo defensivo reforzando el control sobre el territorio, la misma ha de estar conectada visualmente al resto de la red de fortalezas, para que puedan interaccionar conformando

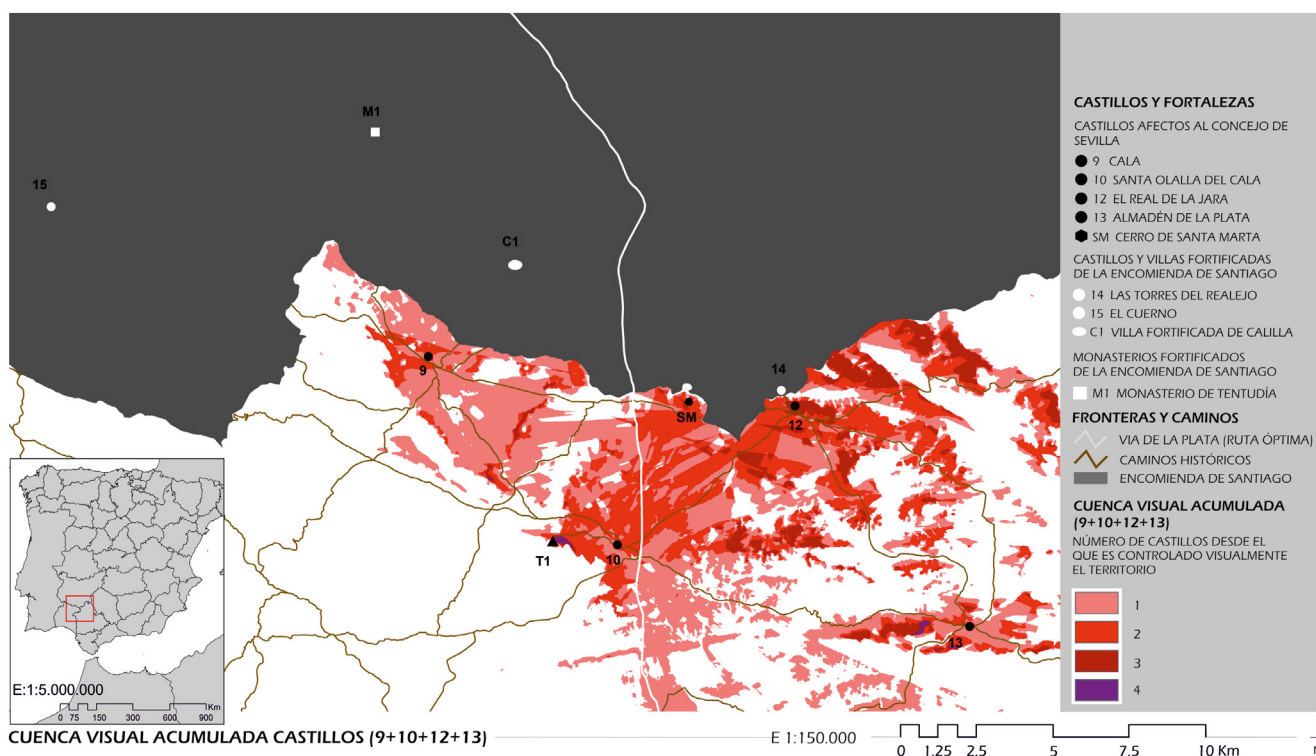


Figura 2. Contexto territorial. Cuenca visual acumulada de las fortalezas de Cala, Santa Olalla del Cala, El Real de la Jara y Almadén de la Plata.

un sistema defensivo coherente. Es por ello que aquellos espacios en los que el valor era nulo quedaron excluidos del análisis. Por el contrario, el resto de espacios que resultaban visibles por una, dos, tres o las cuatro fortalezas se incorporaron como factores gradando su peso en función del número de enclaves fortificados desde el que era controlado ese espacio geográfico.

La primera labor abordada fue la del modelado espacial, generando un Mapa Digital de Elevaciones (MDE) a partir de las isohipsas de la Base Topográfica Nacional a escala 1:25.000 (BTN25), en formato shapefile (ETRS89-29N) del Instituto Geográfico Nacional (IGN), construyendo un TIN (Triangular Irregular Net) vectorial, obtenido por triangulaciones de Delaunay dispuestas entre los vértices orográficos que definen la morfología de la superficie, y rasterizando a continuación el mismo para obtener un MDE ráster con una resolución adaptable a las distintas escalas de análisis. Para estos geoprocementos se optó por una resolución de 5 m de tamaño de la celdilla, definiendo ámbitos de análisis territorial de 25 m². Sobre este relieve orográfico se georeferenciaron las entidades espaciales y se vectorizaron y trazaron sus geometrías y su topología espacial, a la cual se vincularon los atributos temáticos descriptivos, conformando un modelo híbrido o georrelacional.

Por geoprocementos espaciales se obtuvieron las variables orográficas del territorio así modelizado, rasterizándose a la misma precisión del MDE a efectos de su consideración en los respectivos procedimientos analíticos, junto al resto de variables ambientales y culturales (Fernández Cacho 2009: 25). Como factores de estudio se tomaron en consideración la elevación orográfica, la pendiente orográfica, la proximidad a la red hidrográfica, la distancia a limes demarcatorios o fronteras interiores históricas y la distancia al principal eje de vertebración territorial, la Vía de la Plata, en su trazado histórico que no es exactamente coincidente con la actual autovía ni con el de la carretera nacional. Para el cálculo de las distancias a la red hidrográfica, como el parámetro de estudio era el de proximidad espacial se optó por calcular *buffers* de distancia recta o euclidiana. Por el contrario, dada la anisotropía del medio físico, fuertemente marcado por su relieve orográfico, como parámetro de cálculo para evaluar las distancias de recorrido a las fronteras o límites y a la Vía de la Plata, se acudió al concepto de distancias ponderadas, considerando la relación entre distancia y coste de desplazamiento espacial (Llobera 2000; Llobera y Sluckin 2007; Murrieta 2012) según niveles de impedancia o resistencia al desplazamiento.

Para la obtención de los valores sintéticos de impedancia espacial (Bermúdez 2004; López Romero 2005; Herzog 2013) se elaboró una capa de fricción o rugosidad, por álgebra de mapas, combinando la pendiente y la curvatura orográfica que afecta a la velocidad y la dirección de desplazamiento, definiendo gradientes de tránsito espacial que vinculan los parámetros de distancia-coste. Las redes hidrográficas se estratificaron en función de su caudal, asignando a las mismas valores de impedancia que condicionaban el tránsito. No existen en este ámbito geográfico cauces de suficiente escala como para conformar barreras infranqueables, se trata de una red hidrológica cuyo caudal y escurrimientos de marcado régimen estacional. Para el desarrollo de las fases metodológicas del proceso EMC, estos factores se normalizaron y estandarizaron (Fig. 3) para que resultasen superponibles espacialmente y operables por álgebra de mapas. Cada factor se correspondía así con entidades geográficas estructuradas en capas temáticas que permitían ser procesadas para abordar la resolución de los problemas espaciales complejos a cuyas solicitudes se les sometió en el contexto de este estudio (Malczewski 1999: 97).

Para el desarrollo del procedimiento EMC, implementado a través de tecnologías SIG, en esta investigación se optó por un modelo compensatorio aditivo (Barba-Romero y Pomerol 1997) para la evaluación de alternativas, instrumentalizados a través del método de Sumatoria Lineal Ponderada (SLP), en virtud del cual cada alternativa de estudio se halla por sumatoria de las sucesivas multiplicaciones de cada factor normalizado por sus respectivos pesos. El resultado de este procedimiento fue la obtención de cartografía predictiva resultante de la combinación, por álgebra de mapas, de las distintas capas de información sometidas a un geoprocementos espacial de superposición ponderada en base a los pesos y criterios de estudio referidos (Fig. 4).

Los análisis anteriores se refieren a operaciones llevadas a cabo sobre conjuntos nítidos o discretos integrados por cada uno de los factores de estudio. En la investigación, a efectos de depurar aún más el modelo analítico, se optó por incluir metodologías aditivas fundadas en los principios de la lógica borrosa. Esta aplicación de la lógica borrosa al proceso analítico permitió definir un sistema multivaluado que opera una transición suave entre los límites de las categorías de los factores de estudio (Borrough 1989).

La asignación y superposición borrosa requiere la previa definición del modelo en términos lingüísticos

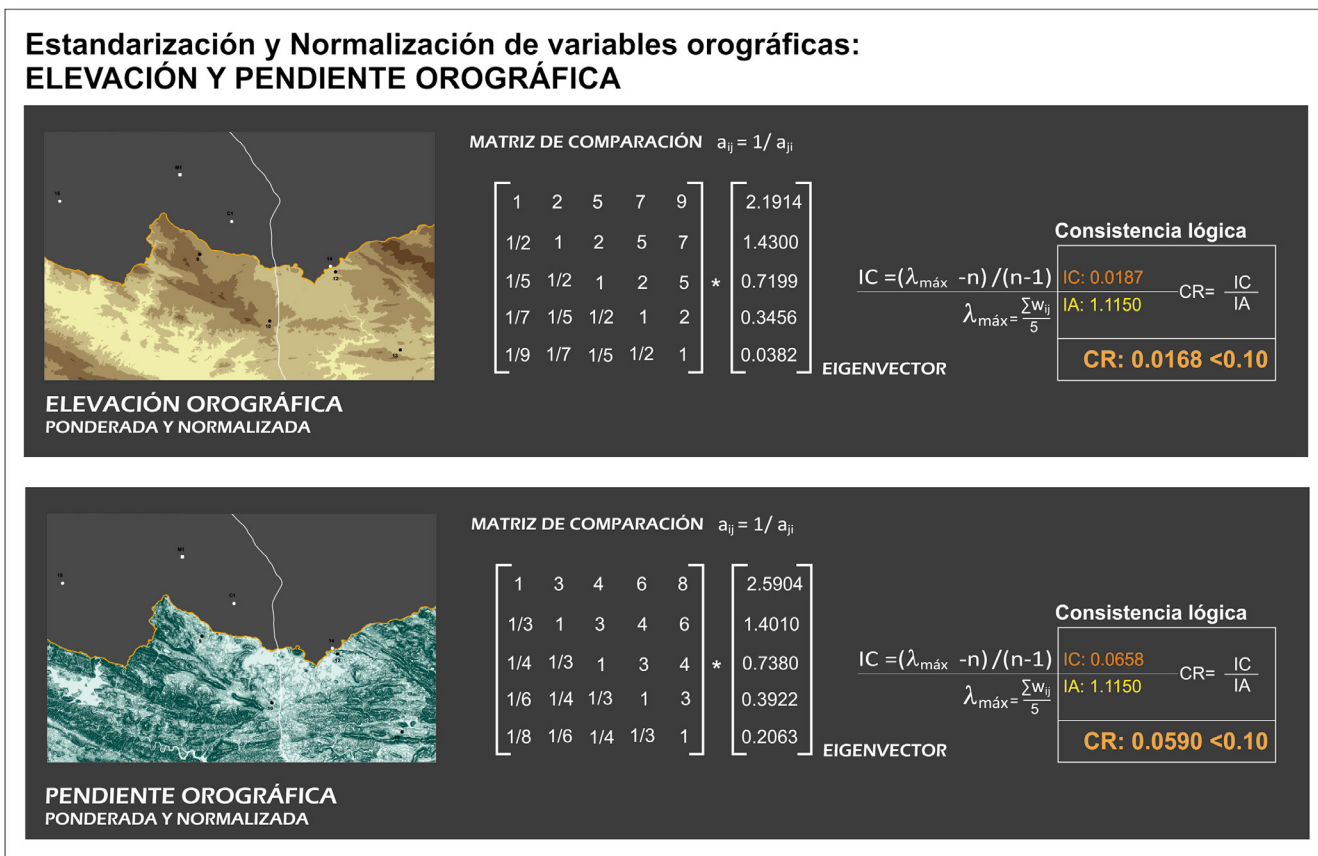


Figura 3. Estandarización y normalización de variables orográficas: Elevación y Pendiente orográfica. Matrices de comparación y cálculo de índice de consistencia lógica.

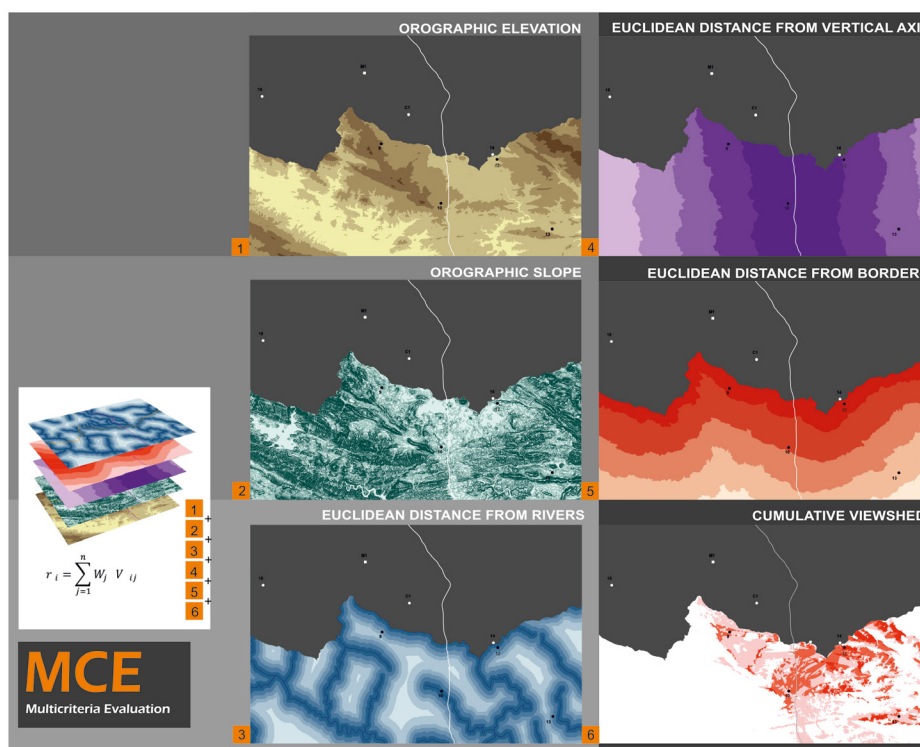


Figura 4. Método SLP formulado para la Evaluación Multicriterio de las variables de estudio.

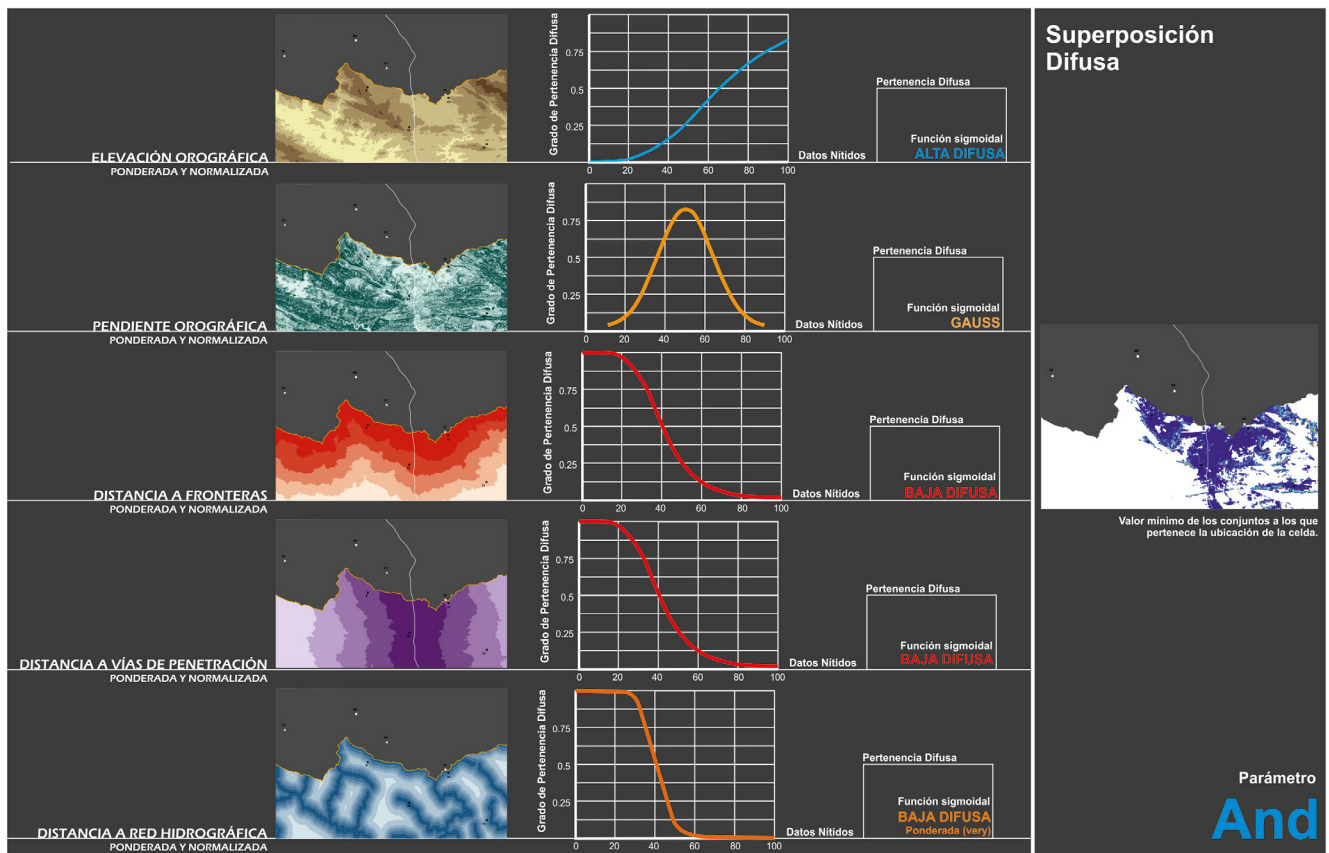


Figura 5. Asignación a las variables de funciones de pertenencia borrosa (Fusificación).

(Zadeh 1968). La “fusificación”, o conversión de las variables nítidas en variables borrosas o difusas, precisó la determinación de los grados de pertenencia de cada variable a cada conjunto borroso a través de la asignación de funciones de pertenencia borrosa $\mu_A(x)$ (Borough y McDonnell 1998) (Fig. 5).

3. RESULTADOS ANALÍTICOS

3.1. Resultados analíticos del procedimiento EMC de variables discretas

La Superposición Lineal Ponderada arroja unas áreas potenciales gradadas en rangos de potencialidad (1-8) que, en su tramo máximo, correspondiente con la mayor probabilidad de existencia de una fortaleza, define un valor de 6,99 ha, representando un 0,02 % del área total de estudio, que se corresponde con un espacio geográfico de 31.190,37 ha (Fig. 6).

3.2. Resultados analíticos del procedimiento de superposición booleana binaria

La superposición booleana da como resultado un mapa predictivo bivaluado, en el que cada celdilla obtiene un valor binario (0 para la potencialidad nula y 1 para los suelos aptos). El modelo arroja como aptos una superficie de 1.207,50 ha, que se corresponde con un 4 % del ámbito geográfico evaluado (Fig. 7).

3.3. Resultados analíticos del procedimiento de Superposición Borrosa de variables continuas fusificadas

La Superposición Borrosa da como resultado un mapa predictivo que representa áreas potenciales de presencia de fortalezas que adopta valores continuos dentro del intervalo $[0,1]$. “Desfusificando” los datos resultantes y reclasificándolos en 9 rangos obtenemos para la mayor área potencial una superficie de 14,93 ha que

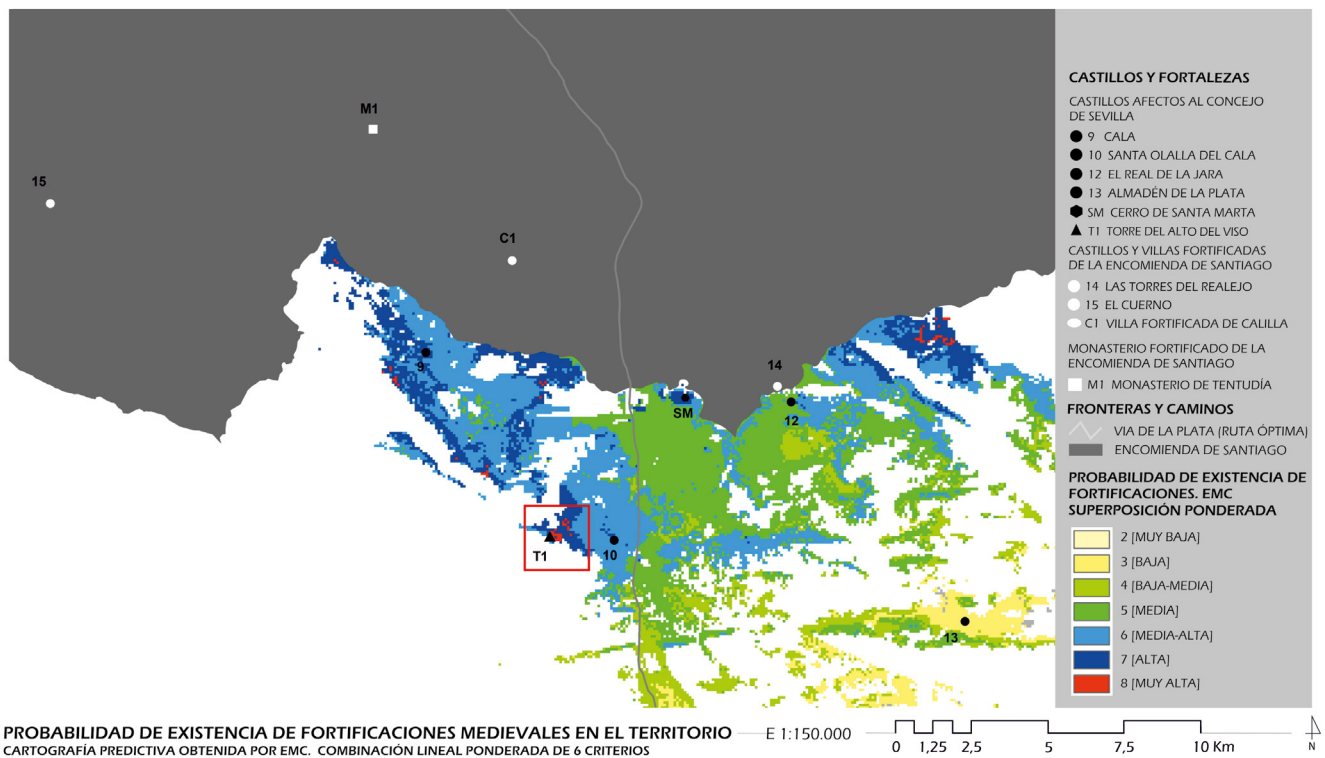


Figura 6. Probabilidad de existencia de fortificaciones medievales en el territorio en relación a la ubicación de la Torre del Alto del Viso. Cartografía predictiva obtenida por EMC. Combinación lineal ponderada de 6 criterios.

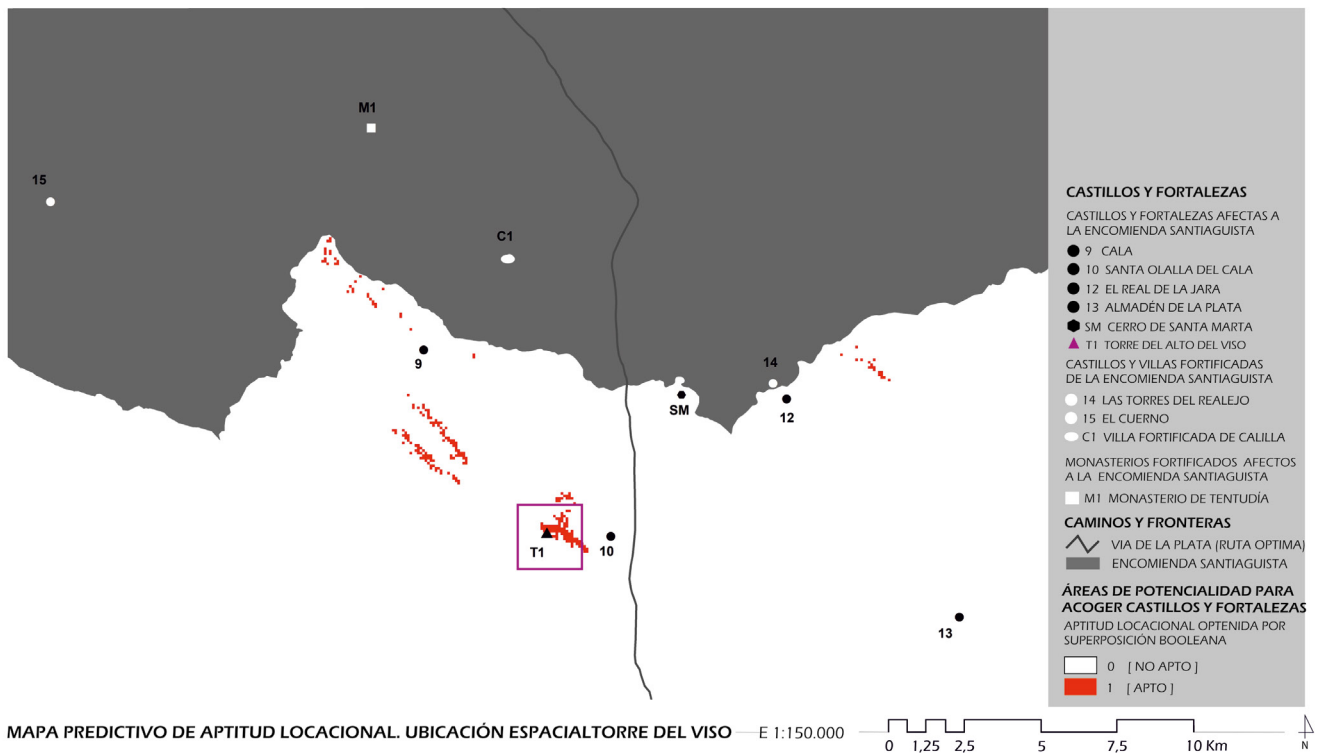


Figura 7. Mapa predictivo de aptitud locacional obtenido por superposición booleana en relación a la ubicación de la Torre del Alto del Viso.

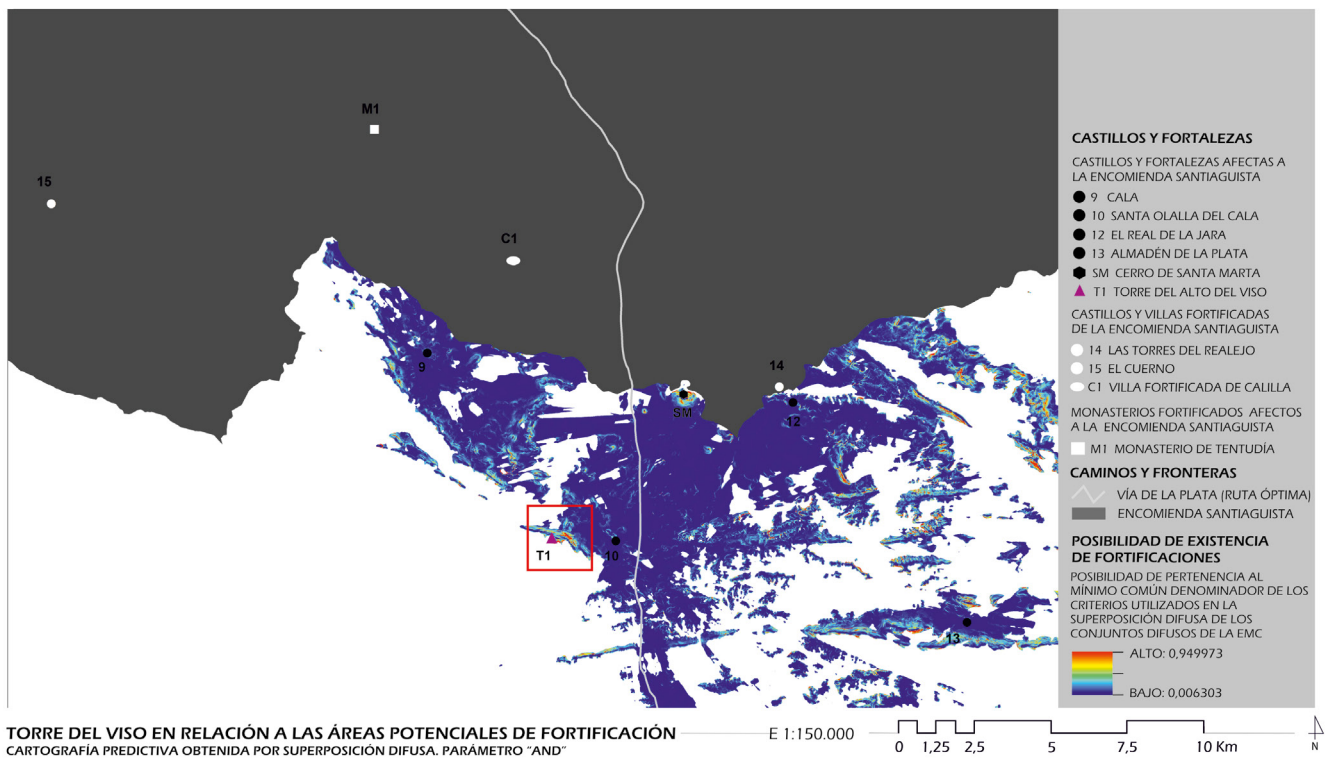


Figura 8. Áreas potenciales de fortificación obtenidas por superposición difusa de 6 criterios de estudio en relación a la ubicación de la Torre del Alto del Viso.

se corresponde con un 0,05 % del ámbito geográfico evaluado (Fig. 8).

4. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS. LOCALIZACIÓN DE LA TORRE DEL ALTO DEL VISO Y CÁLCULO DE LA CUENCA VISUAL COMPLEMENTARIA

Caracterizado el patrón de distribución espacial de estas fortalezas y las variables que en forma de factores y limitantes influyen en su pautas locacionales, los modelos lógicos predictivos definidos permitieron inferir espacios en los que existía una potencialidad de existencia de tales fortificaciones integrantes del sistema castral, que permiten graficar áreas de distinto potencial arqueológico o "sensibilidad" diferencial (Fernández Cacho 2009: 8) que han de ser contrastadas *in situ* a través de prospecciones arqueológicas. El modelo inductivo-deductivo propuesto se asienta en un posicionamiento hermenéutico en el acercamiento a la escala crono-espacial del territorio histórico analizado, en el que la orografía constituyó un factor determinante en la estrategia de fortificación.

En los tres modelos lógicos predictivos expuestos se consigue reducir ostensiblemente el área potencial de susceptibilidad de presencia de fortalezas, circunstancia que permite la prospección de un territorio más abarcable. Dentro de estas áreas se significan dos ámbitos espaciales bien diferenciados. El primero de ellos se corresponde con un espacio en el que se erige una fortaleza conocida de origen andalusí, el castillo de Santa Marta (Romero y Rivera 1999), en sus proximidades se detectó en la prospección espacial realizada una ermita bajomedieval, que ilustra la existencia de poblamiento asentado en ese lugar tras su conquista cristiana, si bien la misma no se ubica en su cumbre. Se trata de un emplazamiento dotado de una enorme prevalencia hipsográfica desde el que se controla un amplio espacio, pero en el que no se documentó ningún registro que correspondiera a una fortaleza de cronología bajomedieval cristiana sino emiral.

El otro espacio especialmente significado en el modelo predictivo se correspondía con una elevación orográfica ubicada en la cordillera del Viso en la que no se conocía la existencia de ninguna fortaleza. La prospección arqueológica de este espacio permitió la

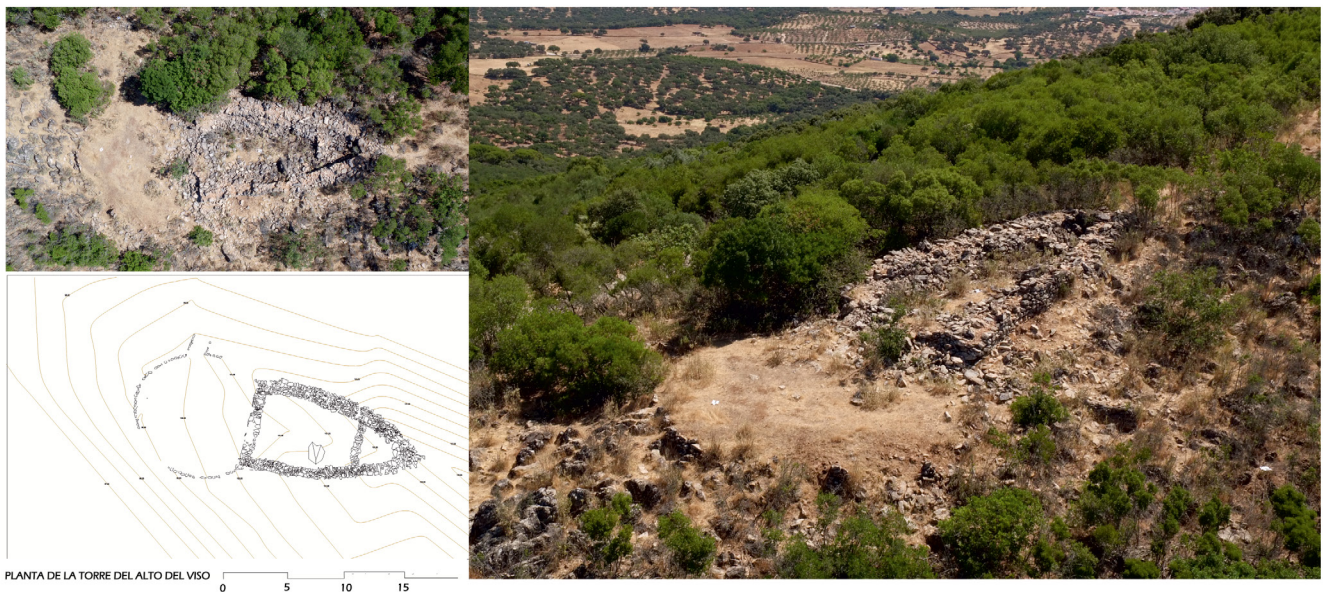


Figura 9. Imagen aérea de la Torre del Alto del Viso. Se observa su estructura, así como el aterrazamiento previo que resguarda el acceso a la misma. Imagen ortogonal y traza de su planta.

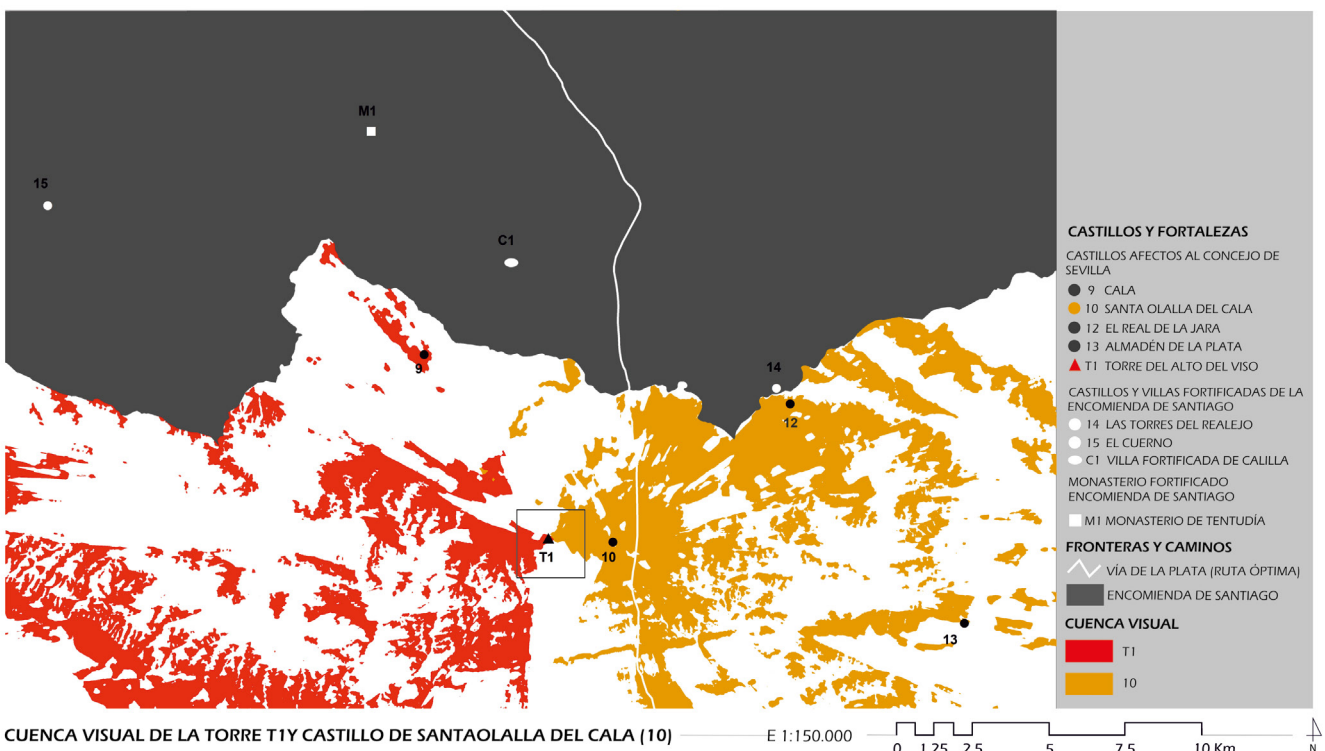


Figura 10. Cuenca visual de la Torre del Alto del Viso en relación a la cuenca visual acumulada de los castillos de Cala, Santaolalla, El Real de la Jara y Almadén (9 + 10 + 12 + 13).

detección de la Torre del Alto del Viso (Fig. 9), que se eleva sobre un altozano próximo a la fortaleza de Santa Olalla del Cala, hacia poniente de la misma. Su emplazamiento se ubica dentro del área de mayor potencialidad arrojada por cada uno de los modelos predictivos (EMC y Fuzzy) y adscrita, a su vez, a los ámbitos espaciales definidos como aptos en el modelo booleano. Se trata además del único espacio en el que el estudio de la cuenca visual acumulada de las cuatro fortalezas de realengo arrojaba un valor acumulado de 4, es decir, que se trata de un espacio controlado visualmente por los cuatro castillos, con los que interactuaba visualmente. Su caracterización edilicia ha sido abordada en el artículo antes referido (Fondevilla, Rivera y Ampliato 2018).

La Torre del Alto del Viso presenta una amplia cuenca visual que complementa la del castillo de Santa Olalla del Cala, posibilitando el enlace óptico entre este y Cala (Fig. 9). Su cuenca visual es también netamente complementaria respecto de la cuenca visual acumulada de las fortalezas de Santa Olalla del Cala, Cala, El Real de la Jara y Almadén de la Plata, aportando control estratégico respecto de los caminos provenientes de poniente que surcaban horizontalmente los dominios de la *Tierra de Sevilla* en la Baja Edad Media (Fig. 10) confluyendo en la Vía de la Plata en el punto exacto en el que se erigió el castillo de Santa Olalla, que representaba, en tal sentido, un nodo espacial, que permitía un control efectivo de estos dos ejes axiales de vertebración territorial.

La metodología predictiva desarrollada detecta otros espacios aún no prospectados considerados de media o a alta potencialidad, que pueden arrojar nuevos hallazgos referentes a la detección de atalayas, o torres camineras o de itinerario que sirviesen de apoyo al sistema nuclear de fortalezas conocidas, aportando una herramienta de análisis espacial que permite el estudio sistémico de las interacciones del conjunto castral que funciona como una red estructurada apostada sobre un territorio histórico al que aportaban guarda y defensa. Estas fortalezas protagonizaron hacia la Baja Edad Media un proceso de encastillamiento del territorio que dio sustento a las estrategias repobladoras, fijando el poblamiento al resguardo de sus imponentes torres y lienzos de muralla, conformando, en suma, hitos referenciales de un paisaje cultural al que dotaron de articulación espacial, constituyendo nodos en torno a los que se jerarquizaba el espacio castral.

5. FUENTES

AMS Archivo Municipal de Sevilla, Secc. 1º, cap. 4º, fol. 30. El documento fue publicado por Tenorio y Cervero, Nicolás: *El concejo de Sevilla*. Sevilla, 1901, pp. 234-235.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Barba-Romero, S. y Pomerol 1997: *Decisiones multicriterio. Fundamentos teóricos y utilización práctica*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares.
- Barredo, J. L. 1996: *Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio en la Ordenación del Territorio*. Editorial Ra-Ma, Madrid.
- Bermúdez Sánchez, J. 2004: "Creación de Rutinas o Macros con el Programa IDRISI: el Cálculo Acumulado de Visibilidades y Rutas Óptimas", en J. C. Martín de la Cruz y A. M.ª Lucena Martín (coords.), *Actas del I Encuentro Internacional. Informática aplicada a la investigación y la gestión arqueológicas*, pp. 407-418. Universidad de Córdoba, Córdoba.
- Borough, P. A. 1989: "Fuzzy mathematical methods for survey and land evaluation", *Journal of Soil Science*, 40, pp. 477-492.
- Borough, P. A. y McDonnell, R. A. 1998: *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford University Press, New York.
- Casquete de Prado Sagrera, N. 1994: "Dos castillos de tiempos de Sancho IV: Cumbres Mayores y Santa Olalla (Huelva). Notas sobre su origen y función", *Estudios de Historia y de Arqueología Medievales*, X, pp. 173-188.
- Fernández Cacho, S. 2009: "Bases conceptuales y metodológicas de los modelos predictivos en Arqueología", en *MAPA: Modelo Andaluz de Predicción Arqueológica*, pp. 8-32. Colección e-ph cuadernos. Junta de Andalucía, Consejería de Cultura, Sevilla. Disponible en: <https://www.juntadeandalucia.es/organismos/culturaypatrimoniohistorico/iaph/servicios/publicaciones/detalle/78712.html?lang=es&mobile=true>.
- Fondevilla Aparicio, J. J. 2016: "Análisis geoespacial de la articulación defensiva de la frontera noroccidental del alfoz de Sevilla en la Baja Edad Media", en *Actas de las Segundas Jornadas sobre Historia, Arquitectura y Construcción fortificada. Madrid 6 y 7 de octubre de 2016*, pp. 179-198. Instituto Juan de Herrera, Fundación Cárdenas y Centro de Estudios José Joaquín de Mora, Madrid.
- Fondevilla Aparicio, J. J. 2019: "La Banda Gallega y el castillo de *Las Cumbres*. Control estratégico del territorio histórico: espacio y frontera en el *limes* septentrional del alfoz sevillano en la Baja Edad Media", *E-Strategica*, 3, pp. 145-192. <https://www.journal-estrategica.com/pdf/numero-3/la-banda-gallega-y-el-castillo-de-las-cumbres.pdf>
- Fondevilla Aparicio, J. J., Romero Bomba, E. y Rivera Jiménez, T. 2012: *Fortificaciones Bajomedievales de la Banda Gallega. Caracterización del itinerario cultural transfronterizo*. Consejería de Cultura, Junta de Andalucía, Huelva.
- Fondevilla Aparicio, J. J., Rivera Jiménez, T. y Ampliato Briones, A. 2018: "La torre del Alto del viso y la fortaleza de Santaolalla (Huelva) en la Baja Edad Media: análisis geoespacial de un enclave estratégico", *Cuadernos de Arquitectura y Fortificación*, 5, pp. 55-88.
- García Fitz, F. 1998: Política Internacional, conflictos jurisdiccionales y construcciones militares a finales del siglo XIII en la Sierra de Aroche: los castillos de Cumbres y Santa Olalla", en J. L. Carriazo Rubio y J. M.ª Mina Andrades (eds.), *Huelva en la Edad Media: Reflexiones y nuevas perspectivas veinte años después*, pp. 229-280. Universidad de Huelva, Huelva.
- García Sanjuán, A. 2017: "La conquista de Sevilla por Fernando III (646 h/1248). Nuevas propuestas a través de la relectura de las fuentes árabes", *Hispania*, LXXVII, 255, enero-abril, pp. 11-41. <https://doi.org/10.3989/hispania.2017.001>
- González Jiménez, M. 1989: "Poblamiento y frontera en Andalucía (ss. XI-II-XV)", *Revista de la Facultad de Geografía e Historia*, 4, pp. 207-224.

- Herzog, I. 2013: "Theory and practice of cost functions", en F. J. Melero, P. Cano y J. Revelles (eds.), *CAA'2010 Fusion of Cultures, Abstracts from the 38th Conference of Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology*, pp. 375-382, Granada.
- Llobera, M. 2000: "Understanding movement: a pilot model towards the sociology of movement", en G. Lock (ed.), *Beyond the Map, Archaeology and Spatial Technologies*, pp. 65-84. IOS Press, Amsterdam.
- Llobera, M. y Sluckin, T. J. 2007: "Zigzagging: Theoretical insights on climbing strategies", *Journal of Theoretical Archaeology*, 249, pp. 206-217. <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2007.07.020>
- López Romero, R. 2005: "Cálculo de rutas óptimas mediante SIG en el territorio de la ciudad celtibera de Segeda. Propuesta metodológica", *Saldvie* 5, pp. 95-111.
- Malczewski, J. 1999: *GIS and Multicriteria Decision Analysis*. John Wiley & Sons, Inc, New York.
- Murrieta Flores, P. 2012: "Understanding human movement through spatial technologies. The role of natural areas of transit in the Late Prehistory of Southern-western Iberia", *Trabajos de Prehistoria*, 69, 1, pp. 103-122. <https://doi.org/10.3989/tp.2012.12082>
- Romero Bomba, E. y Rivera Jiménez, T. 1999: "El yacimiento andalusí del Cerro de Santa María, Santa Olalla del Cala (Huelva)", en *Actas de las XII Jornadas de Patrimonio de la Comarca de la Sierra, Aracena*, pp. 329-341. Diputación Provincial de Huelva, Huelva.
- Valor Piechotta, M. y Casquete de Prado, N. 1994: "El castillo de Cumbres Mayores (Huelva). Una aproximación a la arquitectura militar de la segunda mitad del siglo XIII", *Historia Instituciones Documentos*, 21, pp. 473-499.
- Wheatley, D. 1995: "Cumulative viewshed analysis: a GIS based method for intervisibility, and its archaeological application", en G. Lock y Z. Stancic (eds.), *GIS and Archaeology: a European Perspective*, pp. 170-185. Taylor & Francis, Londres.
- Wheatley, D. and Gillings, M. 2000: "Vision, Perception and GIS: developing enriched approaches to the study of archeological visibility", en G. Lock (ed.), *Beyond the Map: archaeology and spatial technologies*, pp. 1-28. IOS Press, Oxford.
- Wheatley, D. y Gillings, M. 2002: *Spatial Technology and Archaeology*. Taylor & Francis, Viena.
- Zadeh, L. A. 1968: "Probability measures of fuzzy events", *Journal of Mathematical Analysis and Applications* 23, pp. 421-427. [https://doi.org/10.1016/0022-247x\(68\)90078-4](https://doi.org/10.1016/0022-247x(68)90078-4)