



Medio Ambiente, Recursos y Riesgos Naturales

Análisis mediante Tecnología SIG y Teledetección

Volumen II

Editado por

C. Conesa García

Y. Álvarez Rogel

J. B. Martínez Guevara

Grupo de Métodos Cuantitativos,
Sistemas de Información Geográfica
y Teledetección



AGE
Asociación de Geógrafos Españoles



**UNIVERSIDAD
DE MURCIA**

DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA

VOLUMEN II

Medio Ambiente, Recursos y Riesgos Naturales: Análisis mediante Tecnología SIG y Teledetección

Editores:

Carmelo Conesa García

Yolanda Álvarez Rogel

Juan Bautista Martínez Guevara

Aportaciones al “XI Congreso de Métodos Cuantitativos, SIG y Teledetección”
celebrado en Murcia, 20-23 de septiembre, 2004.

Comité Científico:

Vicente Caselles Miralles (Universidad de Valencia), Francisco Calvo García-Tornel (Universidad de Murcia), Carmelo Conesa García (Universidad de Murcia), Emilio Chuvieco Salinero (Universidad de Alcalá), Juan de la Riva Fernández (Universidad de Zaragoza), Francesc Gallart Gallego (Instituto Jaume Almera, C.S.I.C., Barcelona), Michael Gould (Universidad Jaume I), José Luis Gurría Gascón (Universidad de Extremadura), Xavier Pons Fernández (Universidad Autónoma de Barcelona), Francisco López Bermúdez (Universidad de Murcia), Antoni Francesc Tulla Pujol (Universidad Autónoma de Barcelona).

Comité Organizador:

Presidente: Carmelo Conesa García, Secretaria: Yolanda Álvarez Rogel, Vocales: Francisco Alonso Sarría (coordinación cursos), Juan Bautista Martínez Guevara (diseño Web), M^a Luz Tudela Serrano, Mariano Vicente Albadalejo, Pedro Pérez Cutillas (stands), Juan Pablo Caballero Corbalán, Carmen Granell Pérez (apoyo secretaría) y Abelardo López Palacios (servicio telemático).

Grupo de Métodos Cuantitativos,
Sistemas de Información Geográfica
y Teledetección



AGE
Asociación de Geógrafos Españoles



UNIVERSIDAD
DE MURCIA

DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA

*Medio Ambiente, Recursos y Riesgos Naturales:
Análisis mediante Tecnología SIG y Teledetección*
Editado por C. Conesa García, Y. Álvarez Rogel y J.B. Martínez Guevara

Publicado por:



Región de Murcia
Consejería de Medio Ambiente y
Ordenación del Territorio
Dirección General de
Ordenación del Territorio y Costas



Región de Murcia
Consejería de Medio Ambiente y
Ordenación del Territorio
Dirección General de Medio Natural



Región de Murcia
Consejería de Economía, Industria e
Innovación
Dirección General de Ciencia, Tecnología y
Sociedad de la Información



Región de Murcia
Consejería de Presidencia
Dirección General de Protección Civil



**UNIVERSIDAD
DE MURCIA**
SERVICIO DE PUBLICACIONES

Derechos reservados para todos los países

No se permite la reproducción total o parcial de este libro, ni la compilación en un sistema informático, ni la transmisión en cualquier forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro o por otros medios, presentes y futuros, ni el préstamo, alquiler o cualquier otra forma de cesión del uso del ejemplar, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del Copyright.

© Grupo de Métodos Cuantitativos, SIG y Teledetección de la Asociación de Geógrafos Españoles y Departamento de Geografía, Universidad de Murcia.

ISBN Obra completa: 84-8371-487-6
ISBN volumen II: 84-8371-488-4
Depósito Legal: MU-1698-2004

Maquetación: Concepto, Edición y Diseño Gráfico, S.L.
Imprime: FG Graf, S.L.
fgraf@ono.com

Printed in Spain

Contenidos

Prólogo	9
Capítulo 1 APLICACIONES DE LOS SIG Y LA TELEDETECCIÓN AL ESTUDIO DE LOS RECURSOS	
Teledetección aplicada al estudio de los recursos naturales en un medio kárstico <i>T. Bullón Mata</i>	13
Tecnologías de observación de la Tierra en los servicios de asesoramiento de riegos <i>A. Cuesta García, A. M. Jochum y A. Calera Belmonte</i>	25
Estimación, mediante técnicas SIG, de las pérdidas de agua por evaporación en embalses de riego en la Comunidad de Regantes del Campo de Cartagena <i>V. Martínez Alvarez, J.M. Molina Martínez y M. Soto García</i>	37
La teledetección en el contexto agrario andaluz <i>A. J. Rodríguez Pérez, M. Fuentelsaz Pérez, S. Baños Calvo, J. M. Durán Paredes, A. Muñoz Rastro</i>	47
Análisis de imágenes Thematic Mapper para detectar la respuesta espectral de invernaderos <i>J.F. Sanjuan Estrada</i>	61
Estimación a partir de imágenes Landsat de la superficie cultivada con cítricos en Santomera (Murcia) <i>J. C. González Rojas y J. A. Palazón Ferrando</i>	75
Creación de metadatos para desarrollar un SIG aplicable a la agricultura cañera cubana <i>S. Segrera Francia, R. Marín Mazorra, A. Pérez Pérez, R. Villegas Delgado, Y. Viñas Quintero, L. Benítez Puig e I. Machado Contreras</i>	83

Cartografía de cultivos y áreas urbanas mediante técnicas de teledetección en los acuíferos terciarios de Torrevieja y Cabo Roig (Alicante) <i>J.C. Gumiel Gutiérrez y J.E. Hornero Díaz</i>	93
Gestión de recursos piscícolas en la Región de Murcia: delimitación de distritos ganaderos en el término de Totana <i>M. Erena, P. García, A. Robledo, M. Vicente, F. Alcaraz y E. Correal</i>	105
Aplicación de SIG para seleccionar campos abandonados recuperables como áreas de pastoreo en el Pirineo Aragonés <i>M.P. Errea, D. Carbajo y T. Lasanta</i>	117
Relaciones entre NDVI, variables topográficas y vegetación en pastos supraforestales del Pirineo <i>A. Campo, A. Marinas, R. García-González, D. Gómez y M. Gartzia</i>	131
Interacción sociedad-medio: predicción del potencial arqueológico de Andalucía <i>S. Fernández Cacho</i>	145
El SIG del casco histórico de Santiago de Compostela <i>J.R. Chantada Acosta y E.A. Abad Vidal</i>	155
 Capítulo 2	
APLICACIONES DE LOS SIG Y LA TELEDETECCIÓN AL ESTUDIO DE LOS RIESGOS NATURALES	
Incertidumbres en la determinación de la susceptibilidad a movimientos de ladera inducidos por terremotos en Alcoy (Alicante) <i>J. Delgado, J.A. Peláez, R. Tomás, C. López Casado, A. Estévez, C. Doménech y A. Cuenca</i>	165
Análisis de la evolución de las superficies de deflación eólica en la Playa de El Inglés (Gran Canaria, Islas Canarias) mediante técnicas de fotointerpretación y teledetección (1960-2002) <i>G. Díaz Guelmez y L. Hernández Calvento</i>	177
Estimación de profundidades en la Bahía de Santander y en las Marismas de Santoña a partir del sensor aerotransportado CASI <i>E. Castillo López y V. Bayarri Cayón</i>	189

Respuesta de la cubierta vegetal a la ola de calor del verano 2003 en Europa Sur Occidental y Noroeste de África: un estudio mediante imágenes Spot-Vegetation <i>A. Lobo, Ph. Maisongrande y L. Coret</i>	199
Cartografía de las inundaciones del río Ebro en febrero de 2003: trabajos de fotointerpretación, teledetección y análisis SIG en el GIS-Ebro <i>J. A. Losada García, S. Montesinos Aranda, M. Omedas Margelí, M.A. García Vera y R. Galván Plaza</i>	207
Análisis del riesgo de inundación en zonas afectadas por avenidas de cuencas hidrográficas en régimen natural en la Región de Murcia <i>F. Alonso Sarria, F. Gomariz Castillo y P. Pérez Cutillas</i>	219
Análisis, mediante tecnología SIG, de la vulnerabilidad del sector comercial de la ciudad de Girona a las inundaciones del río Onyar <i>L. Ribera Masgrau</i>	233
Evaluación de métodos de composición multitemporal para la cartografía de área quemada con imágenes Terra-MODIS <i>I. Gómez Nieto, P. Martín Isabel, E. Chuvieco Salinero y G. Ventura Parra</i>	247
Índice de riesgo de incendio forestal a través de datos de satélite con relación a condiciones meteorológicas previas <i>J. A. Valiente, M. J. Estrela y M. J. Barberá</i>	264
La modelización aplicada a la prevención y gestión de riesgos catastróficos: cartografía de viento en situaciones meteorológicas de riesgo de incendios forestales en la Comunidad Valenciana <i>M. J. Estrela, F. Pastor, J. A. Valiente y J. A. Alloza</i>	279
Cartografía del riesgo de incendios forestales en el área de Sierra Espuña - Gebas (Murcia) <i>Y. Alvarez Rogel</i>	295
El empleo de clasificadores de contexto para la obtención de cartografía en la interfase urbano forestal <i>L. A. Arroyo Méndez, D. Cocero Matesanz, J. A. Manzanera de la Vega, L.G. García Montero y C. Pascual Castaño</i>	311

Empleo de la cartografía CORINE Land Cover para el desarrollo de modelos de análisis de incendios en áreas periurbanas (IU-F) (Proyecto WARM) <i>C. Pascual, L.G. García-Montero, S. Martín, L. Arroyo, D. Cocero y J.A. Manzanera</i>	321
Aplicación de un SIG en el estudio y análisis de los problemas derivados de la salinidad de las aguas de riego en la Vega Baja del río Segura <i>J. Cordero Gracia y G. Parra Galant</i>	333
Cartografía de peligrosidad de contaminación de las aguas subterráneas mediante un SIG. Aplicación al acuífero de la Sierra de Mijas (Málaga) <i>J.M. Vías Martínez, M.J. Perles Roselló y B. Andreo Navarro</i>	347
Obtención del mapa de riego utilizando SIG e imágenes satelitales. Caso Hantavirus en la Cordillera Neuquina, Patagonia Argentina <i>A. Dufilho, M. Rodilla, A. Argente Mena, M. Scavuzzo y M. Lamfri</i>	361
Aplicación de SIG y teledetección satelital en los modelos de transmisión de la fascioliasis humana y animal en los Andes <i>M.V. Fuentes, S. Sainz-Elipe, P. Nieto, J.B. Malone y S. Mas-Coma</i>	373
Aplicación de los SIG al seguro agrario combinado: una solución a los problemas de gestión de los datos de las inspecciones en campo <i>J. Cordero Gracia y G. Parra Galant</i>	387
Mapa de vulnerabilidade sócio-econômica como suporte à implantação do Programa Fome Zero no município de Criciúma-SC <i>L. F. Siqueira, M.Leal Lahorgue, A. Bittencourt de Souza, W. Comin Sonáglio</i>	399
Anexo de figuras	409

Interacción sociedad-medio: predicción del potencial arqueológico de Andalucía

S. Fernández Cacho

Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico. Dirección General de Bienes Culturales. Consejería de Cultura. Junta de Andalucía. Paseo de los Descubrimientos, 1. 41092-Sevilla.

RESUMEN

El Proyecto “Modelo Andaluz de Predicción Arqueológica” (MAPA) se orienta hacia la elaboración de un mapa del potencial arqueológico de la comunidad autónoma en permanente actualización. Los objetivos principales del MAPA se concretan en el acrecentamiento de la capacidad predictiva para desarrollar una planificación más eficaz de las políticas culturales (estimación de riesgos potenciales en proyectos de ejecución de obras, líneas prioritarias de investigación, medidas preventivas en la ordenación del territorio, etc.)

Entendiendo que el Patrimonio Arqueológico forma parte indisoluble del Medio Ambiente, y que el propio medio ha condicionado en gran medida la elección de lugares de asentamiento humano y su preservación hasta el presente, se han agrupado las variables de análisis en torno a tres grupos de indicadores: Indicadores selectivos, de perdurabilidad y de conocimiento.

Este proyecto se desarrolla en colaboración con el Departamento de Geografía Física y Análisis Regional y el de Estadística e Investigación operativa de la Universidad de Sevilla.

Palabras Clave: Métodos Cuantitativos, SIG, Modelos predictivos, Patrimonio Arqueológico.

ABSTRACT

The Project “Andalusian Model of Archaeological Prediction” (MAPA in its Spanish acronym) is aimed at the elaboration of a permanently-updated cartography of the Andalusian

archaeological potential. Generally speaking, this project seeks to make regional cultural and archaeological policies more robust, incorporating some predictive capacity in them. Specific aspects of this project involve assessment of risk potential in major public works, definition of priorities in lines of research and work, preventive measures to be included as part of land-planning documents, etc.

We depart from the assumption that the archaeological heritage is an inextricable part of the environment: to a large extent, prevailing natural conditions have historically shaped human settlement throughout the landscape. Three sets of variables have been defined for this project, namely selective indicators, durability indicators, and knowledge indicators.

This project has been carried out in collaboration with two departments of the University of Sevilla: Physical Geography and Regional Analysis and Statistics and Operative Research.

Key Words: Quantitative Methods. GIS, Predictive Modelling, Archaeological Heritage Management.

INTRODUCCIÓN

Hasta que el ser humano fue capaz de moldear el medio físico en su propio beneficio, las condiciones naturales del entorno fueron básicas en la elección de determinados lugares para el asentamiento de poblaciones antiguas: la cercanía de recursos hídricos, la riqueza agrícola del suelo, la altitud, el clima, etc.

Las huellas arqueológicas de dichos asentamientos y de otros usos y aprovechamientos del medio a lo largo del tiempo forman parte de la configuración de los territorios y paisajes actuales, y su análisis contribuye a interpretar su historia y a explicarlos desde el punto de vista de su materialización contemporánea.

El estudio de las variables ambientales y culturales adecuadas permitirá, por una parte, avanzar en el conocimiento de los factores que inciden en la distribución de las entidades arqueológicas (EA) registradas en el Sistema de Información del Patrimonio Histórico de Andalucía (SIPHA) y, por otra, delimitar zonas de alto potencial arqueológico como apoyo a la planificación territorial.

Este paso, desde los proyectos de desarrollo de bancos de datos a su tratamiento y análisis espacial, descansa en el convencimiento de que la información patrimonial interesa en relación con el territorio. Las bases de datos se conciben ya no sólo como un terreno activo para el depósito de la información, sino también para la investigación, para el uso en las actividades que se desarrollan en el espacio, cuando éste se ordena en el ámbito del urbanismo, las infraestructuras, la agricultura, etc.

La predicción en Arqueología es algo novedoso en el contexto nacional, aunque ya se ha experimentado en países como Estados Unidos, Canadá, Holanda, Bélgica, Alemania, Croacia o el Reino Unido. El proyecto MAPA se encuentra en una fase inicial en el IAPH y aún no

funciona hacia el exterior. Sin embargo, su planteamiento y posibilidades están en la línea de los que se están poniendo en marcha en sistemas de información avanzados.

Pero no se debe magnificar el instrumento en sí mismo, ya que éste depende de la óptima organización de las bases de datos y de la calidad de la información. En caso contrario, la formulación de hipótesis para investigar o intervenir en el territorio serán inconsistentes. Si esta base no se presenta como un sustento firme, la metodología de trabajo debe adaptarse a los condicionantes que cada caso.

En este trabajo se expone el estado de la cuestión y se incide en aquellos aspectos que se deben tener en consideración a la hora de desarrollar y aplicar en la actualidad un modelo probabilístico, basado en los datos disponibles, ensayando la fiabilidad de la herramienta que se está creando y comparándola con otras existentes en nuestro entorno.

JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

En el SIPHA se encuentran registradas algo más de 12000 entidades arqueológicas, que se distribuyen heterogéneamente por el territorio de la comunidad autónoma. Este número representa una densidad de EA de 0.137 EA/km² frente a las 3.48 de Dinamarca, y muy por debajo también de Holanda (1.77), Irlanda (1.70), Polonia (1.43) o Escocia (1.39) (*Wheatley y García, 2002: 158*). Presuponiendo que el potencial arqueológico andaluz se situara en niveles semejantes a los de Dinamarca, en el SIPHA se deberían tener registradas más de 300.000 EA. Más realista es quizá la comparación con aquellos otros países que registran densidades en torno a las 1.5/ km² y que se acercan a las obtenidas en prospecciones arqueológicas intensivas recientes (*García Sanjuán, 2004: 189-190*), situando la estimación final en torno a las 150.000 EA.



Figura 1. Distribución de entidades arqueológicas en Andalucía (2003).

Entre los años 1985 y 2002 se realizaron campañas de inventario de yacimientos arqueológicos de forma más o menos sistemática, pero con posterioridad a esta fecha la Dirección General de Bienes Culturales ha dado prioridad a la protección legal de todos los que ya se encontraban registrados antes que realizar nuevas campañas.

Además, mantener un inventario exhaustivo del Patrimonio Arqueológico de un territorio de 87.000 kms² y con una riqueza patrimonial como la andaluza, es extraordinariamente costoso, tanto en recursos económicos como en tiempo, no sólo para obtener la información sino también para mantenerla actualizada.

Para reducir los riesgos que esta situación de desconocimiento real del potencial arqueológico puede producir en la preservación de las EA, el objetivo fundamental planteado a través del proyecto MAPA es la zonificación del territorio en función de su potencial arqueológico, para apoyar la incorporación de las medidas preventivas necesarias en la planificación territorial o en la ejecución de obras con importante impacto en el territorio.

BASE TEÓRICA Y METODOLÓGICA

La base teórica que subyace en este proyecto puede resumirse en los tres aspectos siguientes:

1. Los seres humanos han elegido lugares para su uso y aprovechamiento en función de unas determinadas características ambientales (*Duncan y Beckman, 2000: 33; Dalla Bona, 2000: 75*). Son las variables medioambientales las que hacen posible el asentamiento y el desarrollo de las actividades humanas o, al menos, las hace más probables en unos lugares que en otros.
2. La influencia de los factores medioambientales es inversamente proporcional a la escala espacial de análisis. Ello supone que a menor escala espacial mayor es su incidencia (*Sydoriak, 2000: 102*).
3. Así mismo, la influencia de los factores medioambientales es mayor cuanto menor es el desarrollo tecnológico (*Church et al., 2000: 149*). Los avances tecnológicos han permitido paulatinamente la *domesticación* del medio y la adaptación de los seres humanos a condiciones medioambientales previamente insospechadas.

Esta base teórica incide sustancialmente en la metodología de trabajo propuesta en el proyecto, fundamentalmente en la elección de la escala de análisis que se extiende al conjunto de la comunidad autónoma. Esta elección se encuentra también condicionada por la información arqueológica y geográfica disponible.

En algunos trabajos recientes se cuestiona la validez del uso de los datos provenientes de inventarios generales de yacimientos arqueológicos en este tipo de proyectos, ya que requieren una buena calidad de la información de partida (*Church et al., 2000; Wheatley, 2004; Ebert, 2000; Wiemer, 2002*). Esta exigencia se basa en la naturaleza de los análisis realizados, en la mayoría de los casos correlaciones estadísticas establecidas entre variables ambientales y localizaciones arqueológicas conocidas. Los errores en las localizaciones o su distribución espacial derivada de factores no arqueológicos, pueden producir distorsiones graves en los resultados obtenidos y, en consecuencia, la inviabilidad del modelo.

Los datos arqueológicos disponibles para el MAPA proceden también, en gran parte, del Inventario de Yacimientos Arqueológicos de Andalucía, que adolece de los citados errores y otras imprecisiones en la información, tanto de la propia localización espacial como de las adscripciones crono-tipológicas. Sin embargo, a escala regional, el grado de definición de la información parece suficiente tal y como se desprende de los análisis realizados en una primera fase de valoración general de la información (*Fernández Cacho et al.*, 2002).

En cualquier caso, los efectos de las posibles incorrecciones de los datos de partida quedarán mitigados por el esquema metodológico empleado, que se basa en un modelo mixto correlación-explicación, que no descansa exclusivamente en las correlaciones estadísticas, sino también en las hipótesis explicativas previas, que luego quedarán o no contrastadas por la información existente. Del mismo modo, la información almacenada en las bases de datos ya existentes también se empleará a la hora de ponderar los valores relativos a la incidencia de cada variable en la distribución de las EA. En cada caso, un exhaustivo análisis de los datos determinará la decisión sobre su utilidad y las posibilidades de su incorporación en el modelo final (*Muñoz Reyes*, 2003; *Muñoz Reyes et al.*, 2004).

Por otra parte, la cartografía de carácter geográfico producida por distintos organismos de la Comunidad Autónoma que sirven para la consecución de los objetivos del MAPA, se han generado para la totalidad del territorio andaluz a una escala de 1:100.000 (para casos concretos 1:50.000 y 1:400.000), con una buena resolución por proceder en gran parte de la generalización de la cartografía a 1:10.000 (*Márquez y Vallejo*, 2003).

VARIABLES SELECCIONADAS Y ANÁLISIS REALIZADOS

Variables ambientales de carácter selectivo

Este grupo de variables son las que hipotéticamente inciden en mayor medida en la elección de un determinado lugar para el uso y aprovechamiento humanos (*Fernández Cacho y otros*, 2002; *Fernández Cacho*, 2004).

Las primeras aproximaciones al análisis de estas variables se realizaron mediante la aplicación de procedimientos estadístico-descriptivos básicos para explicar la naturaleza de las relaciones entre algunas variables ambientales (hidrografía, litología y altimetría) y la distribución de EA en el territorio andaluz (*Fernández Cacho y otros*, 2002).

Estos análisis preliminares permitieron establecer una serie de conclusiones tanto metodológicas como conceptuales, que pueden concretarse en un aspecto básico para la viabilidad del proyecto: a escala regional, el análisis de los datos disponibles ofrecen unos resultados coherentes desde el punto de vista histórico-arqueológico.

Posteriormente se localizó e inventarió el resto de la cartografía disponible referida a este grupo de variables, seleccionando aquéllas que *a priori* pueden tener mayor influencia en la distribución de las entidades arqueológicas en el territorio y registrando su ubicación, procedimiento de elaboración, escala, año, etc. Las variables primarias de las que se derivarán variables secundarias son la altitud, litología, modelado 3D, tipo de suelo, capacidad de uso

del suelo, vegetación potencial, asentamientos arqueológicos, vías pecuarias, usos del suelo y explotaciones mineras.

VARIABLES DE PERDURABILIDAD

En la mayor parte de los modelos predictivos, el objetivo perseguido es la detección de áreas de alto potencial arqueológico por ofrecer las características más apropiadas para el uso y aprovechamiento humanos. Sin embargo, con mucha frecuencia se obvian otros aspectos muy importantes desde el punto de vista de la gestión de patrimonio, como es el análisis de los factores que han podido incidir en la conservación de las EA hasta la actualidad¹. Por ello, después de realizar una primera aproximación a las variables selectivas, se ha abordado el análisis de las variables de perdurabilidad.

La importancia de tener en cuenta estos últimos factores estriba en la necesidad de aplicar políticas preventivas eficaces en lugares donde realmente hay razones objetivas para pensar que existen mayores probabilidades de registrar EA, eliminando aquellos otros que, aunque tuvieran en origen condiciones favorables similares, han sufrido a lo largo del tiempo alteraciones que pueden haber afectado gravemente a su preservación.

Ésta es la razón de la elaboración de un primer Índice de Perdurabilidad Arqueológica (IPA), a través del cual se ha procedido a delimitar zonas en las que se presupone un menor riesgo de deterioro, frente a otras en las que, independientemente de su potencial arqueológico original, es más probable que las EA hayan desaparecido o se encuentren en un peor estado de conservación.

El IPA ha sido calculado a partir de la información ofrecida por la serie de *Mapas de Usos y Coberturas Vegetales del Suelo* (1987-1991-1995-1999), elaborada periódicamente por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía y la serie de *Mapas de Pérdidas de Suelo de Andalucía* (1992-2002) elaborados por la misma consejería con carácter anual a partir de los parámetros de erosividad (agresividad de la lluvia), erodibilidad (resistencia del suelo), pendiente y grado de protección ofrecido por la vegetación (*Márquez-Vallejo, 2004*).

Tras una serie de experimentos previos, la propuesta de fórmula final se ha establecido en función de los siguientes criterios:

1. Se han clasificado un total de 146 usos del suelo en función de su potencial agresividad sobre los restos arqueológicos, con valores situados entre 1 (menor agresividad) y 4 (mayor agresividad). De esta clasificación se ha eliminado el uso urbano por entender que la perdurabilidad de los sitios arqueológicos en suelo urbano obedece a causas de naturaleza distinta y que requiere un análisis singularizado.
2. Junto a la agresividad de los usos del suelo se ha introducido el factor “variabilidad” de los mismos, es decir, se entiende que a mayor variabilidad en los usos, mayor posibilidad de deterioro del Patrimonio Arqueológico.

¹ “Not only will it define those environmental variables or combinations of variables that would attract human use and thus predict site location, but also it will address post-site formation processes that could obscure or destroy these sites” (*Church et al., 2000: 146*).

3. Se ha ponderado al alza la influencia de los usos del suelo y su variabilidad frente a la derivada de la erosión, que en puntuales ocasiones llega a ser la causa de la desaparición de sitios arqueológicos.

La fórmula final propuesta se presenta en la Figura 2, donde se muestra la zonificación de Andalucía en función de la perdurabilidad arqueológica del subsuelo, apareciendo en tonalidades más claras las áreas que presentan una menor perdurabilidad (Márquez-Vallejo, 2004):

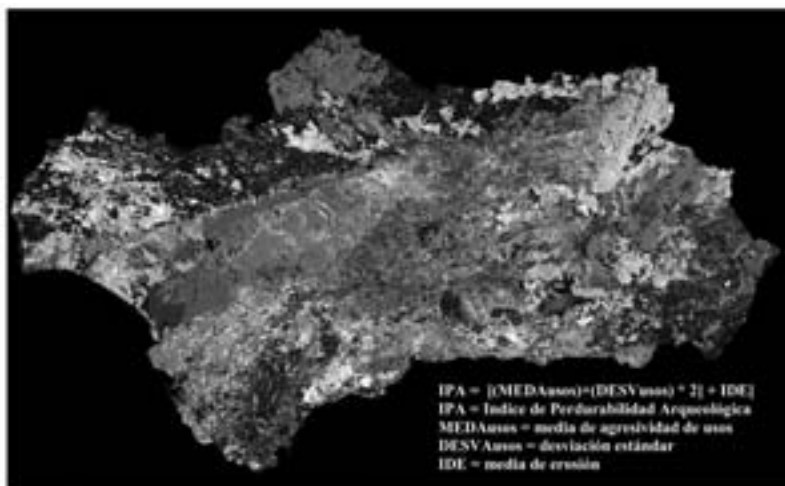


Figura 2: Perdurabilidad Arqueológica en Andalucía

Al mismo tiempo que se trabaja en la primera formulación del IPA, aplicando métodos deductivos, se realizaban los primeros análisis estadísticos sobre los datos contenidos en las bases de datos del IAPH, para determinar las posibilidades de su incorporación en el modelo para ajustar el IPA (Muñoz *et al.*, 2004).

Tras realizar diversos test estadísticos para valorar las medidas de asociación entre la información relativa al grado de conservación de las EA y el nivel de agresividad de los usos del suelo se obtuvieron los siguientes resultados:

1. En líneas generales, la información almacenada en el SIPHA es demasiado imprecisa en el apartado de conservación. No existe correlación estadística significativa entre el grado de conservación asociado a las EA registradas (destruido/desaparecido, parcialmente destruido/bajo, medio y alto) y el nivel de agresividad de los usos del suelo.
2. La última comprobación de la viabilidad de uso de los datos disponibles, referidos al estado de conservación de las EA, ha sido distinguir aquéllos que proceden de la primera fase del inventario (1986-1991), realizado con una ficha poco detallada, con los registrados en la segunda fase del inventario, con información y normas de cumplimentación más precisas (1992-2000). Tampoco en este caso se han observado diferencias significativas en la relación entre el grado de conservación asociado a cada EA y el índice de perdurabilidad asignado.

3. La asociación más significativa se establece entre las causas de deterioro de las EA y el nivel de agresividad² del suelo.
4. Sí existe relación entre el número de EA registradas y el IPA. Se constata la coherencia entre la distribución de localizaciones arqueológicas y la zonificación realizada en función del IPA (Márquez y Vallejo, 2004), aunque los datos asociados a cada EA relativos a su estado de conservación no ofrezca la calidad requerida para su tratamiento estadístico.
5. Se apuesta por una aproximación deductiva al IPA y a una contrastación de los resultados mediante un muestreo específico sobre el terreno.

En próximos trabajos se procederá a la inclusión de otras variables en el IPA, como pueden ser la delimitación de espacios naturales protegidos, las infraestructuras viarias o los tipos de cultivo.

Variables culturales y de conocimiento

No sólo las variables medioambientales influyen en la distribución observable de sitios arqueológicos. Otros factores, culturales y de conocimiento, tienen que ser tenidos en cuenta, tal y como expresan los más críticos con el determinismo ambiental inherente a la sobrevaloración de las variables del medio físico en la explicación del comportamiento humano (van Leusen y otros, 2002; Stančič-Kvamme, 1999; Kamermans-Wansleben, 1999). Entre los primeros se analizarán los patrones de asentamiento conocidos en función de los periodos históricos y las zonas geográficas, las características geográficas más idóneas para la localización de sitios arqueológicos asociados a tipologías concretas (alfarerías, complejos extractivos, explotaciones agropecuarias, etc.), la distancia entre asentamientos, etc.

En algunos modelos predictivos, las correlaciones estadísticas para establecer los patrones de comportamiento humano se establecen también a partir de datos procedentes de los inventarios arqueológicos o de los recopilados en prospecciones intensivas de porciones de terreno a modo de muestra. En el caso del MAPA, se utilizarán los dos tipos de información, cuyos resultados serán contrastados.

Sin embargo, la distribución de EA, que muestra el mapa de localizaciones arqueológicas de Andalucía, está condicionada también por otro grupo de variables: las de conocimiento (Fernández Cacho *et al.*, 2002; Fernández Cacho, 2004). Entre ellas se encuentran las preferencias de los arqueólogos por determinados contextos territoriales o periodos históricos, el distinto grado de profundización en la información de algunos apartados de registro, los diversos criterios establecidos por cada Delegación Provincial de Cultura, la dificultad de algunas áreas para su prospección intensiva, etc. Una valoración de la incidencia de estas variables ayudará a establecer la representatividad real de la información arqueológica de partida.

² Las pruebas de chi-cuadrado arrojan una medida de asociación del 0.23, frente al 0,007 entre grado de conservación y la agresividad de los usos del suelo.

CONCLUSIONES

Los primeros análisis realizados en el marco del proyecto MAPA han permitido avanzar en distintos aspectos relacionados con la tutela del Patrimonio Arqueológico andaluz. A modo de conclusión se destacan los siguientes:

1. Elaboración de un primer Índice de Perdurabilidad Arqueológica de la Comunidad Autónoma, que ha permitido visualizar la zonificación de la totalidad del territorio en función de criterios estrictamente patrimoniales.
2. Realización de diversos procesos de depuración de la información arqueológica contenida en el SIPHA para su posterior tratamiento estadístico, lo que ha redundado en la cualificación de las tablas de datos fuente.
3. Evaluación de la calidad de la información referida al estado de conservación del Patrimonio Arqueológico de Andalucía, que contiene las bases de datos patrimoniales del IAPH, su potencial uso en proyectos semejantes y las consecuentes propuestas de mejora.
4. Tratamiento avanzado de la información cartográfica y alfanumérica disponible como apoyo a las políticas de planificación territorial.

La construcción de un sistema de información en arqueología basado en evidencias que no solamente se descubren a simple vista o a través de fotografía aérea, sino a través de procesos complejos, como los perseguidos en este proyecto, es un reto al que se le puede dar una dimensión en coste y en tiempo, y con unos beneficios evidentes derivados de su implementación.

REFERENCIAS

- Church, T.; Brandon, J. y Burgett, R. (2000): "GIS applications in Archaeology. Methods in search of theory". En K. L. Wescott y R. J. Brandon: *Practical Applications of GIS for Archaeologist. A predictive modelling kit*. Taylor & Francis. Londres. Pgs.: 135-155.
- Dalla Bona, L. (2000): "Protecting cultural resources through forest management planning in Ontario using archaeological predictive modelling" En K. L. Wescott y R. J. Brandon: *Practical Applications of GIS for Archaeologist. A predictive modelling kit*. Taylor & Francis. Londres. Pgs.: 73-99.
- Duncan, R. B. y Beckman, K. A. (2000): "The application of GIS predictive site location models within Pennsylvania and West Virginia" En K. L. Wescott y R. J. Brandon: *Practical Applications of GIS for Archaeologist. A predictive modelling kit*. Taylor & Francis. Londres. Pgs.: 33-58.
- Ebert, J. T. (2000): "The state of the art in 'Inductive' predictive modelling: seven big mistakes (and a lots of smaller ones)" En K. L. Wescott y R. J. Brandon: *Practical Applications of GIS for Archaeologist. A predictive modelling kit*. Taylor & Francis. Londres. Pgs.: 129-134.
- Fernández Cacho, S. (2004): "Modelo Andaluz de Predicción Arqueológica. Líneas básicas para el desarrollo del proyecto MAPA". *Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico*, 50. Pgs.: 57-63.
- Fernández Cacho, S.; Mondéjar Fernández de Quinconces, P. y Díaz Iglesias, J.M. (2002): "La Información de Patrimonio Arqueológico de Andalucía. Valoración general." En Fernández Cacho, S. (Ed): *ARQUEOS. Sistema de Información del Patrimonio Arqueológico de Andalucía. Serie Cuadernos Técnicos del IAPH* nº 6. Junta de Andalucía. Granada. Pgs.: 143-165
- García Sanjuán, L. (2004): "La prospección arqueológica de superficie y los SIG". En J.C. Martín de la

- Cruz y A.M. Lucena Martín (Ed.): *Actas del I Encuentro Internacional de Informática Aplicada a la Investigación y la Gestión Arqueológicas (Córdoba, 5-7 de Mayo de 2003)*. Pgs.: 185-210. Córdoba.
- Kamermans, H. y Wansleben, M. (1999): "Predictive modelling in Dutch archaeology, joining forces". En J.A. Barceló; I. Briz; A. Vila (Eds.): *New technique for old times. CAA98. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology. BAR International Series 757*. Archaeopress. Oxford. Pgs.: 225-230.
- Márquez Pérez, J. y Vallejo Villalta, I. (2003): *Disponibilidad, características y posibilidades de utilización de la información geográfica en modelos de predicción y gestión del Patrimonio Arqueológico en Andalucía*. IAPH. Informe inédito.
- Márquez Pérez, J. y Vallejo Villalta, I. (2004): "Aproximaciones a la elaboración y cartografía de un índice de perdurabilidad de sitios arqueológicos en Andalucía". *Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico*, 50. Pgs.: 64-70.
- Muñoz Reyes, A. M. (2003): *Dictamen sobre la calidad de la información disponible para la ejecución del proyecto 'Modelo Andaluz de Predicción Arqueológica' desde el punto de vista de su tratamiento estadístico*. IAPH. Informe inédito.
- Muñoz Reyes, A.M.; Rodrigo Cámara, J. M. y Fernández Cacho, S.(2004): "Los datos a examen: estadística e indicadores de perdurabilidad de los sitios arqueológicos andaluces". *Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico*, 50. Pgs.: 71-79.
- Stančič, Z. y Kvamme, K. (1999): "Settlement patterns modelling through Boolean overlays of social and environmental variables" En J.A. Barceló; I. Briz; A. Vila (Eds.): *New technique for old times. CAA98. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology. BAR International Series 757*. Archaeopress. Oxford. pp. 231-237.
- Sydoriak Allen, K. M. (2000): "Consideration of scale in modelling settlement patterns using GIS: an Iroquois example" En K. L. Wescott y R. J. Brandon: *Practical Applications of GIS for Archaeologist. A predictive modelling kit*. Taylor & Francis. Londres. Pgs.: 101-112.
- van Leusen, M.; Deeben, J.; Kamermans, H. y Verhagen, P. (2002): *Predictive Modelling for Archaeological Heritage Management in the Netherlands. Baseline Report*. (<http://www.archeologie.leidenuniv.nl/index.php3?c=92>).
- Wheatley, D. y García Sanjuán, L. (2002): "Managing the Spatial Dimension of the European Archaeological Resource. Trends and Perspectives" En, L. García Sanjuán y D. Wheatley (Eds.): *Mapping the Future of the Past. Managing the Spatial Dimension of the European Archaeological Resource*. Universidad de Southampton, Universidad de Sevilla e Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico. Sevilla, pp. 151-166.
- Wheatley, D. (2004): "Making space for an archaeology of place". *Internet Archaeology*, 15 (<http://www.inarch.ac.uk/>).
- Wiemer, R. (2002): "Standardisation: the key to Archaeological data quality". En L. García Sanjuán y D. Wheatley (Eds.): *Mapping the Future of the Past. Managing the Spatial Dimension of the European Archaeological Resource*. Universidad de Southampton, Universidad de Sevilla e Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico. Sevilla, pp. 103-108.