

UNA METODOLOGÍA MULTIVARIANTE VERSUS UNA METODOLOGÍA TRADICIONAL EN LA IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DEL PAISAJE

Jorge Alcántara Manzanares¹ & Jesús Miguel Muñoz Álvarez²
Universidad de Córdoba.

RESUMEN

El objetivo de este estudio ha sido validar una identificación de tipos de paisaje desarrollada gracias a un método multivariante de clasificación (TWINSPAN), tomando como ámbito de estudio la provincia de Huelva (Andalucía, España), mediante su comparación con una identificación realizada utilizando métodos no estadísticos. Para ello se eligió la identificación de tipos de paisajes del Atlas de los Paisajes de España Sanz. El análisis comparado muestra un grado de similitud óptimo entre ambas. Esto respalda la validez del método multivariante, que además presenta una serie de ventajas frente al tradicional, aunque probablemente la excelencia se consiga mediante la combinación de ambos.

Palabras clave: Clasificación del paisaje, Métodos multivariantes, TWINSPAN, Huelva, SIG.

MULTIVARIATE VERSUS TRADITIONAL METHODOLOGY FOR IDENTIFICATION AND CLASSIFICATION OF LANDSCAPE

ABSTRACT

The aim of this study was to validate an identification of landscape types through a multivariate classification method (TWINSPAN) on the province of Huelva (Andalusia, Spain) by its comparison with a classification developed using non-statistical methods. To this aim, the identification of landscapes types of the Landscape Atlas of Spain was chosen. The comparative analysis shows an optimal degree of similarity between them. This implies the validity of multivariate method, which has also advantages over conventional methods, although probably the excellence is better achieved through a combination of both of them.

Key words: Landscape classification, Multivariate methods, TWINSPAN, Huelva, GIS.

¹Departamento de Didáctica de las Ciencias Sociales y Experimentales, Universidad de Córdoba. E-mail: b62almaj@uco.es

² Departamento de Botánica, Ecología y Fisiología Vegetal, Universidad de Córdoba. E-mail: bv1mualj@uco.es

1. INTRODUCCIÓN

El 20 de Octubre del año 2000, el Consejo de Europa abrió a la firma de sus Estados miembros el Convenio Europeo del Paisaje (COUNCIL OF EUROPE, 2000). Es el primer Acuerdo internacional que propone un marco político y jurídico común para la protección, la gestión y el desarrollo sostenible del paisaje europeo. El artículo 6 establece dentro de las “medidas específicas” a desarrollar, la “Identificación y Evaluación” de los paisajes propios.

En esta línea, GARCÍA-QUINTANA *et al.*, (2005) consideran que la conservación, el manejo y la recuperación de los paisajes rurales en la región Mediterránea requieren un soporte legal específico. Para que esto sea posible, es necesario un conocimiento detallado y sistemático de los tipos de paisajes existentes, de su distribución, composición y valor. De hecho, los paisajes están, con frecuencia, pobremente definidos y sigue requiriéndose una definición precisa de “unidades de paisaje” (FAIRBANKS *et al.*, 2000; GARCÍA-QUINTANA *et al.*, 2005). Las metodologías de clasificación producen grupos de paisajes que pueden ser evaluados. De este modo, se puede afirmar que las clasificaciones del paisaje son un prerequisite esencial para su evaluación (BLANKSON *et al.*, 1991; COOPER *et al.*, 1992). También, la utilidad de la clasificación se ha puesto también de manifiesto en diversos estudios de análisis de cambios en el paisaje (ACOSTA *et al.*, 2005). En suma, la clasificación del paisaje es una herramienta para el planeamiento regional (BASTIAN, 2000), cuya principal ventaja es que las políticas específicas pueden ser dirigidas de forma concreta hacia clases del territorio con características y localizaciones espaciales bien definidas (BUNCE *et al.*, 1984; CHERRILL, 1994).

Los métodos de clasificación del paisaje varían entre valoraciones subjetivas realizadas por expertos, en línea con la cartografía tradicional, métodos basados en valoraciones semicuantitativas, en los que se realiza un primer análisis de las variables que intervienen, a través de técnicas SIG, para posteriormente establecer las clases según unos criterios prefijados por expertos (COUNTRYSIDE COMMISSION, 1987; ENGLISH NATURE, 1993), y estudios más empíricos y objetivos, realizados mediante la conjunción de técnicas SIG y análisis multivariante (BUNCE *et al.*, 1981; MÉRIDA, 1995). Existe un número limitado de variables que la mente humana pueda considerar simultáneamente y, paralelamente, un elevado número de posibles parámetros a considerar al analizar el paisaje. Las clasificaciones multivariantes pueden hacer más accesible este complejo conjunto de datos y pueden habilitar la identificación de patrones espaciales sutiles, difíciles de detectar de otra manera (CHERRILL, 1994). Las clasificaciones numéricas de datos complejos reducen de manera efectiva el número de variables bajo consideración, cuantificando la representatividad de las variables elegidas con respecto a los datos originales (BUNCE *et al.*, 1984; BUNCE *et al.*, 1986; CLARIDGE, 1989). Según BUNCE *et al.*, (2002), las clasificaciones mediante métodos objetivos, seguidas de un filtrado, parecen ser más justificables que el dibujo subjetivo de líneas sobre mapas. Así, las clasificaciones han de ser objetivas, de tal manera que los políticos, funcionarios, técnicos y educadores puedan tener confianza en la fiabilidad de la clasificación.

Entre las clasificaciones de los paisajes desarrollados a escala nacional se han encontrado varios ejemplos de clasificaciones realizadas tanto por métodos basados en la estadística multivariante como métodos basados en una actualización de la cartografía tradicional. Entre estos últimos, se encuentra el Mapa de Áreas Naturales (ENGLISH NATURE, 1993) para el territorio Inglés, que determina 99 Áreas Naturales mediante un análisis multicapa de la información medioambiental (clima, topografía, suelos, usos y coberturas, hidrología, etc.) con la ayuda de los sistemas de información geográfica, y la validación por parte de un grupo de expertos de la región. En la revisión de la clasificación realizada por la Countryside Agency, desde Abril de 2005, se han identificado 181 paisajes dentro de las Áreas Naturales (WASCHER, 2005). En su caso, la demarcación de los diferentes paisajes de Alemania (GHARADJEDAGHI *et al.*, 2004) se ha basado en los datos sobre límites naturales y en los usos del suelo actuales. Los límites naturales fueron obtenidos mediante bibliografía, mientras que los datos de usos del suelo fueron obtenidos analizando las imágenes de satélite (Corine – Landcover). Cada paisaje (de un total de 885 paisajes) fue asignado a una tipología de paisaje. En esta línea, el Atlas de los paisajes de España (SANZ HERRÁIZ *et al.*, 2003) es una

iniciativa de la administración nacional (Ministerio de Medio Ambiente) que se enmarca dentro de los estudios de identificación y mapeo de los paisajes nacionales que han surgido en los últimos años en el continente europeo, mediante técnicas continuistas con la cartografía tradicional. Por otra parte, también se han registrado clasificaciones del paisaje basadas en métodos multivariantes. Así, en SOTO *et al.*, (2010) se ha desarrollado la delimitación de unidades naturales en Puerto Rico a partir de una clasificación previa obtenida mediante análisis multivariante. Otro ejemplo puede estudiarse en CHUMAN *et al.*, (2010), donde se ha obtenido una clasificación tipológica de los paisajes de la República Checa, mediante la estratificación de variables ambientales y la aplicación de un método jerárquico de clasificación.

Debido a la proliferación de estudios de clasificación del paisaje, ya sean basados en métodos cuantitativos, semicuantitativos o cualitativos, un mismo territorio puede verse sujeto a diferentes clasificaciones, a distintas escalas y con métodos y filosofías diferentes. Por tanto, existe la necesidad de estudios comparados de clasificaciones del paisaje, como los desarrollados por MOSS (1985), BLANKSON *et al.*, (1991) y HAINES-YOUNG (1992).

El objetivo del presente estudio ha sido analizar el grado de similitud de una clasificación de los paisajes de la provincia de Huelva realizada mediante SIG y métodos multivariantes (ALCÁNTARA *et al.*, 2015) con la, anteriormente citada, clasificación de los paisajes de la provincia de Huelva desarrollada en el Atlas de los Paisajes de España.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. ÁREA DE ESTUDIO

La provincia de Huelva se localiza en Andalucía, España, y tiene una extensión de 10 128 km², con una población de 519 299 personas. De los espacios naturales protegidos presentes en Huelva, se han de destacar el Parque Natural Sierra de Aracena y Picos de Aroche, y, sobre todo, el Parque Nacional de Doñana, declarado por la UNESCO Patrimonio de la Humanidad y una de las mayores reservas biológicas de Europa.

Presenta un invierno suave, en el que ninguna media mensual baja de 10° C, y veranos que registran temperaturas medias en torno a los 25° C y en los que sólo en ocasiones excepcionales se superan los 40° C de temperatura máxima. En cuanto a las precipitaciones, fluctúan mayoritariamente entre los 500-600 mm anuales (en la zona montañosa del interior, pueden aumentar hasta los 1 000 mm anuales). El máximo pluviométrico se encuentra a finales de otoño-invierno, mientras que en la estación estival escasean las lluvias. Estas características definen al clima como mediterráneo oceánico (PITA LÓPEZ, 2003).

En Huelva se encuentran representadas dos grandes unidades geoestructurales: al Norte, el Macizo Hespérico Meridional (Sierra Morena) y al Sur, la Depresión del Guadalquivir. Sierra Morena presenta materiales duros como pizarras, rocas vulcano-sedimentarias y calizas, abundando, además, las intrusiones de materiales plutónicos. Esta unidad presenta las mayores altitudes de la provincia, que no superan los 1000 m. Por su parte, la Depresión del Guadalquivir, constituye una fosa receptora de sedimentos, los más recientes (Cuaternario), generados por erosión, se corresponden con depósitos de tipo lacustre, fluvial (terrazas y aluviales), coluviales, eólicos (dunas costeras, mantos) y de marismas tras el cierre de los estuarios de diferentes ríos (MOREIRA, 2003).

Analizando los usos del suelo y coberturas vegetales, se puede comprobar que se trata de una provincia con vocación eminentemente forestal: Áreas Forestales y Naturales, 77.06%; Territorios Agrícolas, 16.91 %; Zonas Húmedas y Superficies de Agua, 4.31 %; Superficies Edificadas e Infraestructuras, 1.73 % del territorio total de la provincia.

2.2. LA CLASIFICACIÓN MULTIVARIANTE DEL PAISAJE DE LA PROVINCIA DE HUELVA. PROCESO DE DEPURADO

En ALCÁNTARA *et al.*, (2015) se muestra el proceso de obtención de la clasificación de tipos de paisajes de la provincia de Huelva (España) mediante métodos multivariantes y sistemas de información geográfica (SIG). En resumen, se dividió la provincia de Huelva en

cuadrículas georreferenciadas de 1 km x 1 km, obteniéndose 10 464 cuadrículas, a las que se asoció información relativa a los siguientes elementos subyacentes al paisaje: los usos del suelo y coberturas vegetales (incluyendo las aguas continentales), la litología y el relieve. Derivadas de estos elementos, se calcularon una serie de variables para cada una de las cuadrículas, permitiendo así la comparación entre ellas y, de esta forma, la clasificación. Las variables específicas utilizadas fueron:

-Usos y coberturas. 49 clases de usos y coberturas (a partir de la Cartografía digital de Usos del Suelo y Coberturas Vegetales de Andalucía, a escala 1:25 000).

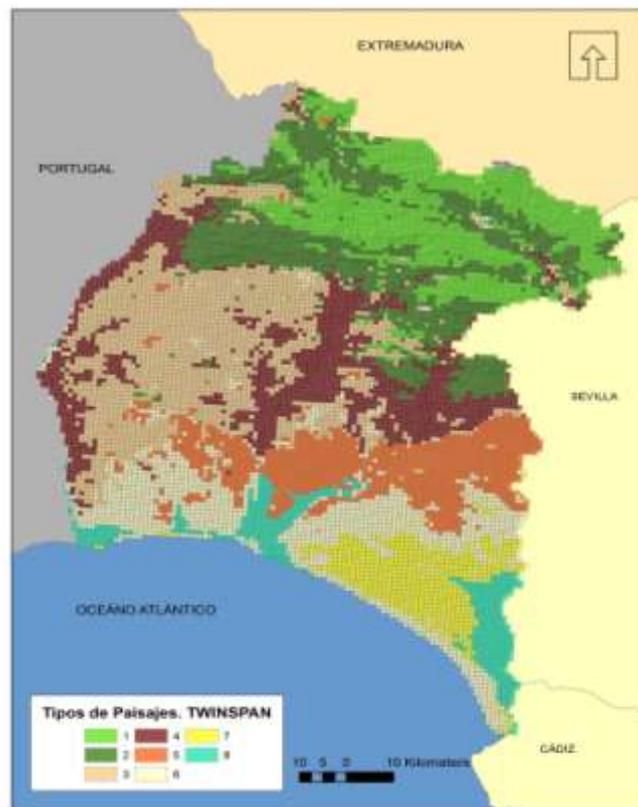
-Litología. 7 clases litológicas y 1 clase relativa a láminas de agua (a partir de la Cartografía Temática de Andalucía, Medio Físico, a escala 1:100 000).

-Relieve. 10 clases de altitud (cada 100 m). Altitud media. Diferencia entre altitud máxima y mínima. 6 clases de pendiente (en tanto por ciento). Media de la pendiente. Desviación típica de la pendiente. 9 clases de orientación. 9 clases de rugosidad del terreno (a partir del Modelo Digital de Elevaciones (MDE) de Andalucía, a escala 1:50 000).

Para la clasificación de las cuadrículas (previa estandarización 0-1) se utilizó como método multivariante de clasificación el TWINSpan (Two Way Indicador Species Analysis) (KENT *et al.*, 1992). Los grupos establecidos por el TWINSpan son descritos por sus variables indicadoras y sus variables preferenciales, que son aquellas cuyo valor indicador es más alto y por tanto más determinante en la formación de grupos.

En la Figura 1 se muestra la clasificación de tipos de paisaje de la provincia de Huelva (España) obtenida mediante métodos multivariantes y SIG (ALCÁNTARA *et al.*, 2015).

FIGURA 1
Distribución en el territorio de las cuadrículas adscritas a los grupos considerados como los Tipos de Paisajes de la provincia de Huelva



Fuente: Elaboración propia. 1, Sierras Altas; 2, Sierras Bajas; 3, Penillanuras y Piedemontes; 4, Vertientes, Cerros y Lomas; 5, Campiñas; 6, Dunas litorales y prelitorales; 7, Arenales; 8, Marismas.

2.3. LA CLASIFICACIÓN DEL ATLAS DE LOS PAISAJES DE ESPAÑA

SANZ HERRÁIZ *et al.*, (2003) generaron una taxonomía jerarquizada compuesta por tres niveles: Un nivel básico caracterizado por lo que han denominado *unidades de paisaje* o simplemente, *paisajes*. El segundo nivel de la taxonomía es el que han llamado *Tipo de paisaje*: “cada tipo resulta de la agrupación de unidades cuyas estructuras se repiten en el territorio”. En el nivel más elevado de la taxonomía han definido las *Asociaciones de tipos*: “agrupaciones que integran tipos próximos por su configuración topográfica, por sus características bioclimáticas y por semejanzas en los grandes rasgos de organización de los usos del suelo”.

Las fuentes cartográficas e imágenes que se indican como base del trabajo de identificación y caracterización de paisajes son:

- Imágenes de satélite de escala 1:100 000. editadas por el Ministerio de Obras Públicas.
- Mapas topográficos provinciales de escala 1:200 000 del Instituto Geográfico Nacional.
- Cartografías temáticas, de varias escalas según cada caso (mayoritariamente, 1:200 000, 1:100 000 y 1:50 000 ó 1:25 000): Mapa de cultivos y aprovechamientos, Mapa geológico, Mapa forestal de España, cartografía de los Inventarios Forestales Provinciales, junto a mapas topográficos y temáticos de algunas comunidades autónomas con producción cartográfica propia.

- Cartografía emanada de documentos de ordenación del territorio, publicados e inéditos, de ámbitos regional y subregional.

En la Figura 2, se muestran los Tipos de Paisajes del Atlas de los paisajes de España en la provincia de Huelva.

FIGURA 2

Tipos de paisajes de la Provincia de Huelva según el Atlas de los Paisajes de España



Fuente: SANZ HERRÁIZ *et al.*, (2003). 1, Sierras y Valles de Sierra Morena; 2, Vertientes, Cerros y Lomas del Andévalo; 3, Campiñas Andaluzas; 4, Llanos y Glacis Litorales y Prelitorales; 5, Costas Dunares de Doñana; 6, Marismas Andaluzas; 7, Laderas Serranas y Valles de Sierra Morena al Guadalquivir; 8, Penillanuras Suoccidentales; 9, Gargantas y Valles en la Frontera Portuguesa.

2.4. COMPARACIÓN ENTRE LA CLASIFICACIÓN MEDIANTE MÉTODOS MULTIVARIANTES (CMM) Y LA CLASIFICACIÓN DEL ATLAS DE LOS PAISAJES DE ESPAÑA (CAPE)

Ambas clasificaciones abarcan ámbitos de estudio diferentes y siguen nomenclaturas y métodos de clasificación distintos. Sin embargo, son comparables en el ámbito provincial (Huelva), si se establecen correspondencias entre niveles jerárquicos equivalentes. Así, se ha establecido el nivel de comparación entre los Tipos de Paisajes del Atlas de los paisajes de España y los Tipos de Paisajes de la Clasificación Multivariante de los Paisajes de Huelva.

Los métodos de comparación automáticos están por lo usual basados en tablas de contingencia (LEGENDRE *et al.*, 1998; FOODY, 2002; HAGEN-ZANKER, 2006). Se ha utilizado para la comparación el análisis de tabla de contingencia de doble vía. Para realizar este análisis, se ha generado una malla regular de 10 412 puntos (distancia mínima entre puntos, 1 km) distribuidos por todo el territorio de Huelva. A cada punto se le ha asociado información sobre el tipo de unidad paisajística en el que se sitúa, según la clasificación de que se trate, siendo estos los elementos sometidos a análisis.

En el análisis de tabla de contingencia la hipótesis nula es la independencia entre descriptores, de manera que el rechazo de la misma permite concluir que tal independencia no existe. El estadístico utilizado ha sido la Chi cuadrado de Pearson, con un nivel de significación de $\alpha < 0.05$ para el rechazo de la hipótesis nula. Para reconocer qué celdas de la tabla de contingencia contribuyen a la relación entre los descriptores se ha utilizado el valor del residuo ajustado. El residuo es la diferencia entre frecuencias observadas y esperadas:

$$R_{ij} = O_{ij} - E_{ij}.$$

El residuo tipificado elimina los efectos que sobre el residuo tengan los valores marginales de ambas variables dividiendo los residuos por la raíz cuadrada de las frecuencias esperadas:

$$SR_{ij} = O_{ij} - E_{ij} / \sqrt{E_{ij}}.$$

El residuo ajustado de Haberman (1978) estandariza los valores de los residuos tipificados dividiendo por la varianza estimada:

$$AR_{ij} = SR_{ij} / \sqrt{V_{ij}}, \text{ donde } V_{ij} = [1 - (O_i / n)] \times [1 - (O_j / n)].$$

Los residuos ajustados siguen una distribución normal con $\mu = 0$ y $\sigma = 1$, por lo que si son mayores en valor absoluto a ± 1.96 , tienen un 95% de posibilidades de no deberse al azar y ser significativos.

Para ser más restrictivos en los resultados se ha tomado como referencia un valor del residuo ajustado > 3 como indicativo de asociación positiva o $< - 3$ como indicativo de asociación negativa.

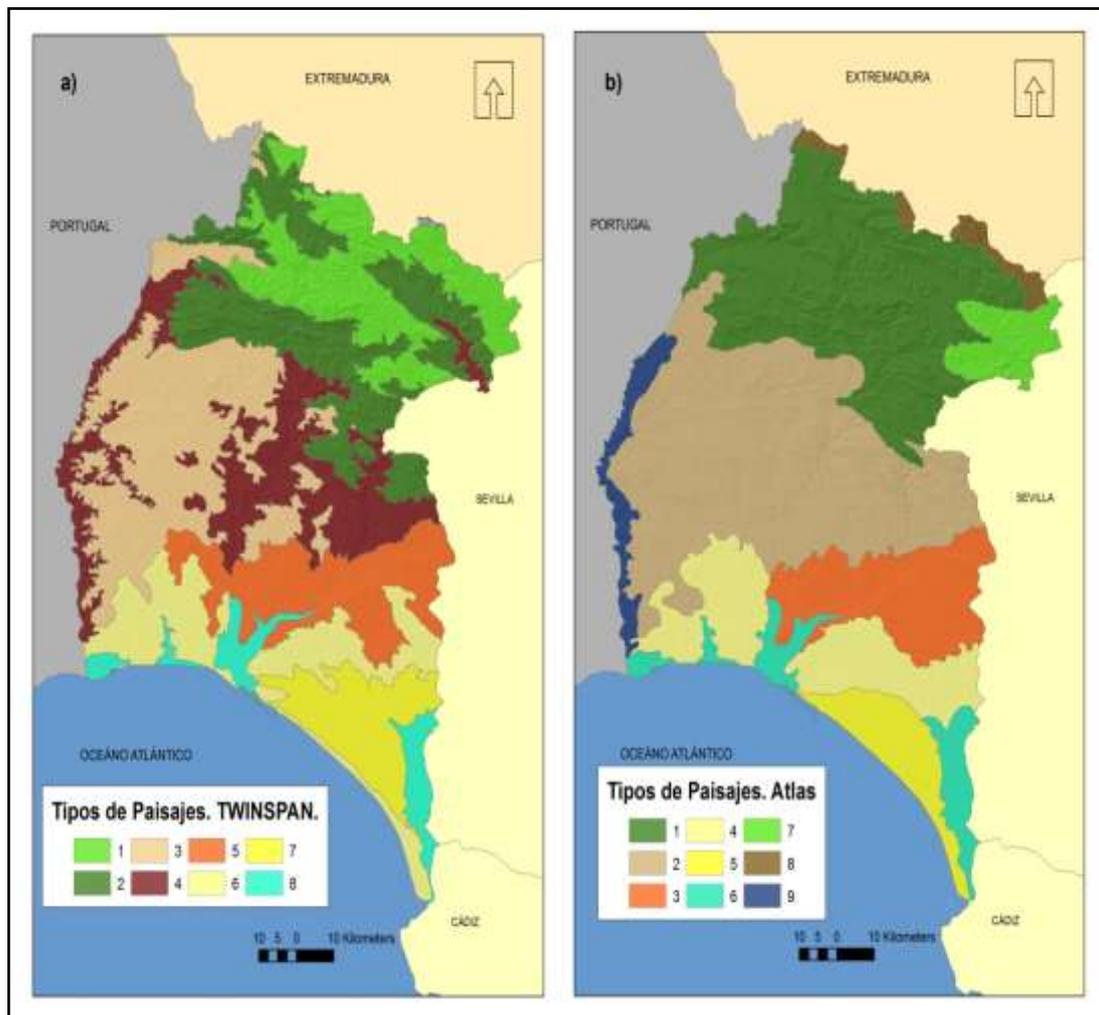
3. RESULTADOS

3.1. COMPARACIÓN ENTRE LA CLASIFICACIÓN MULTIVARIANTE TRAS EL PROCESO DE DEPURADO Y LA CLASIFICACIÓN DEL ATLAS DE LOS PAISAJES DE ESPAÑA

La Figura 3 muestra las dos clasificaciones a comparar.

FIGURA 3

a) Tipos de Paisaje de Huelva según la Clasificación Multivariante con límites nítidos después del proceso de depurado. b) Tipos de paisajes de la Provincia de Huelva según el Atlas de los Paisajes de España.



Fuente: Elaboración propia y SANZ HERRÁIZ *et al.*, (2003).

Los resultados de la tabla de contingencia (Tabla 1) evidencian cómo las clasificaciones siguen una distribución Chi cuadrado, rechazándose la hipótesis nula de independencia entre ambas

TABLA 1
Tabla de contingencia en la que se comparan las Clasificaciones de Tipos de Paisajes del Atlas de España y de Huelva (A. Multivariante).

		Clasificación del Atlas de los Paisajes de España									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
Clasificación Multivariante de Huelva	1	1043 (361.8)	0 (466.0)	0 (135.5)	0 (160.2)	0 (69.0)	0 (67.0)	158 (52.6)	181 (27.3)	0 (42.5)	1382
	2	1381 (470.7)	227 (606.3)	0 (176.3)	0 (208.4)	0 (89.8)	0 (87.2)	178 (68.4)	12 (35.6)	0 (55.3)	1798
	3	191 (567.1)	1858 (730.4)	0 (212.4)	16 (251.1)	0 (108.2)	0 (105.1)	2 (82.4)	12 (42.9)	87 (66.6)	2166
	4	111 (431.7)	1261 (556.1)	3 (161.7)	0 (191.2)	0 (82.4)	0 (80.0)	58 (62.7)	0 (32.6)	216 (50.7)	1649
	5	0 (291.4)	107 (375.3)	857 (109.1)	143 (129.0)	0 (55.6)	6 (54.0)	0 (42.3)	0 (22.0)	0 (34.2)	1113
	6	0 (305.8)	58 (393.9)	139 (114.5)	752 (135.4)	151 (58.3)	51 (56.7)	0 (44.4)	1 (23.1)	16 (35.9)	1168
	7	0 (180.4)	0 (232.3)	1 (67.6)	280 (79.9)	365 (34.4)	43 (33.4)	0 (26.2)	0 (13.6)	0 (21.2)	689
	8	0 (117.0)	0 (150.7)	21 (43.8)	16 (51.8)	4 (22.3)	405 (21.7)	0 (17.0)	0 (8.8)	1 (13.7)	447
	T	2726	3511	1021	1207	520	505	396	206	320	10412

Fuente: Elaboración propia. Tipos de Paisajes del Atlas: 1, Sierras y Valles de Sierra Morena; 2, Vertientes, Cerros y Lomas del Andévalo; 3, Campiñas Andaluzas; 4, Llanos y Glacis Litorales y Prelitorales; 5, Costas Dunares de Doñana; 6, Marismas Andaluzas; 7, Laderas Serranas y Valles de Sierra Morena al Guadalquivir; 8, Penillanuras Suroccidentales; 9, Gargantas y Valles en la Frontera Portuguesa. Tipos de Paisajes de Huelva (A. Multivariante): 1, Sierras Altas; 2, Sierras Bajas; 3, Penillanuras y Piedemontes; 4, Vertientes, Cerros y Lomas; 5, Campiñas; 6, Dunas Litorales y Prelitorales; 7, Arenales; 8, Marismas. Se indican los valores observados y esperados (entre paréntesis y en cursiva). Estadístico Chi-cuadrado de Pearson: $\chi^2 = 31\ 849.659$ ($v = 56, p < 0.05$).

Los valores absolutos de residuo ajustado más elevados aparecen en las celdas con asociación significativa positiva (Tabla 2).

TABLA 2
Residuo ajustado para chequear la significación de las celdas individuales en la Tabla de contingencia (Tabla 1)

		Clasificación del Atlas de los Paisajes de España								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Clasificación Multivariante Huelva	1	44.8	-28.5	-13.2	-14.5	-9.2	-9.0	15.9	31.9	-7.1
	2	53.7	-20.8	-15.4	-16.9	-10.7	-10.5	14.9	-4.4	-8.3
	3	-20.7	57.6	-17.2	-17.7	-12.0	-11.8	-10.1	-5.3	2.9
	4	-19.6	40.0	-14.3	-16.0	-10.1	-10.0	-0.7	-6.3	25.7
	5	-21.0	-18.0	79.8	1.4	-8.1	-7.1	-7.0	-5.0	-6.3
	6	-21.6	-22.1	2.6	59.8	13.2	-0.8	-7.2	-4.9	-3.6
	7	-16.2	-19.4	-8.8	24.6	59.8	1.8	-5.4	-3.9	-4.8
	8	-12.9	-15.4	-3.7	-5.4	-4.1	86.3	-4.3	-3.1	-3.6

Fuente: Elaboración propia. Valores mayores de 3 (en negrita) identifican celdas con asociación positiva en las que el número de observaciones difiere significativamente ($p < 0.05$) de las frecuencias esperadas.

Se ponen de manifiesto 2 asociaciones positivas únicas entre tipos de paisajes: Tipo 5, Campiñas (CMM) – Tipo 3, Campiñas Andaluzas (CAPE) (79.8); Tipo 8, Marismas (CMM) – Tipo 6, Marismas Andaluzas (CAPE) (86.3). Las restantes asociaciones positivas entre tipos de paisaje son múltiples.

4. DISCUSIÓN

El uso de la CAPE para contrastar cartografías de paisajes realizadas con posterioridad en otros enclaves de menor extensión en España, por autores distintos, es algo tan frecuente como lógico (IBARRA *et al.*, 2014; MOREIRA *et al.*, 2014). En este estudio se ha comparado el grado de similitud entre la CMM y la CAPE mediante tabla de contingencia. Este método permite un análisis más objetivo de la comparación entre clasificaciones que el análisis visual que, a su vez, puede considerarse más versátil que los métodos automáticos. Sin embargo, la ventaja de los métodos automáticos es que están explícitamente definidos, son consistentes y repetibles. Del análisis de las similitudes y diferencias entre ambas clasificaciones, se deriva:

Un grado de similitud elevado para la mitad meridional de la provincia.

-Presentan un mismo número de unidades paisajísticas: 4.

-Existe una clara asociación positiva (con residuos de valor ajustado máximos, Tabla 2) de carácter singular entre dos de estas cuatro unidades: Campiñas (CMM) y Campiñas Andaluzas (CAPE) y Marismas (CMM) y Marismas Andaluzas (CAPE), lo que pone de manifiesto una coincidencia notable entre sus límites en ambas clasificaciones.

-Si este carácter singular de la asociación positiva se pierde para las otras dos unidades se debe a la diferencia en el trazado de los límites (sobre todo en la parte oriental) según que sea una u otra la clasificación. Por tal razón, aunque las Dunas Litorales y Prelitorales (CMM) coinciden fundamentalmente con los Llanos y Glacis Litorales y Prelitorales (CAPE) (valor del residuo ajustado 59.8), la tabla de contingencia muestra que existe además asociación positiva con las Costas Dunares de Doñana (CAPE), aunque con un valor de residuo ajustado

sensiblemente inferior (13.2, Tabla 2). La misma circunstancia se presenta detrás de la asociación entre Arenales (CMM) y Costas Dunares de Doñana y Llanos y Glacis Litorales y Prelitorales (CAPE). Coinciden sin embargo ambas clasificaciones en el reconocimiento de que existen y deben independizarse estas unidades, así como en la ubicación geográfica (grosso modo) de las mismas.

Para la mitad septentrional cabe destacar:

-Que el límite que transcurriendo en sentido este-oeste divide en dos mitades la Sierra Morena presenta un trazado similar en las dos clasificaciones. Aunque cabe reseñar que estas dos unidades paisajísticas son consideradas tal cual Tipos de Paisaje en la CAPE, mientras que en la CMM se subdividen cada una en dos Tipos de Paisaje. De ahí la clara asociación positiva entre los Tipos de Paisaje 1 (Sierras Altas) y 2 (Sierras Bajas) de la CMM y el Tipo de Paisaje 1 (Sierras y Valles de Sierra Morena) de la CAPE, así como entre los Tipos de Paisaje 3 (Penillanuras y Piedemontes) y 4 (Vertientes, Cerros y Lomas) de la CMM y el Tipo de Paisaje 2 (Vertientes, Cerros y Lomas del Andévalo) en la CAPE (Tabla 2).

-Una segunda diferencia de importancia es la que se deriva de la presencia en la CAPE de dos unidades paisajísticas (Laderas Serranas y Valles de Sierra Morena al Guadalquivir y Penillanuras Suroccidentales), de reducida extensión superficial en Huelva, y cuya delimitación se considera justificada por el ámbito más amplio de esta clasificación.

Estos resultados ponen de manifiesto que el marco de referencia de la clasificación paisajística es determinante para comprender la causa de algunas de las diferencias entre una y otra clasificación; tal sería el caso de la presencia en la CAPE de unidades con escasa representación superficial en Huelva pero ampliamente distribuidas en provincias limítrofes (Badajoz y Sevilla).

Desde el punto de vista metodológico las diferencias entre uno y otro sistema de clasificación se pueden concretar en diferencias relativas al grado de automatización, a la utilización de variables culturales y a la escala de trabajo.

La utilización de un procedimiento automatizado en el desarrollo de la CMM ha tenido como consecuencia la aparición de isleos o zonas pertenecientes a un tipo paisajístico rodeadas por zonas de otro tipo paisajístico. Esto puede verse como una debilidad o una fortaleza, pues aunque rompe la continuidad espacial, representa (según la CMM) la realidad de los paisajes de la provincia.

Los usos del suelo es la única variable cultural utilizada en la CMM. Este hecho se debe, en parte, a que la distribución territorial de otras variables histórico-culturales es difícil de concretar haciendo imposible su utilización en un procedimiento automatizado como el desarrollado en la CMM (si fuese necesario, su influencia tendría que plasmarse a posteriori) y, fundamentalmente, a que la CMM está basada en la utilización de variables perceptibles visualmente.

Criterios de relieve e histórico-culturales han fundamentado en la CAPE la diferenciación del tipo de paisaje Gargantas y Valles en la frontera portuguesa. Este tipo de paisaje ha sido diferenciado del colindante (Vertientes, Cerros y Lomas del Andévalo) por sus fuertes pendientes y su carácter de frontera entre España y Portugal. En el caso de la CMM, ha sido recogido como parte de otro tipo de paisaje -Vertientes, Cerros y Lomas- en el que se incluyen las vertientes del Tinto y del Odiel, diferenciándolo del colindante -Penillanuras y Piedemontes- por características fisiográficas (pendiente y rugosidad) y, en menor medida, de usos del suelo (fundamentalmente, eucaliptales frente a dehesas de encinas).

El tipo de paisaje Gargantas y Valles en la frontera portuguesa, forma parte de una asociación del nivel jerárquico 2: Gargantas, Desfiladeros y Hoces. Esta asociación aparece dispersa en todo el ámbito nacional, no por características culturales, sino únicamente fisiográficas.

Las diferencias relativas a la escala, se ponen de manifiesto, sobre todo en la mitad norte de la provincia. Así, donde la CAPE diferencia dos tipos predominantes de paisajes -Sierras y Valles de Sierra Morena, y Vertientes, Cerros y Lomas del Andévalo-, la CMM discrimina 4 -Sierras Altas, Sierras Bajas, Penillanuras y Piedemontes, y Vertientes, Cerros y Lomas-. Estas diferencias en el relieve, junto con las diferencias existentes en los aprovechamientos del territorio y las relativas a procesos históricos-culturales, son abordadas en el Atlas para estos

tipos de paisaje, cuando se establecen las unidades paisajísticas de rango jerárquico inferior, los paisajes, aunque el tratamiento es muy distinto (como lo evidencia el que en Sierras y Valles de Sierra Morena, se diferencien para Huelva hasta 7 paisajes).

En la mitad Sur de la provincia, la CAPE reconoce el tipo de paisaje Costas Dunares de Doñana, que coincide en parte con Arenales de la CMM. La parte costera de Costas Dunares de Doñana, se encuentra incluida en la CMM en el tipo de paisaje Dunas Litorales y Prelitorales. De nuevo, el nivel de detalle trabajando con las variables de relieve ha sido clave. La CMM determina el tipo paisajístico Arenales, como zonas muy llanas, diferenciándose de la costa en la rugosidad y la pendiente que generan las dunas de esta. De hecho, estando físicamente localizado en Arenales es imposible visualizar el mar. También es posible que el factor cultural sea determinante en este caso y haya llevado a extender la categoría de Costa de Doñana a los arenales del Parque Natural de Doñana. Aunque tampoco puede descartarse que el carácter de ámbito nacional de esta clasificación, haya facilitado que se pase por alto esta diferenciación de ámbito reducido.

En términos generales, teniendo en cuenta el diferente marco de referencia (nacional y provincial) y las diferencias metodológicas, el grado de similitud entre ambas clasificaciones puede considerarse óptimo. Esto supone una validación de ambas clasificaciones para el territorio de estudio. Sin embargo, se ha de poner de manifiesto que el método multivariante presenta una serie de ventajas en la identificación y clasificación paisajística con respecto a la cartografía tradicional:

- Mayor grado de objetividad en los resultados (BUNCE *et al.*, 1996, p. 625-634; FORMAN *et al.*, 1986).

- Mayor fiabilidad en los resultados.

- Mayor operatividad y accesibilidad a los datos.

- Reproducibilidad: Gracias a su independencia del sujeto que realiza la clasificación, presentan como principal ventaja su aplicabilidad a cualquier territorio y la capacidad de repetición del método en diferentes momentos para el mismo territorio, permitiendo así la comparación de los resultados obtenidos y el seguimiento temporal.

- Mayor eficiencia: la automatización del proceso reduce la posibilidad de cometer errores y si estos se producen, es más fácil la detección de los mismos. Reduce el tiempo de obtención de resultados de identificación y aporta directamente información fundamental para la caracterización (variables indicadoras y preferenciales), lo que repercute en una reducción de costes.

Se ha de reiterar que todas estas ventajas no son tales, si los resultados no son tan representativos como los obtenidos mediante técnicas no estadísticas.

5. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones que pueden extraerse son:

- 1-El TWINSPAN y las variables visualmente perceptibles utilizadas se han confirmado como un método tan válido para la clasificación paisajística del territorio de Huelva, como la cartografía basada en métodos tradicionales.

- 2-El método multivariante presenta una serie de ventajas: mayor grado de objetividad y fiabilidad en los resultados, mayor operatividad y accesibilidad a los datos, reproducibilidad y mayor eficiencia.

- 3-Sin embargo, no hay que olvidar que el proceso de depurado requiere del criterio experto y de los métodos de cartografía tradicional. Por tanto cabe considerar como probable que el resultado más óptimo y completo en lo relativo a la identificación y caracterización de paisajes, sea aquel que derive del uso combinado de las técnicas multivariantes, para la clasificación objetiva e identificación de caracteres diagnósticos de los paisajes, y las tradicionales para la delimitación cartográfica e identificación de entidades.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA, A. CARRANZA, M.L. & GIANCOLA, M. (2005). *Environmental Monitoring and Assessment*. "Landscape change and ecosystem classification in a municipal district of a small city (Isernia, Central Italy)", vol. 108, p. 323-335.
- ALCÁNTARA, J. A., & MUÑOZ, J. M. (2015). *Estudios geográficos*. "Landscape classification of Huelva (Spain): An objective method of identification and characterization", vol. 76, n° 279, p. 447-471.
- BASTIAN, O. (2000). *Landscape and Urban Planning*. "Landscape classification in Saxony (Germany) – a tool for holistic regional planning", vol. 50, p. 145-155.
- BLANKSON, E. J., & GREEN, B. H. (1991). *Landscape and Urban planning*. "Use of landscape classification as an essential prerequisite to landscape evaluation", vol. 21, n° 3, p. 149-162.
- BUNCE, R. G. H., BARR, C. J., & WHITTAKER, H. A. (1981). *Annual report of the institute of terrestrial ecology*. "An integrated system of land classification", vol. 1980, 28-33.
- BUNCE, R. G. H., & HEAL, O. W. (1984). *Planning and Ecology*. "Landscape evaluation and the impact of changing Land-Use on the rural environment. The problem and an approach". En ROBERTS, RD & ROBERTS, TM. (Ed). Chapman & Hall. Londres & Nueva York.
- BUNCE, R. G. H., CLARIDGE, C. J., BARR, C. J., & BALDWIN, M. B. (1986). *Land and its Uses—actual and potential*. "An ecological classification of land-its application to planning in the Highland Region, Scotland". Springer. US, pp. 407-426.
- BUNCE, R. G. H., BARR, C. J., CLARKE, R. T., HOWARD, D. C., & LANE, A. M. J. (1996). *Journal of biogeography*. "ITE Merlewood land classification of Great Britain", vol. 23, n° 5, p. 625-634.
- BUNCE, R. G. H., CAREY, P. D., ELENA-ROSSELLO, R., ORR, J., WATKINS, J., & FULLER, R. (2002). *Journal of environmental management*. "A comparison of different biogeographical classifications of Europe, Great Britain and Spain", vol. 65, n° 2, p. 121-134.
- CHERRILL, A. (1994). *Journal of Rural Studies*. "A comparison of three landscape classifications and investigation of the potential for using remotely sensed land cover data for landscape classification", vol. 10, n° 3, p. 275-289.
- CHUMAN, T., & ROMPORTL, D. (2010). *Landscape and Urban Planning*. "Multivariate classification analysis of cultural landscapes: An example from the Czech Republic", vol. 98, n° 3, p. 200-209.
- CLARIDGE, C. J. (1989). *Rural Information for Forward Planning*. "The approach adopted by Highland Regional Council", p. 21-28.
- COOPER, A. & MURRAY, R. (1992). *Applied Geography*. "A structured method of landscape assessment and countryside management", vol. 12, p. 319-338.
- COUNCIL OF EUROPE (2000). *European Landscape Convention*. Congress of Local and Regional Authorities of Europe.
- COUNTRYSIDE COMMISSION (1987). *CCD*. "Landscape assessment: a Countryside Commission approach", p. 18.
- ENGLISH NATURE (1993). *Strategy for the 1990s: Natural Areas*. English Nature. Peterborough.
- FAIRBANKS, DHK & BENN, GA. (2000). *Landscape and Urban Planning*. "Identifying regional landscapes for conservation planning: a case study from KwaZulu-Natal", vol. 50, p. 237-257.
- FORMAN, R. T. T., & GODRON, M. (1986). *Landscape Ecology*. John Wiley & Sons. New York, 619 pp.
- FOODY, G. M. (2002). *Remote sensing of environment*. "Status of land cover classification accuracy assessment", vol. 80, n° 1, p. 185-201.
- GARCÍA QUINTANA, A., MARTÍN-DUQUE, J.F., GONZÁLEZ-MARTÍN, J.A., GARCÍA-HIDALGO, J.F., PEDRAZA, J., HERRANZ, P., RINCÓN, R. & ESTÉVEZ, H. (2005). *Environmental Geology*. "Geology and rural landscapes in central Spain (Guadalajara, Castilla – La Mancha)", vol. 4, p. 782-794.

- GHARADJEDAGHI, B., HEIMANN, R., LENZ, K., MARTIN, C., PIEPER, V., SCHULZ, A., ... & RIECKEN, U. (2004). *Natur und Landschaft*. "Verbreitung und Gefährdung schutzwürdiger Landschaften in Deutschland", vol. 79, n° 2, p. 71-81.
- HABERMAN, S. J. (1978). *Analysis of Quantitative Data. Volume 1 Introductory Topics*.
- HAGEN-ZANKER, A. (2006). *Journal of Geographical Systems*. "Map comparison methods that simultaneously address overlap and structure", vol. 8, n° 2, p. 165-185.
- HAINES-YOUNG, R.H. (1992): *Landscape ecology in Britain, Proceedings of the first international associations of landscape ecology-UK meeting*. "Landscape ecology and the countryside information system". En Haines-Young, R. (Ed.). University of Nottingham. Nottingham.
- IBARRA, P., NIETO, V., ECHEVERRÍA, M. T., TENA, M. V. L., ALBERO, M. J., ANDRÉS, A. J., & PEÑA, J. L. (2014). *Geoecología, cambio ambiental y paisaje: homenaje al profesor José María García Ruiz*. "Esquema metodológico para la realización del mapa de grandes dominios de paisaje de Aragón". En Instituto Pirenaico de Ecología.
- KENT, M. & COKER, M. (1992): *Vegetation Description and Analysis. A Practical Approach*. CRC Press, Inc., Corporate Blvd. Florida.
- LEGENDRE, P., & LEGENDRE, L. (1998). *Numerical Ecology, Volume 24, (Developments in Environmental Modelling)*.
- MÉRIDA RODRÍGUEZ, M.F. (1995). *Cambios regionales a finales del siglo XX: XIV Congreso nacional de Geografía: Comunicaciones*. "Posibilidades y dificultades del uso combinado de S.I.G. y análisis multivariante para el análisis de Cambios regionales a finales del siglo XX", p.418-420.
- MOREIRA, J. M. (2003): *Geografía de Andalucía*. "El relieve y las costas andaluzas I. Las grandes unidades del relieve andaluz". En López Ontiveros, A. (Coord.). Ariel Geografía. Barcelona.
- MOREIRA, J.M. & ZOIDO, F. (coords.) (2014). *Bases para la realización del Sistema Compartido de Información sobre el Paisaje de Andalucía (SCIPA)*. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, Junta de Andalucía, Sevilla.
- MOSS, D. (1985). *Applied Geography*. "An initial classification of 10-km squares in Great Britain from a land characteristic data bank", vol. 5, n° 2, p. 131-150.
- PITA LÓPEZ, M. F. (2003). *Geografía de Andalucía*. "El clima de Andalucía". En López Ontiveros, A. (Coord.). Ariel Geografía. Barcelona.
- SANZ HERRÁIZ, C., MATA OLMO, R., GÓMEZ MENDOZA, J., ALLENDE ÁLVAREZ, F., LÓPEZ ESTÉBANEZ, N., MOLINA HOLGADO, P. AND GALIANA MARTÍN, M. (2003). *Atlas de los Paisajes de España*. Centro de Publicaciones. Secretaria General Técnica. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- SOTO, S. & PINTO, J., (2010). *Applied Geography*. "Delineation of natural landscape units for Puerto Rico", vol. 30, p. 720-730.
- WASCHER, D.M. (ED). (2005). *European Landscape Character Areas – Typologies, Cartography and Indicators for the Assessment of Sustainable Landscapes. Final Project Report as deliverable from the EU's Accompanying Measure project European Landscape Character Assessment Initiative (ELCAI), funded under the 5th Framework Programme on Energy, Environment and Sustainable Development (No. 1254)*. Landscape Europe.