

064 - 065

Proyectos del IAPH

Elaboración de un índice de perdurabilidad de sitios arqueológicos en Andalucía

PH49 - Julio 2004

Proyectos del IAPH

Elaboración de un índice de perdurabilidad de sitios arqueológicos en Andalucía

Joaquín Márquez Pérez > Ismael Vallejo Villalta

Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional. Universidad de Sevilla

Resumen

Este segundo artículo en torno a MAPA muestra los principales resultados del dictamen técnico "Elaboración de un Índice de Perdurabilidad de sitios arqueológicos andaluces" para el proyecto Mapa Andaluz de Predicción Arqueológica, en el que han colaborado el Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico de la Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía y la Universidad de Sevilla.

Palabras clave

Andalucía
Índice de perdurabilidad
Proyecto MAPA
Patrimonio arqueológico
Cartografía
Modelos predictivos
Sistemas de información geográfica

Introducción

En el contexto del Modelo Andaluz de Predicción Arqueológica (MAPA), los indicadores de perdurabilidad hacen referencia a "aquellas variables que inciden en el grado de conservación del Patrimonio Arqueológico y en la posibilidad de que haya perdurado hasta la actualidad" (Fernández Cacho, 2002: 145). Estas variables suelen asociarse, por un lado, a acciones, procesos o condiciones negativas que suponen distintos niveles de agresividad hacia el patrimonio y, por otro, a acciones, procesos o condiciones que, por el contrario, favorecen la pervivencia del mismo.

Entre el primer grupo de variables se hallan condiciones y procesos naturales tales como tipología del suelo, humedad ambiental, erosión, sismicidad, etc., o bien, acciones y condiciones de carácter antrópico como pueden ser el expolio, determinados usos del suelo o la contaminación atmosférica (Baldi, 1992; Burillo Mozota et al., 1994; Campos Carrasco et al. 1996; Márquez Rosales, 1999).

En el segundo grupo de variables, esto es, en aquellas que conllevan un matiz positivo respecto a la conservación, pueden incluirse también diferentes factores de orden natural, como el propio contexto sedimentario y edáfico en el que se inscribe el yacimiento, así como otros que se vinculan a las condiciones de gestión y protección en diferentes ámbitos temáticos como el territorio, el medio ambiente, o la propia esfera patrimonial.

En este trabajo se ha manejado como variable central la **transformación del suelo**, optándose, por tanto, por una variable del primer grupo de los que acaban de exponerse. Esta variable se refiere, básicamente, a modificaciones de las propiedades físicas del suelo, incluyendo aspectos tan importantes como la remoción y pérdida de material en los horizontes más superficiales. En su máxima expresión, estas transformaciones pueden implicar el cubrimiento parcial o total del suelo por usos como la urbanización ex novo o la transformación del mismo en zonas inundadas. Para su caracterización y valoración se han empleado, básicamente, dos fuentes de información como son los usos y la erosión de suelos. Ambos aspectos inciden sustancialmente en el tipo de transformación del suelo al que se hace referencia, siendo previsible que expliquen una parte considerable del grado de deterioro que puede presentar un yacimiento.

Descripción de las fuentes de información empleadas

Como queda dicho, las fuentes de información empleadas han sido dos. En primer lugar se han utilizado los Mapas de Usos y Coberturas Vegetales del Suelo de Andalucía, elaborados por la Consejería de Medio Ambiente (CMA). Los mapas, con una periodicidad cuatrienal, corresponden a los años 1987, 1991,

1995 y 1999, su formato es de tipo vectorial (ARC/INFO) y la escala de publicación analógica es 1:100.000. Cada mapa contiene más de 100 clases de usos de suelo, que se obtienen mediante una combinación de técnicas de teledetección y fotointerpretación.

La segunda fuente de información está constituida por los Mapas de Pérdidas de Suelo de Andalucía, elaborados, también, por la CMA. En este caso, la periodicidad de los mapas es mensual, si bien para este trabajo se han utilizado los correspondientes a las estimaciones de pérdidas de suelo anuales entre los años 1992 a 2002. Estos mapas presentan un formato ráster (GRID ARC/INFO) y su resolución es de 75 mts. Los mapas poseen 4 clases de pérdidas de suelo cuya correspondencia aparece en esta tabla:

Clases	1	2	3	4
Tn/Ha/Año	0-12	12-50	50-100	> 100

El modelo utilizado para el cálculo de la erosión es la ecuación universal de pérdidas de suelo (EUPS), más conocida en inglés como USLE. Esta ecuación incluye como parámetros básicos la erosividad o agresividad de la lluvia (R), la erodibilidad o resistencia del suelo (K), la pendiente (S) y el grado de protección ofrecido por la vegetación (C).

Estas fuentes de información comparten un conjunto de rasgos comunes y fundamentales que serían los siguientes:

- > Naturaleza espacial de la información en forma de cartografía digital.
- > Escala y cubrimiento regional de dicha información.
- > Elaboración y actualización sistemática de la información.

Todos estos rasgos hacen que los índices de perdurabilidad adopten, básicamente, la forma de mapas digitales, con grandes ventajas de cara a la integración de otro tipo de información en este mismo formato, ya sea para el contraste de resultados, o para su redefinición y enriquecimiento. Por otro lado, el carácter periódico y sistemático de la información, hace que los índices de perdurabilidad obtenidos se puedan ir modificando en paralelo a las transformaciones territoriales que tengan lugar.

Marco técnico y metodológico

Todo el tratamiento de la información se ha llevado a cabo a través de herramientas SIGs (Sistema de Información Geográfica) y, más concretamente, a través de las pertenecientes a los programas ARC/INFO y ARCVIEW. La obtención del Índice de Perdurabilidad (IP) ha supuesto la integración de la información disponible, para lo que ha sido necesario, en primer lugar, homogeneizar los formatos de ambos tipos de información. En este caso, la opción utilizada ha sido transformar en GRIDs (rasterizar) toda la

información concerniente a los usos de suelo, de tal forma que el resto del trabajo ha consistido en operaciones con matrices de datos con una resolución de 75 mts.

La rasterización de la información de usos se ha llevado a cabo después de asignar a cada uso un valor de agresividad. Este valor varía entre 1 y 5, según se estime la agresividad de los usos respecto a la transformación del suelo y, por tanto, respecto a la perdurabilidad del patrimonio. La clase tejido urbano, correspondiente a núcleos urbanos consolidados, ha sido excluida del análisis, al entenderse que la perdurabilidad de los yacimientos en estos ámbitos responde a factores bien distintos de los que aquí se contemplan.

Dado el carácter experimental del presente trabajo se ha optado por la formulación de diferentes índices de perdurabilidad, si bien, en todos los casos los componentes básicos han sido los mismos y se ha dado un mayor peso en las distintas fórmulas al factor uso de suelo frente a la erosión.

Índice de Perdurabilidad Arqueológica 1 (IPA1)

Esta primera fórmula presenta la siguiente forma y se utiliza para la presentación de los distintos componentes básicos:

$$IPA1 = [(IDU) + (IDE)] * AUact, \text{ donde,}$$

IDU representa el índice de degradación por usos, IDE, el índice de degradación por erosión y AUact, la agresividad de los usos actuales.

A su vez, la fórmula para la obtención de IDU es la siguiente:

$$IDU = (MEDA_{usos} + DESVA_{usos}), \text{ donde}$$

MEDA_{usos} representa la media de la agresividad de los usos y DESVA_{usos} su desviación estándar.

Por último, IDE equivale a la media interanual de las pérdidas de suelo por erosión.

Como puede apreciarse, se trata de primar a los usos del suelo y, sobre todo, a los usos actuales. En la práctica, como se verá, esta primacía es tal que quedan eclipsados los restantes de factores.

Índice de Perdurabilidad Arqueológica 2 (IPA2)

En este segundo caso se ha suprimido el último de los factores considerados en el primer índice, de tal forma que la fórmula quedaría como sigue:

$$IPA2 = [(IDU) + (IDE)]$$

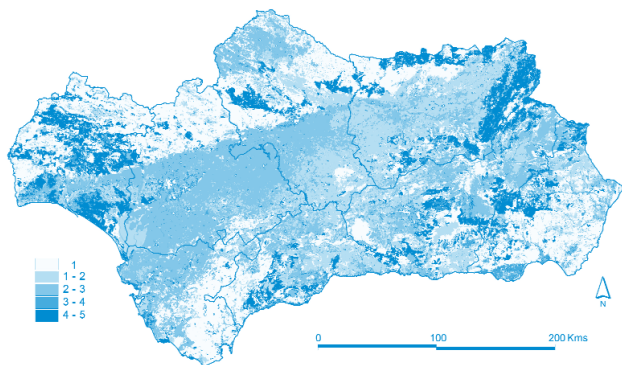
En esta fórmula tienden a igualarse los dos parámetros considerados, si bien sigue primándose el factor usos; en primer lugar, porque la media de los usos puede tener un valor máximo de 5,

066 - 067

Proyectos del IAPH

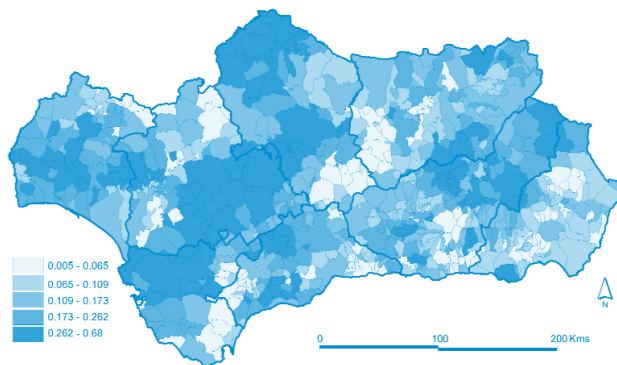
Elaboración de un índice de perdurabilidad de sitios arqueológicos en Andalucía

PH49 - Julio 2004

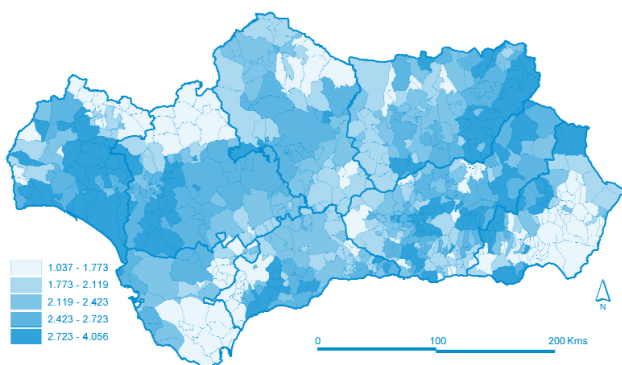


1

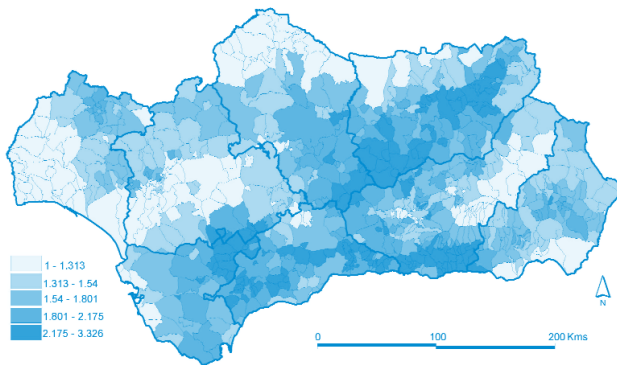
1. Agresividad por usos del suelo (1991-95-99)
2. Agresividad por usos del suelo por municipios (1991-95-99)
3. Variabilidad de la agresividad por usos del suelo por municipios (1991-95-99)
4. Índice de degradación por erosión de suelo



3



2



4

frente a 4 de la erosión, y porque también se cuenta con el añadido de la variabilidad (DESVAusos).

Índice de Perdurabilidad Arqueológica 3 (IPA3)

La única modificación que se introduce en esta última fórmula se centra en el IDU. Así en este caso, se ha tratado de resaltar la importancia de los cambios de uso, es decir de la variabilidad, doblando la importancia de la desviación estándar:

$$IDU = [(MEDAusos) + (DESVAusos * 2)]$$

Tratamiento de la información y resultados parciales

En este apartado se describen los procesos para la obtención de los distintos componentes de las fórmulas anteriores, y se muestran, en forma de mapas, los resultados que de ellos se extraen.

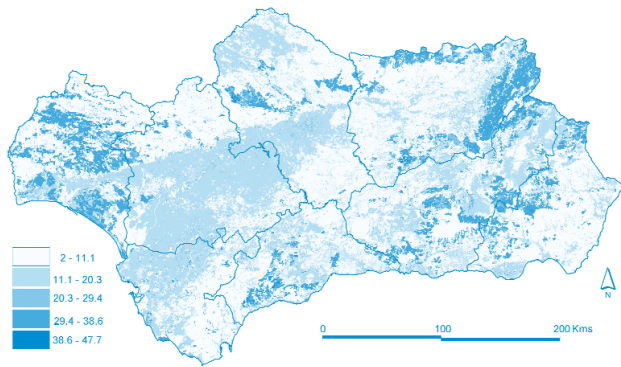
Índice de degradación por usos del suelo (IDU)

Como se adelantaba en parte, en el caso de los usos el procedimiento a seguir contempla las siguientes fases:

- > Homogeneización de las clases entre distintas fechas.
- > Asignación de valores de agresividad por usos a cada clase.
- > Rasterización de cada mapa.

El único problema surgido en este proceso se ha derivado de las correspondencias entre clases en las distintas fechas, que ha tomado como referencia el mapa de 1995 en que se determina una leyenda definitiva para esta cartografía sistemática de usos. Así, mientras que no ha habido ningún tipo de inconveniente en la comparación de las leyendas de 1995 y 1999, si existían ciertas discrepancias con el mapa de 1991 y, sobre todo, con el de 1987. En este último caso, una leyenda muy poco desagregada ofrecía el inconveniente de tener que considerar varios valores de agresividad para un mismo uso. La certeza de los errores que iban a introducirse llevó a descartar esta fecha para el presente trabajo.

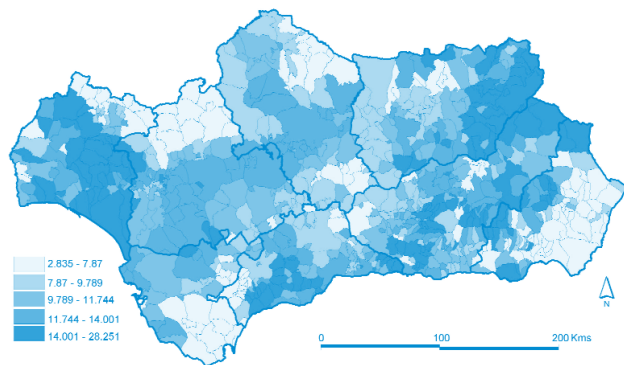
- > Agresividad media por usos del suelo (MEDAusos)
Una vez obtenidos los GRIDs con el valor de agresividad por usos para los años 1991, 1995 y 1999, se obtuvo uno nuevo en el que se consignaba la media de esta variable que, lógicamente, oscila entre 1 y 5. De cara a una presentación más clara se ha procedido a la municipalización de los índices. Ésta se ha llevado a cabo mediante el cálculo del valor medio del índice por munic-



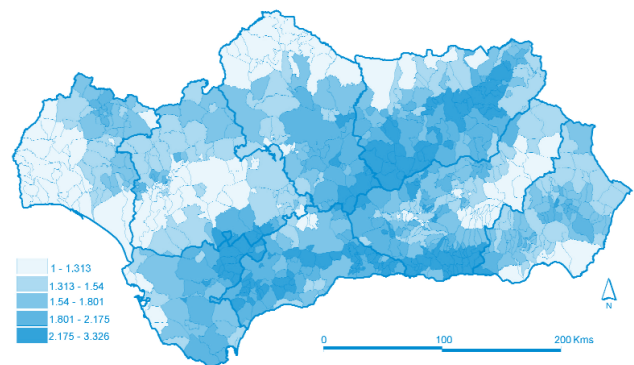
5



7



6



8

pio, utilizándose para su representación cartográfica una clasificación por cuantiles en 5 intervalos (20%).

En las Figuras 1 y 2 sobresalen, obviamente, aquellos ámbitos en los que se han mantenido usos de gran agresividad entre los que destacan las repoblaciones y talas forestales, como se aprecia en gran parte de la provincia de Huelva y Jaén, así como otros usos, como los protagonizados por las actividades mineras (Huelva), la urbanización (parte del litoral) o los cultivos bajo plástico (costa occidental de Almería).

> Variabilidad de la agresividad por usos del suelo

De la misma forma que en el caso de la media de la agresividad de los usos, el cálculo de la desviación estándar se realiza a partir de las 3 fechas disponibles y permite obtener una idea de cual ha sido la variabilidad en el comportamiento de los distintos usos en el intervalo de tiempo considerado. En este caso sólo se muestra la variabilidad por municipios (Figura 3).

Aunque no se aprecia en este mapa, al tratarse de valores medios por municipios, la mayor parte de las celdillas del grid de desviaciones presenta un valor 0. En todo caso, destaca una mayor variabilidad de usos en Andalucía occidental, con una

5. Índice de perdurabilidad arqueológica 1 (IPA-1)

6. Valores medios del índice de perdurabilidad arqueológica 1 (IPA-1) por municipios

7. Superficie que ocupan las clases y valores medios de IPA-1 a nivel provincial

8. Índice de perdurabilidad arqueológica 2 (IPA-2)

clara excepción del extremo nororiental de la provincia de Granada, donde también parecen importantes las transformaciones.

> IDUs obtenidos

De cara a la obtención de los distintos IPA considerados es necesario disponer de dos IDUs diferentes. El primero consiste, simplemente, en la suma del valor medio de agresividad y la desviación estándar. El segundo, sólo introduce la modificación de doblar el valor de la desviación estándar.

Índice de degradación por erosión de suelos (IDE)

Ya se ha indicado que en el caso de los datos sobre erosión los grids disponibles presentan la información clasificada en cuatro intervalos. Así pues, para obtener el valor medio de la erosión en cada celda se ha realizado una media de las distintas puntuaciones recibidas por cada una de ellas en la serie temporal utilizada (1992-2002).

Como puede apreciarse en la Figura 4, existe una especial incidencia de la erosión en los sistemas montañosos de las provincias de Málaga, Jaén, Cádiz y Granada, si bien también resaltan niveles importantes de degradación en las campiñas de Jaén, Córdoba y Cádiz.

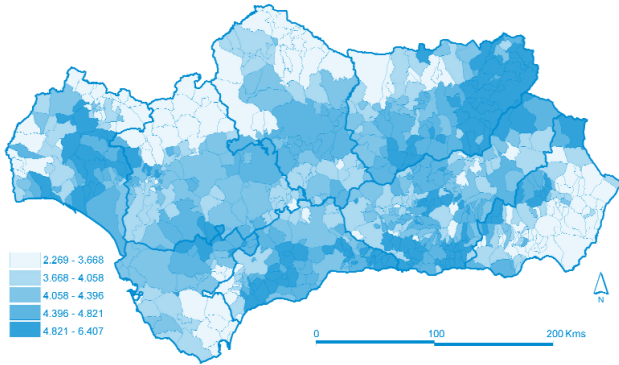
068 - 069

Proyectos del IAPH

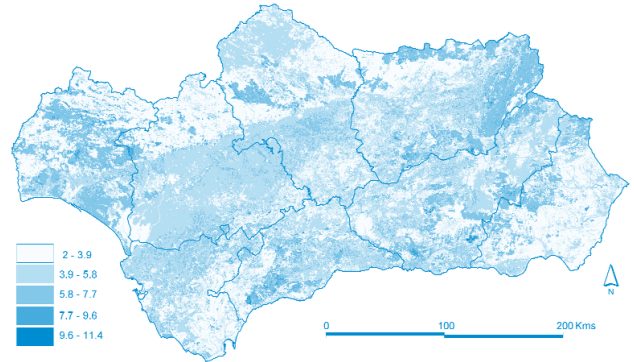
Elaboración de un índice de perdurabilidad de sitios arqueológicos en Andalucía

PH49 - Julio 2004

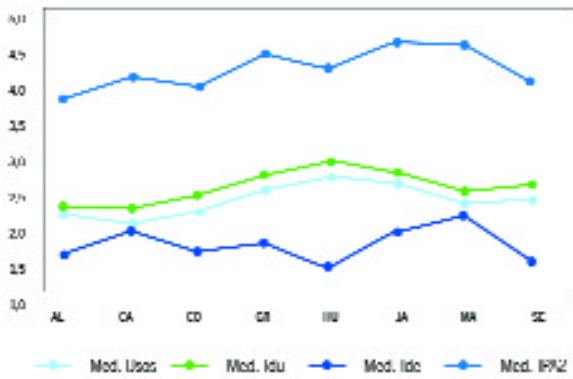
- 9. Valores medios del índice de perdurabilidad arqueológica 2 (IPA-2) por municipios 10 y 11. Funcionamiento del IPA-2. Comportamiento de los valores medios por provincias
- 12. Comparación de valores medios de IPA-1 y de IPA-2 por provincias
- 13. Índice de perdurabilidad arqueológica 3 (IPA-3)
- 14. Valores medios del índice de perdurabilidad arqueológica 3 (IPA-3) por municipios
- 15. Variación de la posición relativa de cinco municipios según el índice de perdurabilidad utilizado



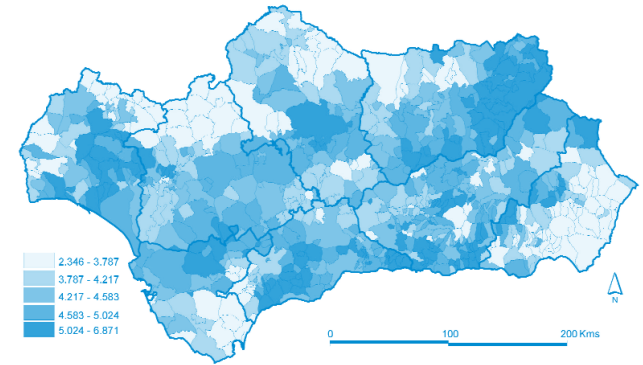
9



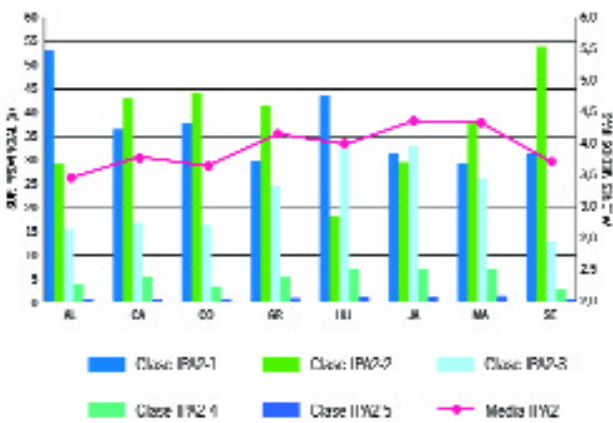
13



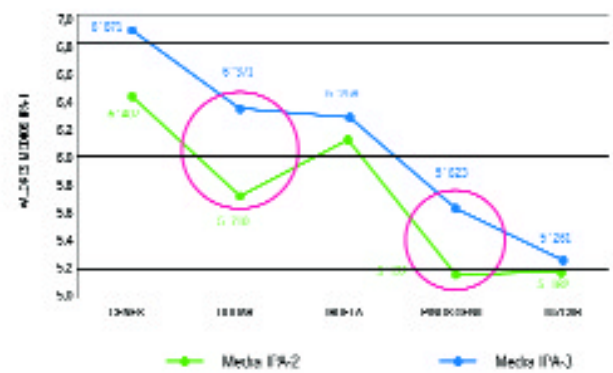
10



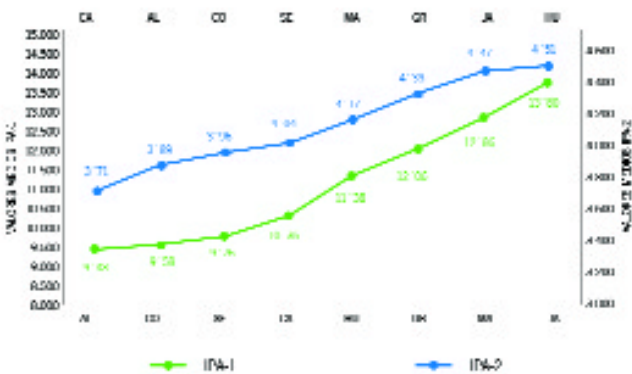
14



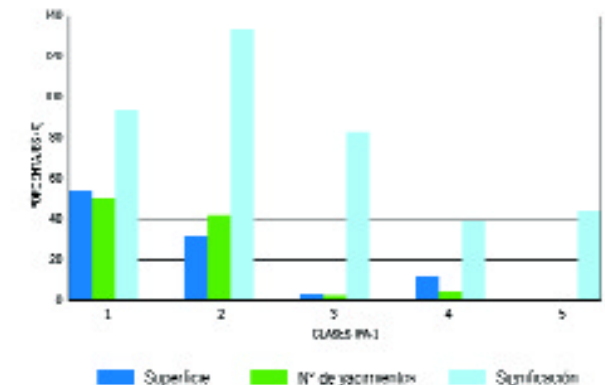
11



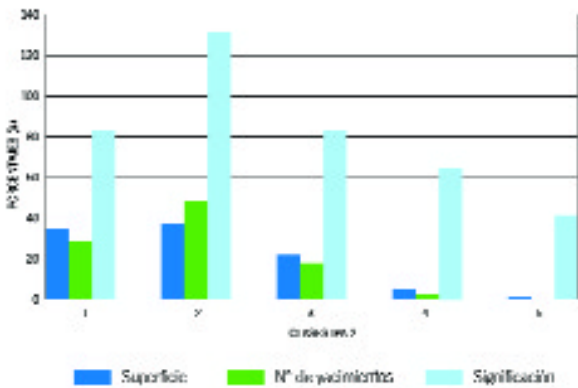
15



12



16



17

Índices de Perdurabilidad Arqueológica. Resultados

En este apartado se analizan los 3 índices de perdurabilidad arqueológica obtenidos tal como fueron presentados en el apartado de metodología. Para cada uno se presenta el grid obtenido, clasificado en 5 intervalos que se explican en cada caso y que sirven para realizar los resúmenes provinciales. Igualmente, se ofrece la información municipalizada, según la técnica seguida para índices anteriores (5 clases según cuantiles).

Índice de Perdurabilidad Arqueológica 1 (IPA-1)

Como ya se comentó, en este índice se prima, sobre todo, los usos actuales que soporta el territorio andaluz. El índice arroja valores que van de 2 a 47.7, arrojando una peor perdurabilidad los valores más altos. Las 5 clases obtenidas se definen por intervalos iguales tal como se representa en la imagen. Como puede observarse en las Figuras 5 y 6, se aprecia un gran paralelismo entre esta imagen (IPA-1) y la que representa la media de la agresividad de los usos. En el gráfico (Figura 7), además de la superficie que ocupa cada una de las clases establecidas, se recoge la media de IPA-1 a nivel provincial. De esta forma, es posible establecer un orden provincial que iría de mejores a peores condiciones de perdurabilidad de la siguiente manera:

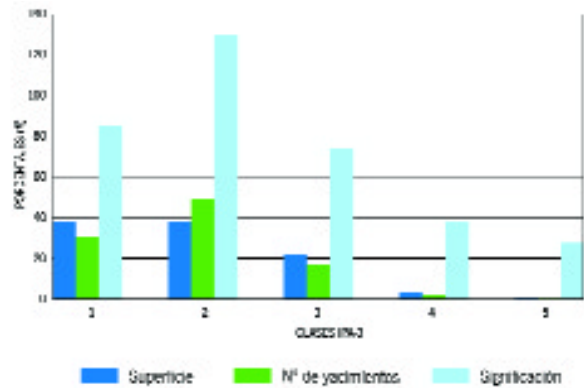
Orden de las provincias de menor a mayor perdurabilidad IPA-1

HU JA GR MA SE CO AL CA

Índice de Perdurabilidad Arqueológica 2 (IPA-2)

La modificación que supone el IPA-2 respecto al IPA-1 es suprimir el excesivo peso que se daba a la agresividad de los usos actuales, suprimiéndose para ello la multiplicación final. En este caso los valores oscilan entre 2 y 9.6, estableciéndose 5 clases con intervalos iguales (Figuras 8 y 9). El funcionamiento del IPA-2 puede observarse de forma aproximada en el comportamiento de los valores medios por provincias, tal como se muestra en los gráficos (Figuras 10 y 11):

En primer lugar debe destacarse la correlación negativa que muestran IDU e IDE. Esto es debido a que las valoraciones de agresividad más altas la reciben un tipo de usos como las re-



18

blaciones forestales, que ocupan una extensa superficie a nivel regional y que están consideradas como un tipo de cobertura que disminuye considerablemente el grado de erosión. El efecto final en el IPA-2 es de tipo compensador, siendo el caso de Huelva el más apreciable.

El orden de las provincias pasaría a ser el siguiente:

Orden de las provincias de menor a mayor perdurabilidad IPA-2

JA MA GR HU CA SE CO AL

La comparación de ambos índices a nivel provincial puede seguirse en el gráfico siguiente (Figura 12). En el mismo puede apreciarse como, a excepción de Granada, todas las provincias cambian su orden, si bien los casos más llamativos son los de Huelva y Cádiz. Es, así mismo, destacable, el hecho de que las cuatro primeras y las cuatro últimas sean las mismas provincias en ambos casos.

Índice de Perdurabilidad Arqueológica 3 (IPA-3)

En este caso la modificación que se realiza respecto al índice anterior (IPA-2), consiste en incrementar el factor de la variabilidad, de tal forma que se ha doblado el valor de la desviación estándar.

Los resultados obtenidos (Figuras 13 y 14), aunque no modifican el comportamiento general a nivel provincial, si propician variaciones importantes a nivel local en aquellos casos donde los cambios de uso han sido relevantes. Este hecho se comprueba en el gráfico que se aparece a continuación.

En el gráfico (Figura 15) puede observarse como cambia la posición relativa de diferentes municipios según el índice de perdurabilidad utilizado. En concreto, tanto en el caso de Dudar como en el de Pinos-Genil, el cambio resulta de las importantes variaciones sufridas en los usos a consecuencia de talas y plantaciones recientes.

Valoración inicial de los resultados

A falta de un análisis de mayor profundidad para valorar los resultados obtenidos, se ha procedido a contrastar los distintos IPA

070 - 071

Proyectos del IAPH

Elaboración de un índice de perdurabilidad de sitios arqueológicos en Andalucía

PH49 - Julio 2004

con la cartografía de localización de yacimientos del IAPH. Para ello se han seleccionado sólo aquellas entidades arqueológicas que se encuentran fuera de ámbitos urbanos, que suponen un total de 10432.

Los gráficos elaborados para cada IPA representan la siguiente información, siempre expresada de forma porcentual (Figuras 16, 17 y 18). En primer lugar aparece la superficie ocupada por cada clase IP (1, 2, 3, 4 y 5), en segundo lugar, el número de yacimientos que se localiza en cada clase y, por último, el número de yacimientos que cabría esperar localizar en cada clase en relación a la superficie ocupada por ella (significación).

Como una conclusión anticipada cabe apuntar que la información utilizada, además de servir en la realización de indicadores de perdurabilidad, refleja, al mismo tiempo, condicionantes de tipo selectivos. Esto es lógico, puesto que en los datos de partida (usos y erosión) se insertan distintas variables como potencial agrícola y relieve, de gran significación respecto al mayor o menor atractivo de un emplazamiento.

En todos los casos, con ciertos matices, pueden apreciarse los siguientes aspectos:

- > La clase 1 parece responder a áreas naturales de alta perdurabilidad pero de atractivo bajo-medio. Así, aunque siempre representa altos porcentajes de superficie, incluye menos yacimientos de los que le corresponderían por esa ocupación
- > Todo lo contrario ocurre con la clase 2. Al coincidir, fundamentalmente, con terrenos de cultivo, poseen una menor perdurabilidad pero muestran el máximo atractivo. Así, siempre presenta un número de yacimientos por encima del que le correspondería.
- > La clase 3, más compleja, puede ser indicativa de una combinación entre perdurabilidad y atractivo medios.
- > Finalmente, en las clases 4 y 5, coherentemente con la filosofía de los índices, siempre existe un porcentaje de localización muy por debajo del que correspondería por superficie.

Conclusiones

En el presente trabajo se han elaborado 3 índices de perdurabilidad de sitios arqueológicos. Su finalidad principal se dirige a la aportación de un material de trabajo que resulte de utilidad en la búsqueda de los factores y variables que mejor expliquen las condiciones de conservación de los yacimientos arqueológicos en Andalucía.

A falta de un análisis profundo en el que se contrasten los resultados obtenidos con variables relativas a la localización y a las

condiciones de conservación de los yacimientos, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- > Respecto a las variables empleadas (usos y erosión de suelos), no cabe duda de que resultan de suma utilidad en el diseño de este tipo de índices. No obstante, deben estudiarse otros grupos de variables que integren factores tan diferentes como vandalismo, expolio, grados de protección pública, riesgos naturales, etc.
- > En el caso de los usos del suelo, deben estudiarse con mayor detalle las repercusiones que las distintas clases de uso tienen sobre el patrimonio, a fin de revisar un capítulo tan importante en los índices creados como son las ponderaciones por usos.
- > Igualmente importante parece la cuestión en torno a los cambios de uso. Así, al margen de la cuantificación absoluta de los cambios aquí realizada, debe estudiarse de manera más profunda el significado real en la conservación de cada uno de los cambios posibles.
- > En todo caso, los IPA extraídos, tras un primer contraste con la localización de los yacimientos, parecen reflejar no sólo aspectos vinculados a la perdurabilidad, sino también condiciones de atractivo locacional (variables selectivas) o, incluso, condiciones que muestran un distinto grado de conocimiento del patrimonio arqueológico (variables de conocimiento).

Bibliografía

- BALDI, P** (1992): "La carta de riesgo del patrimonio cultural". En La carta de riesgo. Una experiencia italiana para la valoración global de los factores de degradación del patrimonio monumental. Sevilla: Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, Junta de Andalucía, pp. 8-14
- BURILLO MOZOTA, F et al.** (1994): "El patrimonio arqueológico en el medio rural". En Conservación arqueológica. Reflexiones y debate sobre teoría y práctica. Sevilla: Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, Junta de Andalucía, pp. 36-49
- CAMPOS CARRASCO, J.M et al.** (1996): Arqueología urbana en el conjunto histórico de Niebla (Huelva). Carta de riesgo. Sevilla: Consejería de Cultura
- FERNÁNDEZ CACHO, S. et al.** (2002): "La información de patrimonio arqueológico en Andalucía: Valoración general. En FERNÁNDEZ CACHO, S (ed.) ARQUEOS : Sistema de Información del Patrimonio Arqueológico de Andalucía. Granada: Editorial Comares / Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, Junta de Andalucía, pp. 144-165
- La carta de riesgo. Una experiencia italiana para la valoración global de los factores de degradación del patrimonio monumental (1992). Sevilla: Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, Junta de Andalucía
- MÁRQUEZ ROSALES, H.** (1999): El riesgo arqueológico en Andalucía: una evaluación a través del método de jerarquías analíticas de T.L Saaty y los sistemas de información geográfica. Sevilla: Universidad de Sevilla. Tesis de licenciatura (inédita)