

# Modelo predictivo y gestión del patrimonio arqueológico en Andalucía

Silvia Fernández Cacho y José María Rodrigo Cámara, Centro de Documentación y Estudios del IAPH

Este último capítulo enfoca los aspectos relacionados con las opciones de aplicación del modelo en las tareas de gestión del patrimonio arqueológico. Se expone cómo la gran mayoría de las experiencias de modelado predictivo en Arqueología han permanecido en el ámbito académico de la investigación teórica y metodológica, y que son pocos los ejemplos con vocación en la gestión estando éstos siempre vinculados con la administración pública. En un segundo apartado, se relacionan tres tipos de aplicaciones potenciales: la evaluación de impactos sobre el patrimonio arqueológico y la planificación territorial, la delimitación de áreas de riesgo, y finalmente, la definición de áreas de investigación prioritaria. Cada una de estas aplicaciones se ilustra con un ejemplo hipotético sobre el territorio andaluz: el impacto arqueológico de dos alternativas de trazado viario, grados de riesgo arqueológico aplicados a un área con futura actuación urbanística, y, por último, la definición de áreas en las que priorizar investigaciones territoriales aplicadas a zonas con alto potencial arqueológico y de muy bajo conocimiento arqueológico.

## PREDICTIVE MODEL AND THE MANAGEMENT OF ARCHAEOLOGICAL HERITAGE IN ANDALUSIA

This last chapter focuses on aspects related to options for model implementation in the management of archaeological heritage. It first describes how the vast majority of predictive modelling experience in archaeology has remained in theoretical and methodological academic research, and how public administration is always associated with the few vocational examples which do exist. In the second section, three types of potential applications are presented: assessment of impact on archaeological heritage and spatial planning; demarcation of risk areas; and finally, definition of priority research areas. Each application is illustrated with hypothetical examples in Andalusia: the archaeological impact of two alternative road designs, the degree of archaeological risk applicable to an area with future planning activity, and finally, the identification of zones in which to prioritize field research in areas of high archaeological potential and very low archaeological knowledge.

## MODELOS PREDICTIVOS Y GESTIÓN DEL PATRIMONIO ARQUEOLÓGICO

Como ya se comentó en el capítulo 1, la aplicación de los modelos predictivos en Arqueología está más extendida en el ámbito de la gestión del patrimonio arqueológico que en el ámbito de la investigación de las sociedades del pasado. Para muchos investigadores, el determinismo ambiental que ha caracterizado muchos de los modelos propuestos invalida su uso o, al menos, plantea graves inconvenientes epistemológicos. Se entiende en este caso que las predicciones que puedan establecerse de la existencia o inexistencia de sitios arqueológicos en un lugar en base al resultado de determinados algoritmos matemáticos no proporcionan explicaciones del comportamiento humano porque no son modelos interpretativos.

En el caso de la gestión del patrimonio arqueológico, las variables de análisis pueden ser diversas y algunas de ellas no tienen nada que ver con la elección de un lugar concreto para el asentamiento en el pasado, sino que se relacionan con la posibilidad de que sus huellas se hayan destruido en fechas más recientes. No se evalúa, por tanto, qué llevó a determinados grupos humanos a elegir un lugar u otro, sino que se establecen correlaciones estadísticas entre la información existente sobre una distribución de sitios arqueológicos y determinadas variables (ambientales y/o culturales) que se presume que han podido influir en mayor o menor medida en dicha distribución para proyectar el resultado a un territorio más amplio o menos conocido.

Es evidente que también en este caso se realizan asunciones acerca del comportamiento humano, sobre todo en la fase de selección de variables. Sin embargo, en modelos como el que se presenta en esta publicación, se suelen tener en cuenta inicialmente un número muy alto de variables, casi tantas como cartografía del medio físico haya disponible y, posteriormente, se van reduciendo en número al comprobar la escasa significación de algunas de ellas, bien porque sean variables derivadas y su relevancia venga marcada por la principal, bien porque se desestime que realmente haya tenido demasiada importancia en origen.

El mayor número de modelos predictivos que tienen como objetivo cualificar determinadas actividades de gestión del patrimonio arqueológico no han sido realmente implementados a un nivel práctico. Se trata en muchos casos de aportaciones metodológicas o estudios puntuales que no llegan a imbricarse en la gestión cotidiana y, mayoritariamente, han sido desarrollados por centros de investigación universitaria.

	Escala grande	Escala intermedia	Escala pequeña
<b>METODOLOGÍA/SOPORTE INFORMATIVO</b>	Mount Trumbull (Arizona)	Bahía de Upper Chesapeake (Maryland, EEUU)	Montana Central (EEUU)
			Pensylvaina y oeste de Virginia (Illinois, EEUU)
		Carolina del Sur (EEUU)	Brandemburgo (Alemania)
		Georgia (EEUU)	
		Piñon Canyon (EEUU)	
<b>EVALUACIÓN DE IMPACTO</b>	Bahía de Upper Chesapeake (Maryland, EEUU)	-----	-----
	Valle de los ríos American y Cosumnes (California, EEUU)		
<b>PLANIFICACIÓN (de usos, infraestructuras, etc.)</b>	-----	Earsten Prairie Peninsula (Illinois, EEUU)	Minnesota (EEUU)
		Pomuerje (Eslovenia)	

Tabla 115. Objetivos de los modelos predictivos aplicados a la gestión del patrimonio arqueológico. Fuente: Elaboración propia

De entre los analizados, es el de Minnesota el que aparece más integrado en la práctica diaria de la gestión del patrimonio arqueológico con fines prioritariamente preventivos. Su principal virtualidad es que sirve de punto de partida en el diseño y ejecución de obras de infraestructura de transporte, aplicándose para minimizar impactos arqueológicos desde su inicio (SEIBEL, 2006: 37).

## APLICACIONES POTENCIALES DEL MAPA

### Evaluación de impactos al patrimonio arqueológico y planificación territorial

Tal y como se ha citado anteriormente para el caso de Minnesota, la evaluación de impactos sobre el patrimonio arqueológico es la aplicación más inmediata de un modelo predictivo como el propuesto en este trabajo. La apuesta por desarrollar una verdadera Arqueología preventiva pasa por aplicar medidas correctoras de dichos impactos antes de que se produzcan. Para ello es fundamental conocer la distribución de los sitios arqueológicos existentes y evitar en lo posible que las intervenciones programadas en el territorio pongan en riesgo su integridad.

Siendo este un objetivo claro, lo cierto es que en áreas tan extensas como Andalucía sólo se conoce un porcentaje reducido de los sitios arqueológicos existentes. En un reciente trabajo se analizaba la variabilidad en número y densidad de entidades arqueológicas (EA) registradas en los inventarios españoles en función de los datos publi-

cados (FERNÁNDEZ CACHO y VILLALÓN, 2009). Sólo las comunidades autónomas de Galicia, País Vasco y Madrid superan las 0,5 EA/km<sup>2</sup>. Por su parte Canarias, Valencia y Cataluña contabilizan entre 0,3 y 0,4 EA/km<sup>2</sup>, mientras que Murcia, Andalucía y Aragón no llegan a alcanzar las 0,2 EA/km<sup>2</sup>.

COMUNIDAD AUTÓNOMA	SUPERFICIE (km <sup>2</sup> )	ENTIDADES ARQUEOLÓGICAS REGISTRADAS	DENSIDAD
País Vasco	7.234	5.000	0,691
Madrid	7.995	4.500	0,562
Galicia	29.574	15.000	0,507
Canarias	7.447	2.913	0,391
Valencia	23.255	7.986	0,343
Cataluña	32.114	11.000	0,342
Murcia	11.317	1.995	0,176
Andalucía	87.597	14.000	0,159
Aragón	47.719	5.000	0,104

Tabla 116. Densidad de EA registradas por Comunidades Autónomas. Fuente: Fernández Cacho y Villalón (2009)

En ningún caso, las densidades registradas en los inventarios de las Comunidades Autónomas en España pueden compararse a las que se obtienen tras el desarrollo de prospecciones arqueológicas intensivas. Por ejemplo, en la vertiente norte de la sierra de Baza (Andalucía) se ha alcanzado una densidad 1,7 EA/km<sup>2</sup> (SÁNCHEZ QUIRANTE, 1991), en Bocelos y Valle de Furelos (Galicia) 2,5 EA/km<sup>2</sup> (CRIADO et ál., 1989), algunas zonas de la Sierra Norte de Sevilla (Andalucía) 2,6 EA/km<sup>2</sup> (GARCÍA SANJUÁN, 2004; GARCÍA SANJUÁN, VARGAS y WHEATLEY, 2004), en Perales de Tajuña (Madrid) se elevó a 2,8 EA/km<sup>2</sup> (ALMAGRO y BENITO, 1993), en el Valle de Abdalajís (Andalucía) 3,6 EA/km<sup>2</sup> (MARTÍN RUIZ, MARTÍN RUIZ y SÁNCHEZ BANDERA, 1999), etc. La proyección de estas densidades al conjunto del territorio andaluz multiplicarían al menos por diez el número de entidades arqueológicas registradas en la actualidad. Este es un dato comparable a los efectuados en países como Francia, en el que se calcula que sólo están registradas el 10% de las entidades arqueológicas existentes (DEMOULE, 2004).

Sin embargo, en Francia se documenta una densidad de entidades arqueológicas de 0,56 EA/km<sup>2</sup>, más cerca de los datos de la Comunidad de Madrid o el País Vasco que de Andalucía y lejos de países como Dinamarca, en el que se registra una densidad de 3,48 EA/km<sup>2</sup>, Holanda con 1,77 EA/km<sup>2</sup>, Irlanda con 1,70 EA/km<sup>2</sup>, Polonia con 1,43 EA/km<sup>2</sup>, Escocia con 1,39 EA/km<sup>2</sup> o la República Checa con 0,76 EA/km<sup>2</sup> (WHEATLEY y GARCÍA SANJUÁN, 2002: 158).

Además, a veces la gestión del inventario arqueológico no está suficientemente conectada con el desarrollo de intervenciones arqueológicas. Es decir, no existe un canal fluido de intercambio de información que permita que la información registrada en prospecciones y excavaciones arqueológicas actualice la consignada en el inventario, contribuyendo a su acrecentamiento cualitativo y cuantitativo. Este hecho ha podido comprobarse con la realización de proyectos de documentación específicos como el que el IAPH desarrolló en el área metropolitana de Sevilla. El inventario arqueológico andaluz tenía registradas en este área un total de 387 entidades arqueológicas. La inclusión en él de la información procedente de las investigaciones de las que existía constancia en los archivos de la administración de cultura supuso el incremento de un 162,27% en el número de entidades registradas, al mismo tiempo que se cualificaba visiblemente la información que tenían asociada (IAPH, 1999) (figura 188). Sin estos volcados masivos de información, el número de registros aumenta paulatinamente aunque de forma más contenida (figura 189).

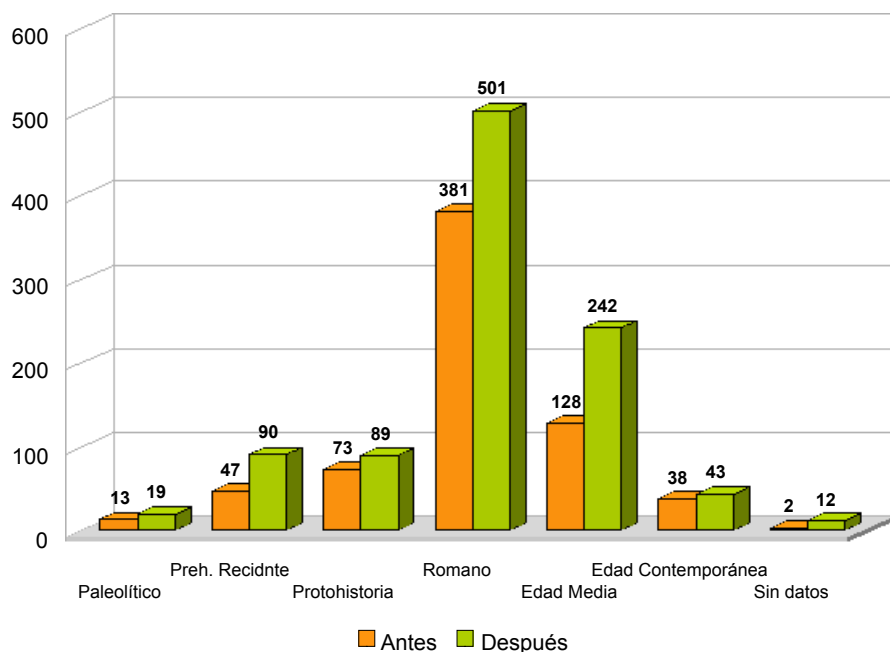


Figura 188. Entidades Arqueológicas del área metropolitana de Sevilla. Fuente: Adaptado de Base (1999: 214)

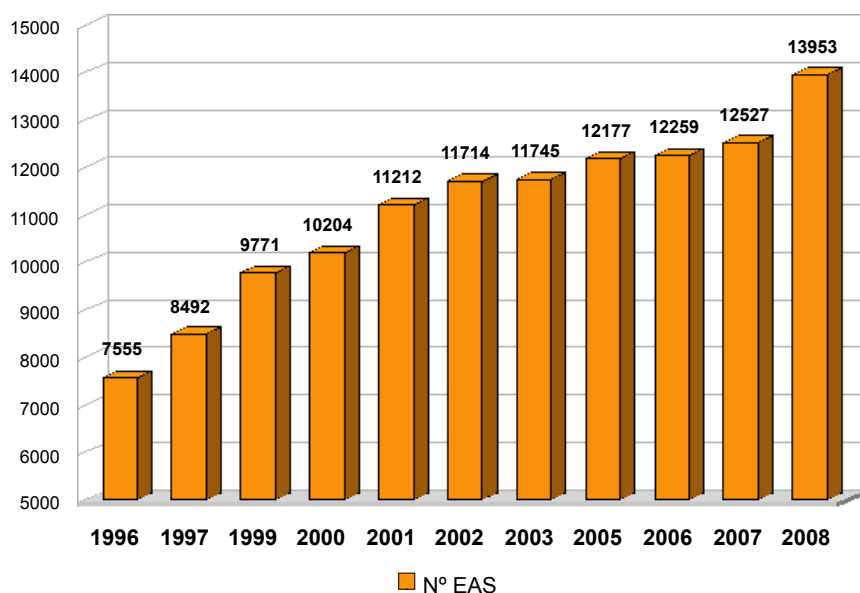


Figura 189. Entidades Arqueológicas registradas en SIPHA. Fuente: Elaboración propia

Ante esta situación, un modelo de predicción arqueológica puede convertirse en un instrumento preventivo intermedio a falta de contar con un inventario exhaustivo procedente de prospecciones arqueológicas controladas. De este modo podría contarse con una aproximación inicial a la posible incidencia sobre el patrimonio arqueológico de las distintas actuaciones territoriales.

La consulta de los mapas de potencial arqueológico derivados de los modelos predictivos ha de hacerse incluso antes de la formulación de los proyectos concretos para decidir la opción más viable a la hora de trazar nuevas infraestructuras, delimitar áreas de desarrollo urbanístico o de cambio de uso en el planeamiento territorial y urbanístico, etc. Esta cartografía se convierte así en una herramienta útil para las administraciones de obras públicas, agricultura o medio ambiente. Una vez propuestos los diferentes planes o proyectos, desde la administración cultural puede encontrar en ella una información de apoyo para evaluar los posibles riesgos y aplicar las medidas preventivas necesarias en cada caso. Este es el esquema empleado en Minnesota para el uso operativo de su modelo predictivo.

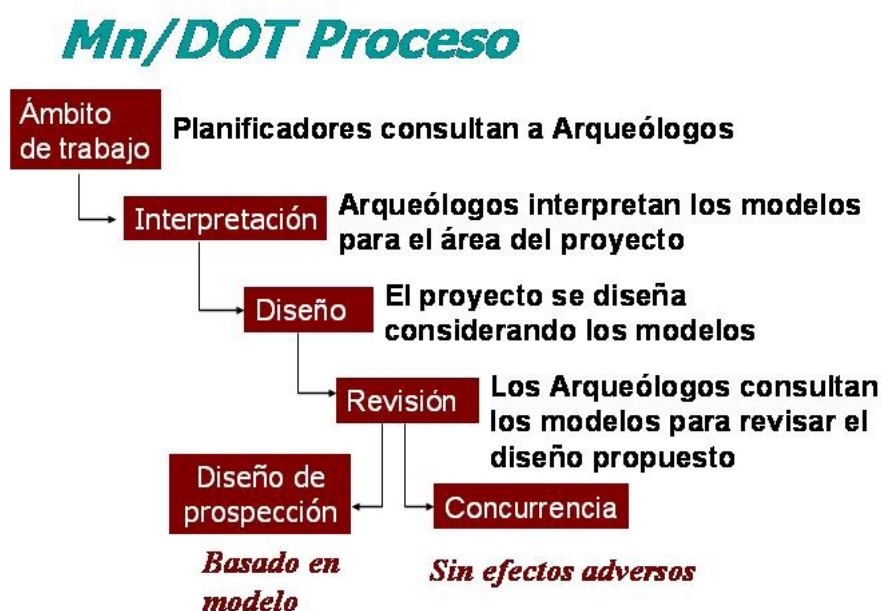


Figura 190. Proceso de utilización del modelo predictivo de Minnesota. Fuente: (Mn/DOT, 2001)

De este modo, como se apunta también para el caso holandés (VAN LEUSEN et ál., 2005: 25), se produce la conexión entre la investigación científica, la gestión patrimonial y la planificación territorial.

Como caso práctico se va a partir de una hipótesis de estudio de dos alternativas de trazado de una variante de circunvalación de un núcleo urbano. Se plantea la utilización del MAPA como elemento a considerar en la toma de decisiones sobre la elección de un trazado final.

Junto con otros informes técnicos necesarios, el ejemplo que se presenta apunta hacia un escenario en el que la previsión de aparición de restos arqueológicos puede aportar una serie de criterios del máximo interés, útiles para decidir la ejecución de uno u otro proyecto.

La figura 191 muestra dicha hipótesis sobre el fondo del mapa de potencial arqueológico obtenido con el modelo. Desde el punto de vista de la construcción de estas infraestructuras, pueden darse distintas situaciones: que ambas fueran factibles respecto a los condicionantes técnicos y económicamente similares en volumen de inversiones, o un escenario en que la consideración de los factores de impacto arqueológico se constituya en el criterio de mayor peso en la elección del proyecto definitivo.



Figura 191. Hipótesis de trazado de dos variantes de circunvalación de un núcleo urbano. Fuente: Elaboración propia

En ambos casos se plantea cómo introducir la consideración del impacto arqueológico que conllevaría la ejecución de ambas opciones estimando la probabilidad de aparición de asentamientos arqueológicos.

Desde el punto de vista de la gestión patrimonial se asume que la existencia de cautelas arqueológicas implica destinar una serie de recursos a la prospección, seguimiento y, en algún caso, excavación o conservación de restos arqueológicos e incluso modificación del proyecto de construcción de la infraestructura. Es claro pensar que la utilización de una herramienta como el MAPA puede interesar a las administraciones públicas por la posibilidad que ofrece de valorar y prevenir el impacto arqueológico y, por adición, para la empresa en cuanto a la previsión del empleo de recursos que se derivarían del mismo.

Entendida en esta línea la utilización práctica del modelo, puede estimarse que una vez fueran realizadas distintas pruebas de contraste para comprobar su fiabilidad en campo, la administración responsable de establecer las caute-



las arqueológicas podría articular, por ejemplo, una serie de modalidades de prospección, variables en intensidad y cobertura territorial, aplicables a un área sujeta a futuras obras de infraestructura. Esta es la línea seguida en diferentes experiencias internacionales de utilización de modelos predictivos (HUDAK et ál., 2002: apart. 11.8).

En este ejemplo se ha procedido, en primer lugar, a establecer una superficie estimativa de afección a ambos lados del eje lineal de cada trazado (figuras 192 y 193). Esta operación define el área a analizar trasladando los datos del MAPA y extrayendo cálculos por cada área de proyecto (tablas 117 y 118).

Finalmente la evaluación de cada valor obtenido aportará datos cuantitativos que podrán utilizarse en la toma de decisiones tanto desde la gestión patrimonial (figura 194) como desde la valoración de los recursos que habrán de ser dispuestos (figura 195).

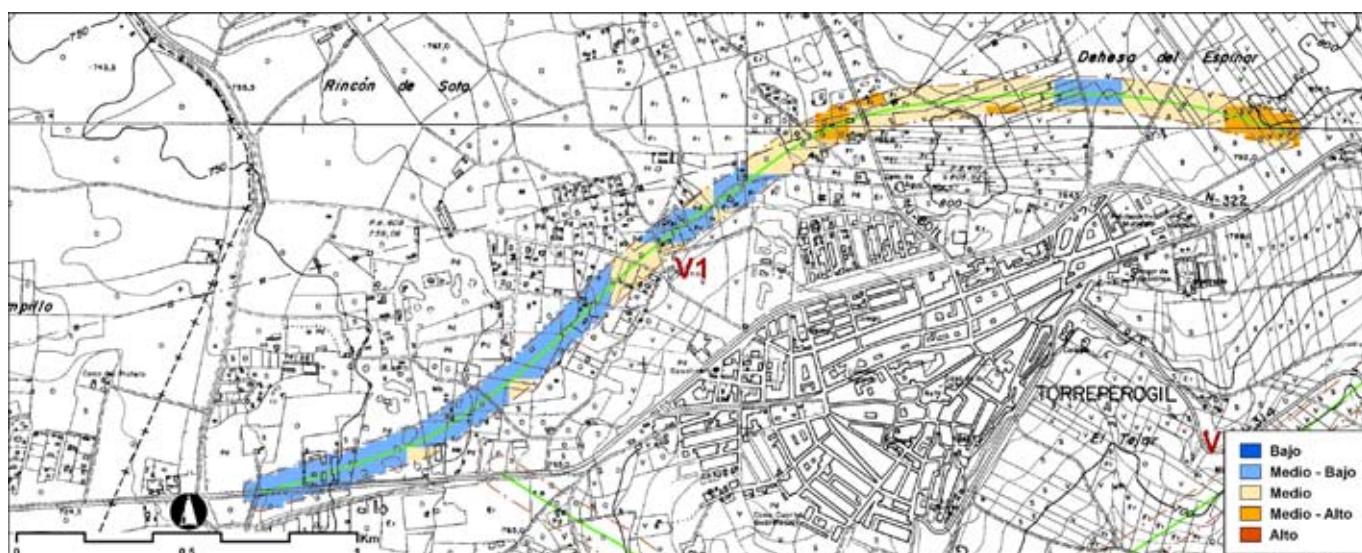


Figura 192. Variante 1, con detalle de los niveles de potencial en la zona de afección. Fuente: Elaboración propia sobre el MTA 1:10.000



Figura 193. Variante 2, con detalle de los niveles de potencial en la zona de afección. Fuente: Elaboración propia sobre el MTA 1:10.000



En primer lugar se debe conocer la superficie ocupada por cada nivel de potencial arqueológico del modelo en cada área de afección. Se ofrece en las tablas siguientes el desglose según las celdillas de la base ráster ocupadas por cada nivel, su conversión en hectáreas y los porcentajes correspondientes.

Puede verse cómo la variante 1 arroja menor impacto sobre las áreas previsiblemente de mayor interés patrimonial por la posibilidad medio–alta de hallazgos. Para esta variante se aprecia la tendencia decreciente del impacto en cuanto a la superficie ocupada por cada nivel de potencial. Por el contrario, la variante 2 presenta un comportamiento muy diferente, manteniendo unos porcentajes muy significativos para los niveles medio y medio–alto. Desde el punto de vista de la minimización del impacto patrimonial, la opción menos agresiva se vincula con la variante 1.

V1	Niveles de Potencial		
	Celdillas	Hectáreas	% área
Bajo	0	0	0,00%
Medio – Bajo	414	16,56	48,03%
Medio	365	14,6	42,34%
Medio – Alto	83	3,32	9,63%
Alto	0	0	0,00%
	448	34,48	

Tabla 117. Variante 1. Extensión y proporción de los niveles de potencial en la zona de afección.  
Fuente: Elaboración propia

V2	Niveles de Potencial		
	Celdillas	Hectáreas	% área
Bajo	0	0	0,00%
Medio – Bajo	240	9,6	23,41%
Medio	426	17,04	41,56%
Medio – Alto	359	14,36	35,02%
Alto	0	0	0,00%
	785	41	

Tabla 118. Variante 2. Extensión y proporción de los niveles de potencial en la zona de afección.  
Fuente: Elaboración propia

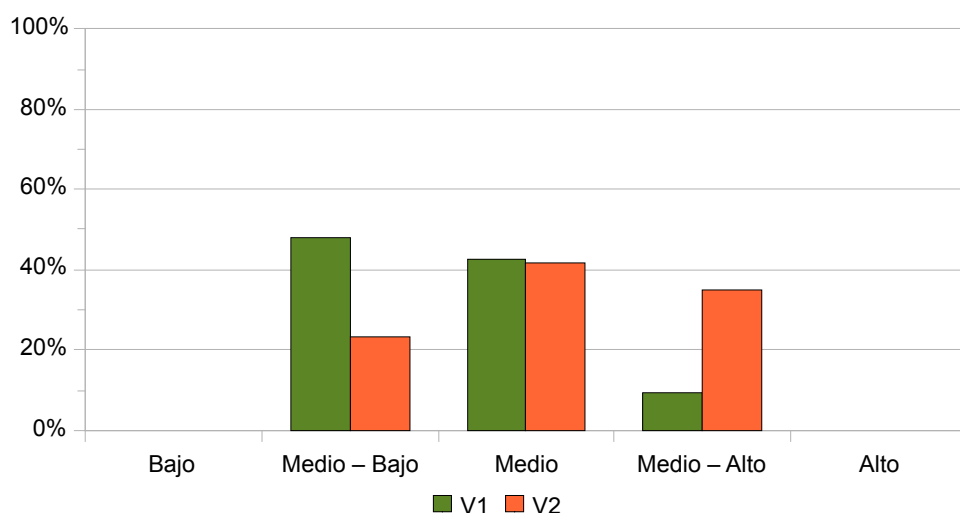


Figura 194. Variantes 1 y 2. Porcentajes de superficie ocupada por niveles de potencial en cada zona de afección. Fuente: Elaboración propia

Otra manera de aproximación al uso del MAPA en estudios del impacto arqueológico está en la valoración de los recursos (tiempo, medios, inversión, etc.) según la superficie ocupada por cada nivel de potencial.

Se asume, como hipótesis, que existe previamente un escenario normativo en el que se establecen cargas mínimas de intervención preventiva por cada nivel de potencial basadas en elementos objetivos y cuantificables como el tipo de prospección a utilizar, el porcentaje de cobertura mínima de territorio a prospectar, el número de prospectores, separación entre éstos, etc.

Para el ejemplo que se presenta se ha construido una tabla de valores relativos aplicable a cada nivel de potencial. Se entiende que los mayores requerimientos de prospección se sitúan en el nivel máximo de potencial, que será valorado con un índice de inversión de 100. A partir de aquí se ponderan los niveles inferiores a modo de índice relativo fácilmente comprensible (tabla 119).

Potencial	Inversión / Ha
Bajo	10
Medio – Bajo	25
Medio	50
Medio – Alto	80
Alto	100

Tabla 119. Tabla guía de estimación relativa de inversión por hectárea en cada nivel de potencial.  
Fuente: Elaboración propia

La inversión repercutida en cada variante del ejemplo (tablas 120 y 121) se presenta tanto en su forma absoluta (inversión por hectárea) como en su forma relativa (% inversión) tomando como referencia de proporción el montante total de la inversión de la variantes (995,6 + 2240,8) de modo que se puedan comparar las dos tablas utilizando esta nueva columna.

V1	Celdillas	Inversión / Ha	% inversión
Bajo	0	0	0,00%
Medio – Bajo	16,56	414	12,79%
Medio	14,6	730	22,56%
Medio – Alto	3,32	265,6	8,21%
Alto	0	0	0,00%
	34,48	995,6	

Tabla 120. Repercusión de la inversión en la Variante 1. Fuente: Elaboración propia

V2	Celdillas	Inversión / Ha	% inversión
Bajo	0	0	0,00%
Medio – Bajo	9,6	240	7,42%
Medio	17,04	852	26,33%
Medio – Alto	14,36	1148,8	35,50%
Alto	0	0	0,00%
	41	2240,8	

Tabla 121. Repercusión de la inversión en la Variante 2. Fuente: Elaboración propia

La comparación de la repercusión de la inversión en cada variante puede verse en la figura 195. Junto con la lectura de los valores absolutos en las tablas anteriores, puede apreciarse en la gráfica de la figura 195 cómo la disposición de recursos es significativamente más elevada en la Variante 2, lo cual puede servir como elemento de previsión para una posible ejecución del proyecto.

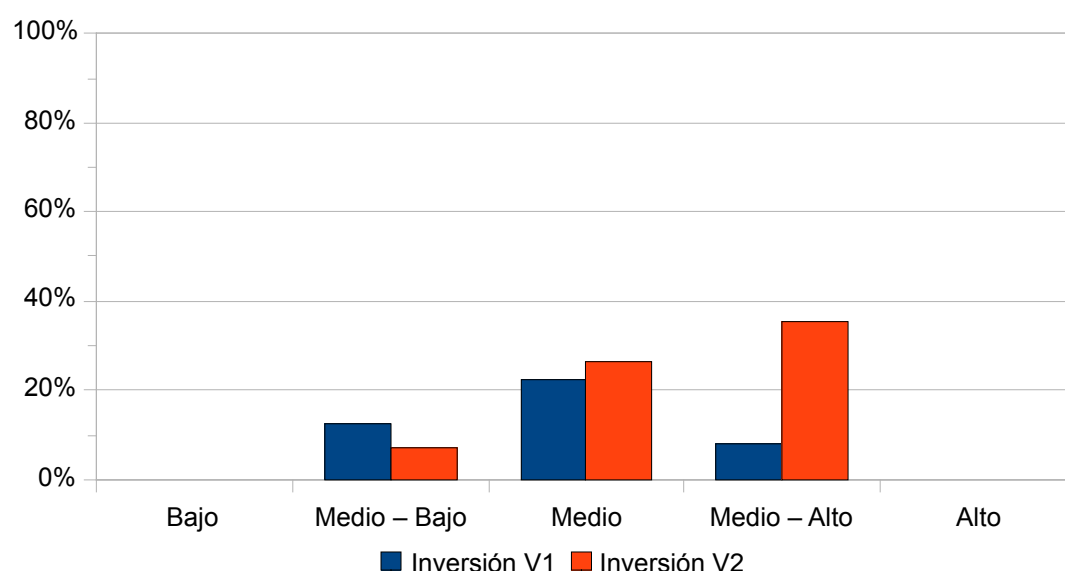


Figura 195. Gráfica de repercusión de la inversión en cada variante. Fuente: Elaboración propia

El empleo de modelos predictivos en las evaluaciones de impacto arqueológico no es todavía una práctica común mientras su uso está más generalizado en otros aspectos relativos al medio natural. Además de la menor financiación, L. Naunapper (2006: 283-284) plantea como causa una mayor resistencia al uso de los SIG por parte de los gestores culturales que, si bien los han incorporado para elaborar mapas de recursos, aún son reacios a otro tipo de aplicaciones más complejas desde un punto de vista tanto teórico como práctico.

## Definición de áreas de riesgo

Los modelos predictivos sólo pueden presentar una aproximación general al pasado. El uso de variables históricas contribuye a ello pero son difíciles de conseguir, sobre todo si se aplican a territorios amplios para los que dichas variables no suelen estar disponibles. Por lo tanto, se tiende también a modelar el presente y se analizan los factores que pueden haber afectado al estado de conservación de los restos arqueológicos. El uso de los modelos predictivos con esta orientación permite de este modo realizar zonificaciones útiles para la gestión de patrimonio tendentes a la evaluación de riesgos como uno de sus principales objetivos (DORE y WANDSNIDER, 2006: 76).

En el capítulo 6 se ha presentado el Mapa de Perdurabilidad Arqueológica que forma parte del proyecto MAPA. El objetivo planteado con su elaboración era analizar las variables que inciden en el estado de conservación de las entidades arqueológicas andaluzas definiendo las posibles áreas en las que el patrimonio arqueológico puede

encontrarse mejor conservado. Combinando estas áreas con aquellas otras en las que el potencial arqueológico es alto en función de los indicadores selectivos (véase capítulo 2) se puede realizar una aproximación a las áreas que tienen una mayor probabilidad de albergar restos arqueológicos bien conservados.

A pesar de la importancia que tiene para la gestión de patrimonio el análisis de las alteraciones del suelo para el diseño de un modelo predictivo completo, son muy pocos los modelos predictivos que las han tenido en cuenta. El que más ha afinado en estos análisis de entre los considerados en este trabajo es, una vez más, el Mn/DOT de Minnesota (EEUU), en el que se ha integrado, entre otras, la información sobre la distribución de complejos extractivos o la susceptibilidad a la erosión y la sedimentación.

La incorporación de este tipo de variables presenta una clara utilidad: una determinada zona puede haber sido potencialmente óptima para el asentamiento humano pero haber sido muy alterada por determinados usos del suelo que hace improbable la aparición de restos arqueológicos.

En estos casos el fin último no es proporcionar un documento en el que se evalúen los riesgos que para el patrimonio arqueológico pueda suponer el desarrollo de diversas actividades en el medio y largo plazo, objetivo claro de las cartas de riesgo, sino más bien cómo dichas actividades han podido incidir en el pasado provocando efectos adversos en su estado de conservación actual. Por otra parte, si alguna intervención territorial programada se localiza en una zona de alto potencial arqueológico por la conjunción favorable de variables selectivas y de perdurabilidad, el modelo permitirá señalarla como un área de máximo riesgo. En función de todo lo anterior, podría decirse que un modelo predictivo como el MAPA, que incorpore variables de perdurabilidad en su formulación, puede emplearse como un documento de evaluación de riesgo inmediato mientras que las cartas de riesgo convencionales ofrecen una prospectiva a medio y largo plazo para aplicar medidas correctoras planificadas en el tiempo y en el espacio.

De cualquier forma, algunos de los factores (sean estos ambientales o antrópicos) que han sido dañinos en el pasado pueden seguir siéndolo en el presente e incidir en la conservación futura del patrimonio arqueológico. Es el caso, por ejemplo, de los procesos erosivos del suelo o de determinados usos del suelo cuyo mantenimiento puede provocar daños en el futuro. En determinados casos es posible, pues, emplear los resultados obtenidos en un mapa de perdurabilidad para la planificación de actividades de conservación no asociadas a riesgos inminentes como puede ser la construcción de una autovía, de complejos extractivos, residenciales o industriales, etc.

Esta vez se plantea como ejemplo una hipótesis de utilización del modelo sobre una zona objeto de actuación extensiva y que presenta un interés alto desde el punto de vista de la gestión del patrimonio arqueológico debido a la confluencia de áreas con alto nivel de potencial de aparición de restos (figura 196) junto a la existencia de otras áreas con alto índice de perdurabilidad (figura 197).



**Figura 196.** El área de intervención (ZAU 1) y su contexto geográfico sobre la cartografía del Modelo Predictivo.  
Fuente: Elaboración propia

Una visión de mayor detalle se presenta en las figuras 198 y 199, en las que se ha practicado un aumento de la resolución de los ráster originales desde los 100 metros hasta los 20 metros de tamaño de celdilla con el objetivo de incrementar la precisión de los cálculos que se efectuarán en su interior.

Los cálculos expresan los valores absolutos y sus porcentajes por nivel en cada índice utilizado: potencial y perdurabilidad (tablas 122 y 123, figuras 200 y 201).

Se trataría de obtener finalmente una zonificación de aquellas áreas en donde coincidan en mayor o menor grado los valores más altos de potencial arqueológico con los niveles mayores de perdurabilidad, lo cual permitiría prever la aparición de estructuras arqueológicas con mejor grado de integridad y/o conservación.

Una vez planteado el objetivo del caso, es necesario elaborar un algoritmo que relacione los dos tipos de gradiente, que se van a expresar en 5 clases de tipo jerárquico para obtener lo que puede denominarse como niveles de riesgo potencial. Se ha optado por emplear el nivel de perdurabilidad a modo de factor sobre cada nivel de potencial -*nivel de potencial x nivel de perdurabilidad*-, y que se presenta de modo gráfico en la tabla 124.





Figura 197. El área de intervención (ZAU 1) y su contexto geográfico sobre la cartografía del Índice de Perdurabilidad Arqueológica (IPA). Fuente: Elaboración propia

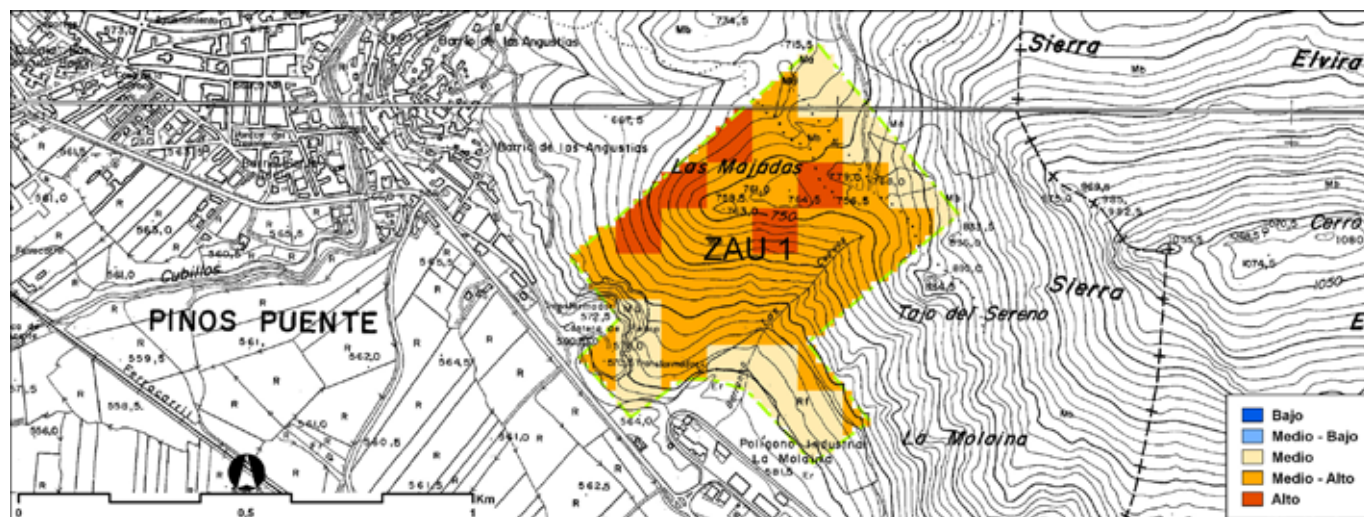


Figura 198. El área de intervención (ZAU 1) y detalle de la cobertura de los niveles de Potencial Arqueológico. Fuente: Elaboración propia sobre el MTA 1:10.000

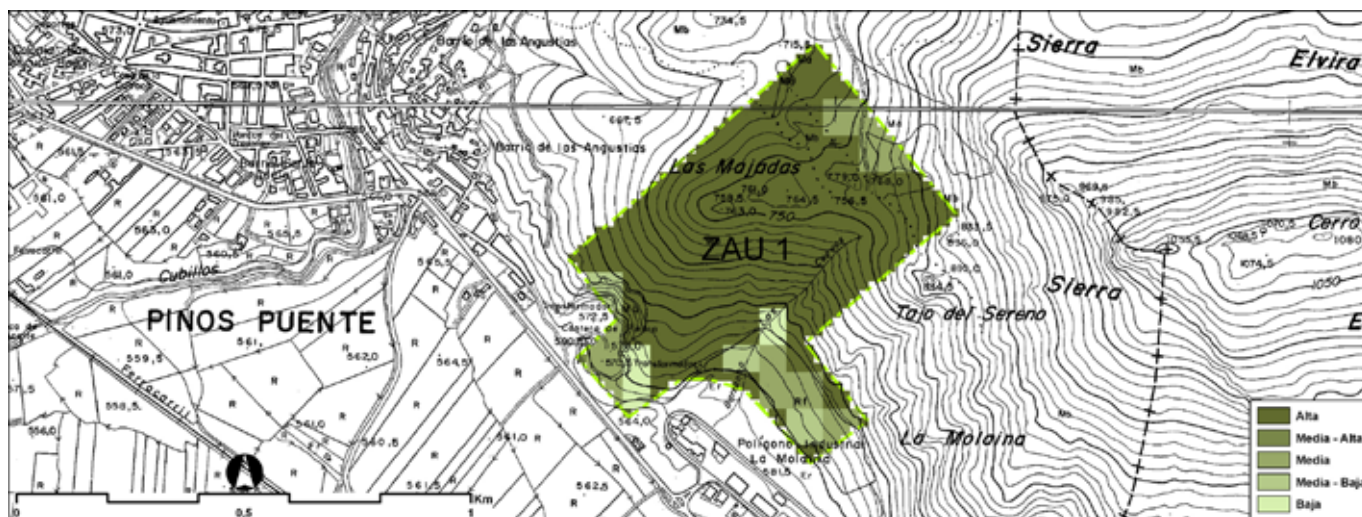


Figura 199. El área de intervención (ZAU 1) y detalle de la cobertura del Índice de Perdurabilidad Arqueológica (IPA). Fuente: Elaboración propia sobre el MTA 1:10.000

		celdillas	hectáreas	%
NIVEL DE POTENCIAL	Bajo	0	0	0,00
	Medio – Bajo	0	0	0,00
	Medio	264	10,56	0,27
	Medio – Alto	599	23,96	0,61
	Alto	127	5,08	0,13
		990	39,6	

Tabla 122. Superficie y porcentajes ocupados por cada nivel de Potencial Arqueológico. Fuente: Elaboración propia

		celdillas	hectáreas	%
ÍNDICE DE PERDURABILIDAD	Bajo	33	1,32	0,03
	Medio – Bajo	41	1,64	0,04
	Medio	121	4,84	0,12
	Medio – Alto	2	0,08	0,00
	Alto	793	31,72	0,80
		990	39,6	

Tabla 123. Porcentajes y superficies ocupados por cada nivel de Perdurabilidad Arqueológica. Fuente: Elaboración propia

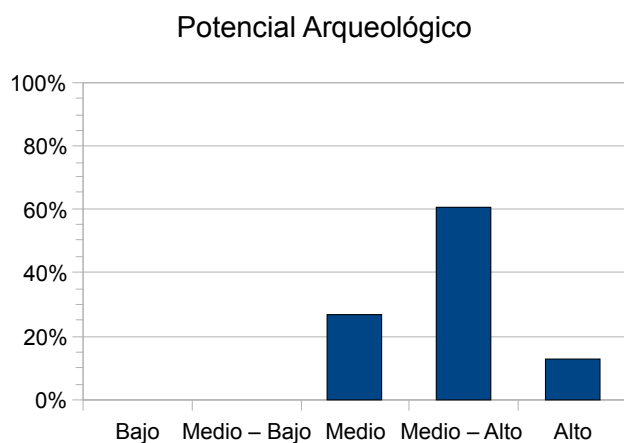


Figura 200. Gráfica de superficie ocupada por cada nivel de Potencial Arqueológico. Fuente: Elaboración propia

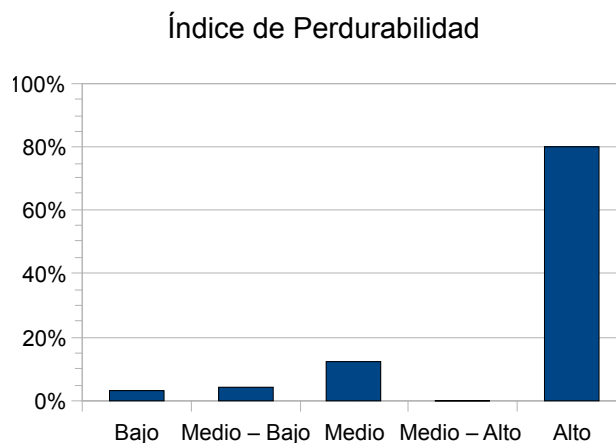


Figura 201. Gráfica de superficie ocupada por cada nivel de Perdurabilidad Arqueológica. Fuente: Elaboración propia

PERDURABILIDAD	Alto	5	10	15	20	25
	Medio – Alto	4	8	12	16	20
	Medio	3	6	9	12	15
	Medio – Bajo	2	4	6	8	10
	Bajo	1	2	3	4	5
		Bajo	Medio – Bajo	Medio	Medio – Alto	Alto
POTENCIAL						

Tabla 124. Clasificación de 5 niveles de riesgo potencial expresada gráficamente desde el cálculo del factor Perdurabilidad sobre Potencial. Fuente: Elaboración propia

Puede verse finalmente la expresión cartográfica de dichos niveles de riesgo potencial sobre el área del proyecto. Esta información podría servir para orientar estrategias de estudios arqueológicos previos, ubicación de elementos edificados según su agresividad subterránea, presupuestos y valoraciones, etc.

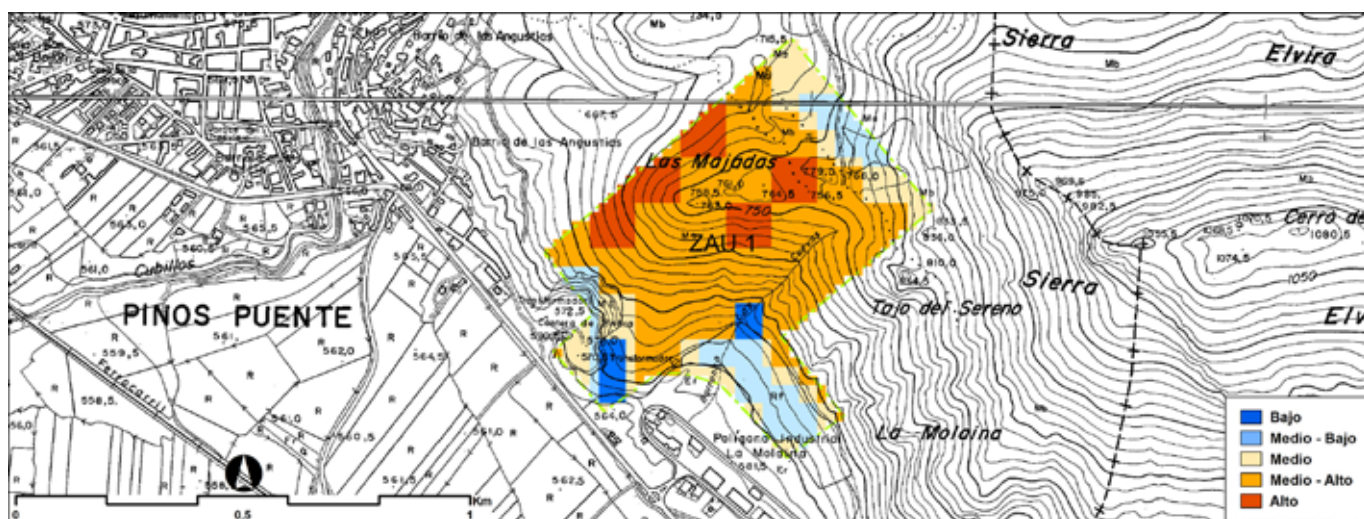


Figura 202. Áreas de riesgo potencial expresadas cartográficamente sobre la zona de estudio. Fuente: Elaboración propia

## Definición de áreas de investigación prioritaria

Para la elaboración del MAPA se ha partido del análisis de la información arqueológica contenida en las bases de datos disponibles en el Centro de Documentación y Estudios del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico que procede mayoritariamente del inventario de yacimientos arqueológicos de Andalucía.

La distribución de las entidades arqueológicas que ha servido de base para estos análisis no es homogénea en el territorio andaluz como ha podido comprobarse en el capítulo 3. La falta de homogeneidad es esperable en un territorio en el que las condiciones medioambientales y la disponibilidad de recursos son muy diversas. Por ejem-



plo, se parte de la premisa de que las zonas fértiles del valle del Guadalquivir estarán más intensamente pobladas que las de Sierra Morena y presentarán una mayor pervivencia del poblamiento.

Sin embargo, no están justificados por esta causa los vacíos de información en algunas áreas como la Sierra Norte de Sevilla, Sierra Morena de Córdoba, el norte de la provincia de Granada, etc. Aunque se pueda aducir que son zonas que han estado históricamente menos pobladas, existe otra causa que explica su escaso conocimiento: las preferencias de la investigación arqueológica.

Una aproximación a la distribución de la investigación arqueológica en Andalucía (FERNÁNDEZ CACHO, 2008: 136 y ss.) muestra el reducido número de prospecciones arqueológicas que se han realizado en amplias áreas del territorio andaluz frente a otras que han recibido una mayor atención por parte del personal investigador. Estas preferencias también se observan con determinados periodos históricos que han sido más investigados, como es el caso de la Prehistoria Reciente, frente a otros muy escasos en investigaciones como el Paleolítico o la Edad Media que no han podido ser incluidos en el MAPA.

Al distinto grado de reconocimiento arqueológico del territorio se une la tibia conexión ya comentada entre el conocimiento adquirido a través de las prospecciones arqueológicas realizadas y su reflejo en los inventarios arqueológicos.

En la planificación de las políticas culturales en materia de investigación del patrimonio arqueológico el MAPA puede aportar una base de conocimiento para orientar las inversiones mediante el establecimiento de líneas de investigación prioritaria. Las prioridades podrían dirigirse hacia zonas de las que se carezca información y que, sin embargo, aparezcan marcadas en el modelo como de alto potencial arqueológico. También habría que contrastar empíricamente las diferencias existentes entre zonas de alto y bajo potencial arqueológico en cada uno de los periodos históricos analizados para comprobar la bondad del modelo propuesto.

Las combinaciones para establecer estas prioridades son múltiples pero podrían atender tanto a las preferencias de los profesionales de la Arqueología que desarrollan sus proyectos de forma autónoma, como de la Administración de Cultura que finalmente debe autorizarlos y, en algunos casos, financiarlos.

Siendo esta una planificación de escala regional y a medio plazo, puede existir también una priorización y planificación de actuaciones a escala de detalle y a corto plazo. Para proyectar, por ejemplo, la realización de una prospección arqueológica superficial en el trazado de un oleoducto puede ser muy útil disponer de información sobre el potencial arqueológico de dicho trazado y determinar así las áreas que han de ser más intensamente reconocidas inicialmente. Este es el método empleado en la aplicación del Mn/DOT de Minnesota (tabla 125).

Potencial	Extensión requerida de la prospección
Alto	100%
Posiblemente alto	100%
Sospecha de alto	100%
Medio	40%
Posiblemente medio	50%
Sospecha de medio	60%
Bajo	15%
Posiblemente bajo	25%
Desconocido	35%

**Tabla 125.** Estrategias de prospección. Minnesota. Fuente: Hudak et ál., 2002: cap. 11

Los resultados de las prospecciones arqueológicas también podrían evaluarse en función de los resultados de la cartografía predictiva. No es razonable que existan diferencias muy significativas entre los resultados de las prospecciones arqueológicas que en teoría se han desarrollado siguiendo métodos semejantes y en territorios con potencial arqueológico similar.

Sin embargo estas diferencias existen y ponen en evidencia que en ocasiones el método empleado no es el establecido inicialmente. Por ejemplo, se realiza una prospección selectiva cuando se ha proyectado originalmente, y como tal ha sido aprobada por la administración cultural, una prospección intensiva.

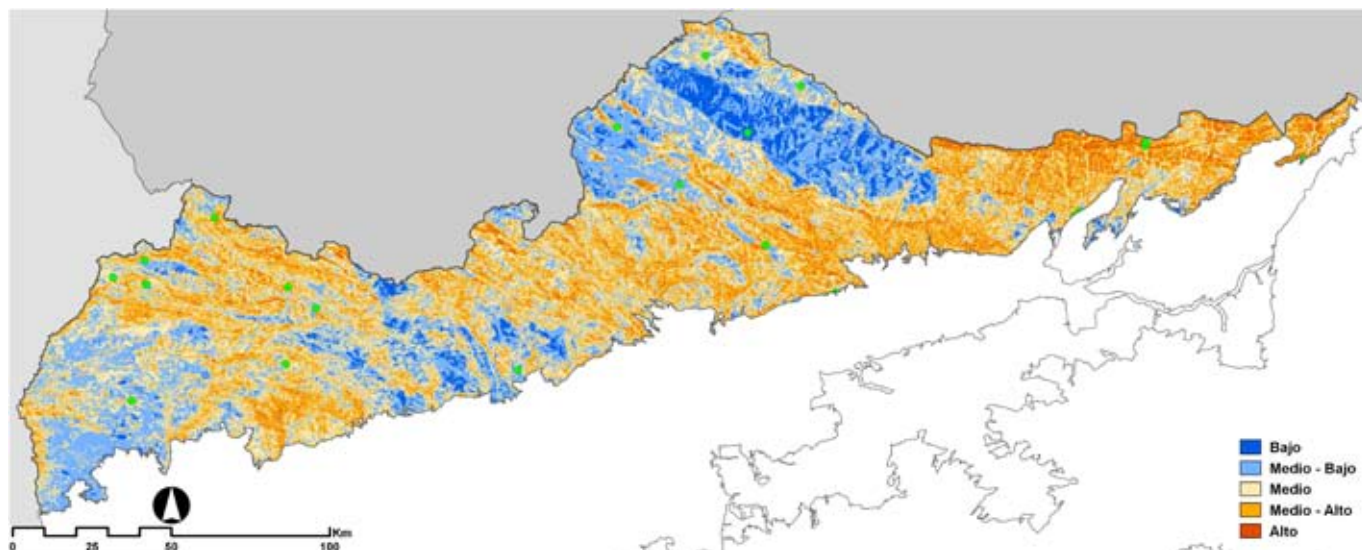
En cualquier caso, las proyecciones de las densidades esperadas para cada zona de potencial pueden servir sólo de indicador que permita detectar este tipo de disfunciones y no de forma taxativa porque como se ha visto son muchos los factores que inciden en la distribución espacial de las entidades arqueológicas.

Utilizando de nuevo un ejemplo para ilustrar esta utilidad del MAPA, se plantea un ejercicio basado en la necesidad hipotética de paliar las carencias de conocimiento observadas para una zona extensa de Andalucía con respecto a los asentamientos arqueológicos de un determinado periodo histórico.

Esta necesidad puede proceder de la constatación de este déficit por parte, tanto de un hipotético equipo de investigación universitario implicado en el estudio de asentamientos de la Edad del Hierro y que se disponga a acometer un programa de prospecciones con el objetivo de asegurarse una adecuada cobertura regional, o como de la propia Administración de Cultura interesada en adecuar programas de optimización del conocimiento de nuevas entidades del patrimonio arqueológico basado en minimizar los desequilibrios existentes respecto del grado de investigación entre unas zonas y otras.

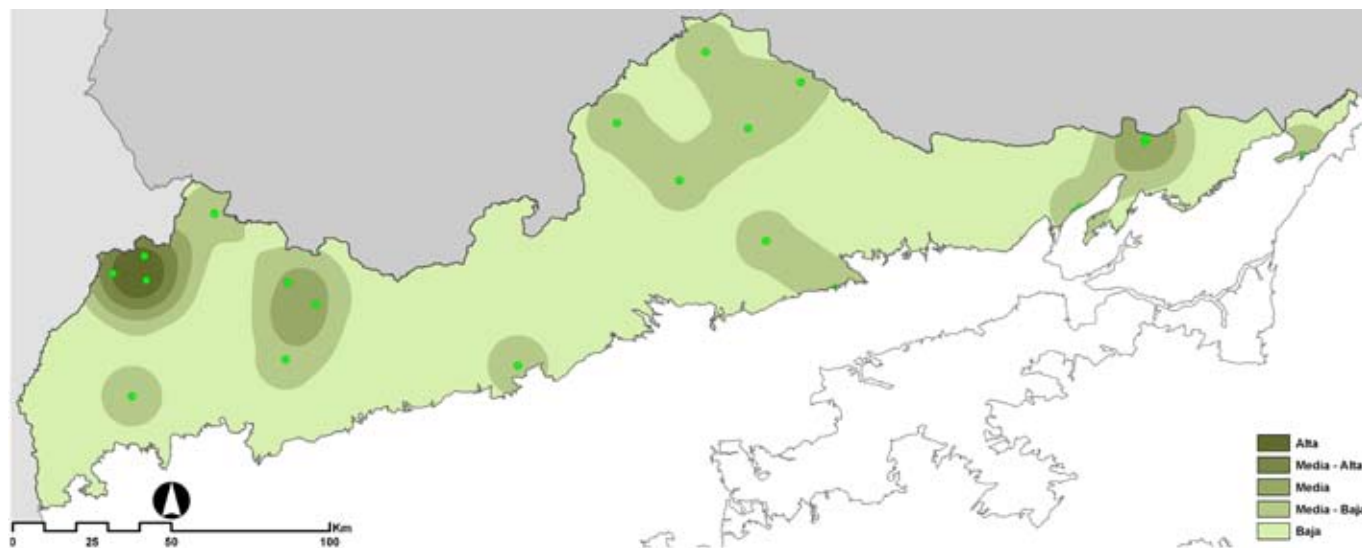


Como área de ejemplo se utiliza la subregión de Sierra Morena, tal como ha sido definida anteriormente en este trabajo, y como temática del caso se aplica a los asentamientos de la Edad del Hierro. Una primera visualización de los valores del MAPA para el área designada aporta la constatación de zonas amplias con niveles bajos y medios-bajos de potencial arqueológico y, del mismo modo, otras áreas de mayor potencial, todas en un contexto de escasas localizaciones arqueológicas significadas en la figura 203 por puntos de color verde.



**Figura 203.** Niveles de Potencial Arqueológico establecidos en la subregión de Sierra Morena para los asentamientos de la Edad del Hierro. Fuente: Elaboración propia

Una manera sencilla -y aproximada- de trasladar los déficit de conocimiento, a falta de una cartografía específica que delimite áreas en las que haya habido proyectos de investigación arqueológica junto con sus resultados, puede ser la utilización de mapas de densidad aplicados al tipo de entidades arqueológicas y al periodo utilizados en el ejemplo (figura 204).



**Figura 204.** Niveles de densidad establecidos en la subregión de Sierra Morena para los asentamientos conocidos de la Edad del Hierro. Fuente: Elaboración propia

Se trataría de analizar de forma cuantitativa las relaciones existentes entre los dos tipos de cartografía -potencial y densidad- con el objetivo de graduar unos niveles de salida que pudieran ser utilizados como áreas más o menos óptimas de acuerdo con el siguiente planteamiento: priorizar aquellas áreas peor conocidas pero con potenciales por encima de los niveles medios con objeto de asegurar líneas de investigación de mayor rendimiento potencial.

De acuerdo con estas premisas se han elaborado dos nuevas salidas cartográficas en las que los valores absolutos obtenidos en primera instancia fueron transformados en valores normalizados en el rango 0 a 1. Esta operación asegura una coherencia en las operaciones de cálculo toda vez que unifica las bases de comparación numérica entre las dos variables presentes en el cálculo, lo que facilita la comprensión final de los resultados.

El algoritmo utilizado ha sido la diferencia entre los índices normalizados de potencial arqueológico y de densidad observada, cuyo cálculo aporta un rango de valores posibles entre -1 y 1, y del que se ofrece su planteamiento gráfico en la tabla 126.

DENSIDAD		1	-1	-0,9	-0,8	-0,7	-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	0
		0,9	-0,9	-0,8	-0,7	-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	0	0,1
		0,8	-0,8	-0,7	-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	0	0,1	0,2
		0,7	-0,7	-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	0	0,1	0,2	0,3
	Medio	0,6	-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	0	0,1	0,2	0,3	0,4
		0,5	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
		0,4	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
	Medio-Bajo	0,3	-0,3	-0,2	-0,1	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
		0,2	-0,2	-0,1	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
	Bajo	0,1	-0,1	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
		0	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
				0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
							Medio		Medio- Alto		Alto		
			POTENCIAL ARQUEOLÓGICO										

La representación cartográfica de los resultados puede verse en la figura 205 que adopta una resolución de grano fino, similar a la salida utilizada de niveles de potencial, que permite su uso a escalas mayores.

Se pueden elaborar modelos de salida más directos en los que se pierde en resolución pero por el contrario se gana en capacidad de análisis a otras escalas y estos tratamientos pueden convertirse en muy útiles para tareas de programación regional. Se trataría, por ejemplo, de traducir los índices alcanzados en medias por término municipal (figura 206) manteniendo los cortes desde 0,5 a 1 expresados en la tabla 126.

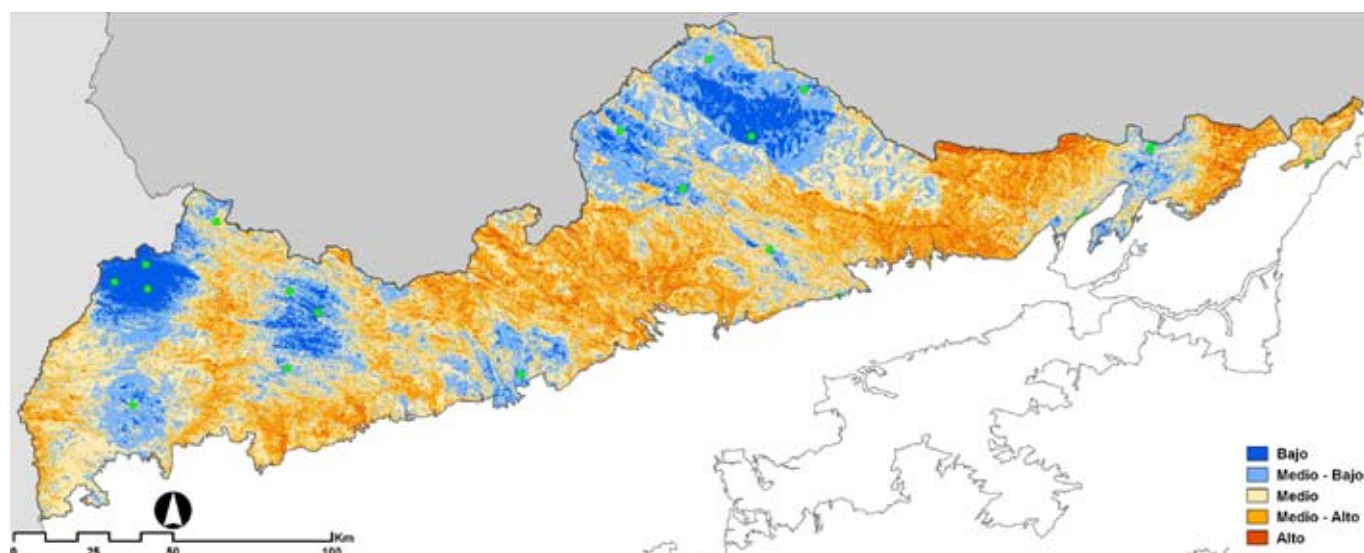


Figura 205. Resultado del cálculo de áreas de interés. Fuente: Elaboración propia

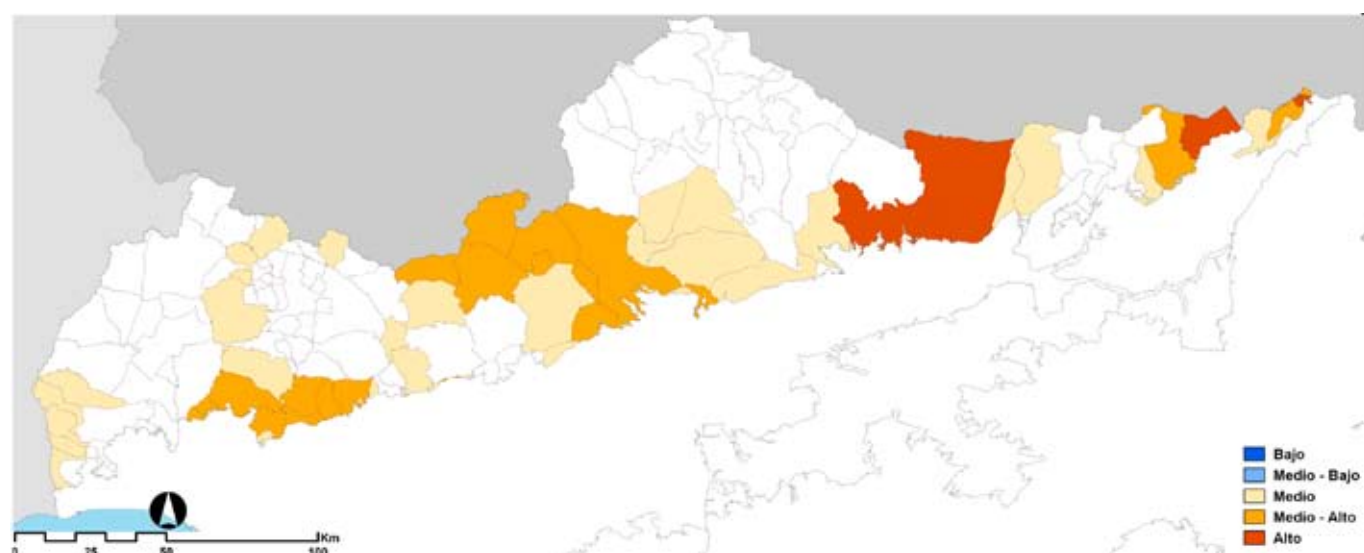


Figura 206. Resultados del cálculo de áreas de interés sin representación de valores por debajo de la media zonificados de acuerdo a la subdivisión de municipios. Fuente: Elaboración propia