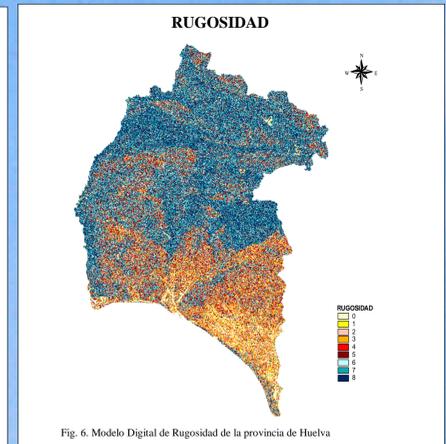
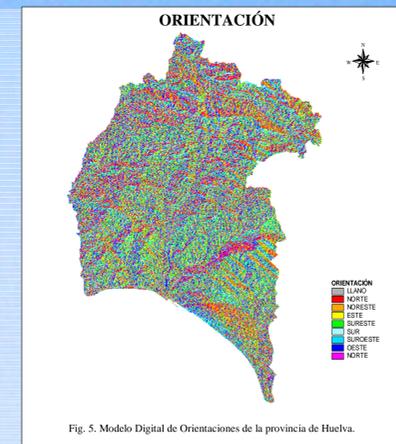
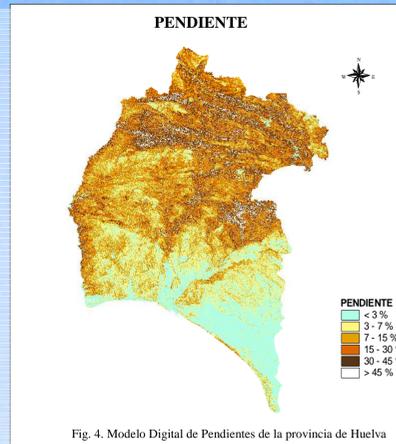
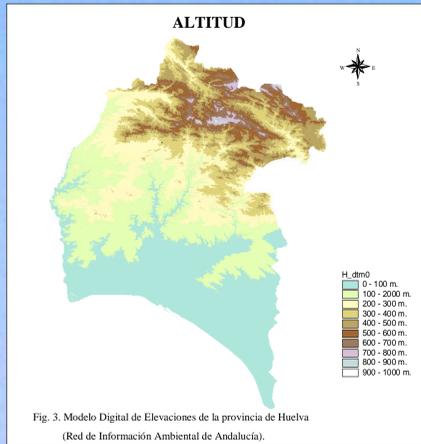
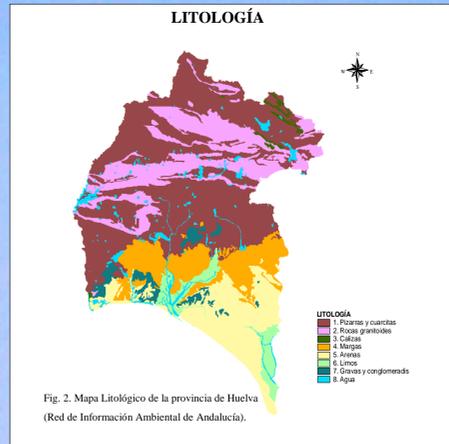
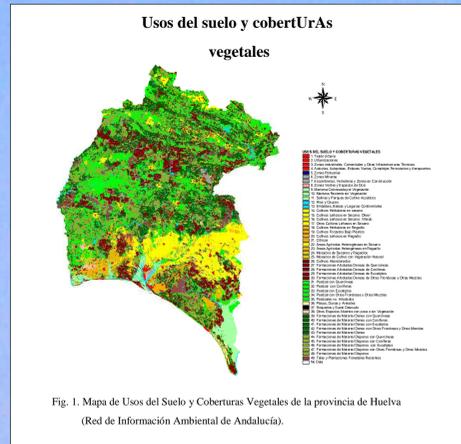


Clasificación del Paisaje mediante SIG y Análisis Multivariante

Alcántara Manzanares, J¹., Muñoz Álvarez, J.M¹., Murcia Sánchez, E¹., Quijada Muñoz, J²., Moreira Madueño, J.M².



¹Dpto. Biología Vegetal, Div. Botánica, Universidad de Córdoba
²Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía.



INTRODUCCIÓN

El paisaje es definido como un área heterogénea de la tierra compuesta por un grupo de ecosistemas interaccionando entre sí, que se repiten de principio a fin del área (Forman & Godron, 1986). Por su parte, Turner M.G. (1990) justifica la existencia e importancia de una ciencia en desarrollo, ecología del paisaje; que no es otra que tratar de entender la función ecológica de grandes áreas y demostrar que la localización espacial de ecosistemas, hábitats y comunidades tiene implicaciones ecológicas. Desde su nacimiento en los años 1980, la ecología del paisaje ha experimentado un fuerte desarrollo, facilitado por los avances tecnológicos en los sistemas de Información Geográfica. La aplicabilidad de los métodos multivariantes de clasificación en ecología del paisaje se ha puesto de manifiesto en diversos estudios de estructura del paisaje (Poudevigne I. & Alard D., 1997), de análisis de cambios en el paisaje (Jobin B. et al., 2003) y de clasificación del territorio (Bunge et al. 1996). No obstante, existen otras clasificaciones del paisaje basadas en análisis multivariante, aunque de interés como el recientemente publicado Atlas de los Paisajes de España (Sanz Herranz, C. et al. 2003). Los objetivos que se persiguen en este estudio son: Realizar una clasificación del paisaje de la provincia de Huelva mediante la utilización de métodos objetivos (análisis multivariante de clasificación) y herramientas SIG. Determinar si es posible reconocer las principales unidades del paisaje para dicha provincia a partir de algunas de las características del territorio perceptibles visualmente, como son: los usos y coberturas del suelo (incluyendo las aguas continentales), la litología y el relieve. Análisis comparativo de los resultados de clasificación obtenidos, con una clasificación del paisaje de Huelva no basada en métodos multivariantes (Atlas de los Paisajes de España).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se ha dividido la provincia de Huelva en cuadrículas georeferenciadas de 1 Km x 1 Km. El tamaño de cuadrícula se elige en función de la escala de mayor detalle en la que estén representados los datos (en este caso 1:25000). Se han obtenido 10.464 cuadrículas, que han sido los elementos a clasificar, a partir de los siguientes elementos diferenciadores del paisaje: el relieve, la litología y los usos y coberturas terrestres. Derivadas de estos elementos, se han obtenido una serie de variables, que han adquirido unos valores determinados para cada una de las cuadrículas, permitiendo así la comparación entre ellas y de esta forma la clasificación.

Obtención de los datos

Usos y coberturas
Se han obtenido a partir de la Cartografía digital de Usos del Suelo y Coberturas Vegetales de Andalucía, a escala 1:25000, (provincia de Huelva) (Fig. 1), existente en la Red de Información Ambiental de Andalucía. La información se ha transformado a formato ráster (tamaño de celda 10x10 m) (Spatial Analyst, ArcView 3.2). Los 112 tipos de usos y coberturas de la leyenda original han sido agrupados en 49 clases de usos y coberturas. Para cada cuadrícula se ha calculado la superficie de cada clase presente en la misma.

Litología
Información sobre la litología obtenida a partir de la Cartografía Temática de Andalucía, Medio Físico, a escala 1:1000.000 (Fig. 2). El método para la obtención de datos es análogo al utilizado con los usos y coberturas terrestres, excepto el tamaño de celdilla (20 x 20 m). Se han diferenciado 8 clases correspondientes a 7 tipos de litología y uno a superficies de agua. Se ha calculado para cada cuadrícula la cantidad de área de cada clase.

Relieve
Los datos sobre relieve se han obtenido a partir del Modelo Digital de Elevaciones (MDE), de Andalucía, a escala 1:50.000, perteneciente a las cartografías temáticas de la Red de Información Ambiental de Andalucía (ráster con un tamaño de celda de 20 x 20 m).

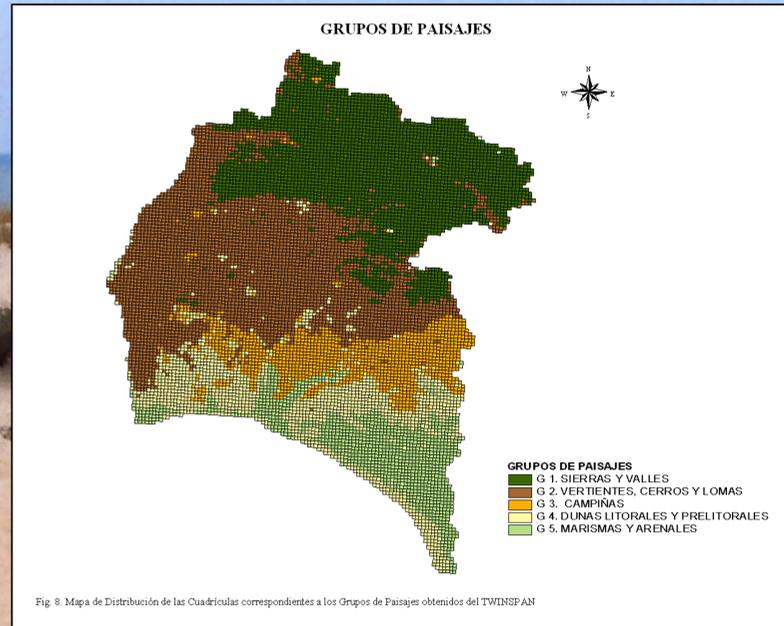
Las variables utilizadas han sido (Fig. 2 a 6): altitud (10 rangos, altitud media y diferencia entre máxima y mínima), pendiente (6 clases, pendiente media y desviación típica) orientación (9 clases) y rugosidad (9 clases). Para el cálculo de las mismas se ha usado la extensión Spatial Analyst del software Arc/View 3.2, y Scripts aplicables al mismo software, tales como Texture y DEMAT. En total se han utilizado 95 variables (Tabla 1) para clasificar las 10.464 cuadrículas.

Análisis de los datos

Para la clasificación de las cuadrículas (previa estandarización 0-1) se ha utilizado como método multivariante de clasificación el TWINSpan (Two Way Indicator Species Analysis, Kent & Coker, 1992). Es un método de clasificación de tipo divisivo y polióptico. Desarrollado para trabajar con muestras de vegetación y permite solventar el problema que supone la gran cantidad de cerros que aparecen en este tipo de matrices, debido a la ausencia de especies. De ahí su particular aplicabilidad para un estudio como el presente, dada la gran cantidad de elementos a clasificar (10.464 cuadrículas) y de cerros, consecuencia de la ausencia de valor de algunas variables en determinadas cuadrículas, especialmente de las variables correspondientes a los usos y coberturas. El TWINSpan ofrece una serie de parámetros a definir por el usuario: niveles de corte de las pseudovariables (8), número máximo de indicadores por división (5), nivel máximo de divisiones (6), tamaño mínimo de grupo por división (5) y máximo número de variables en el resultado final (200 -valor por defecto-).

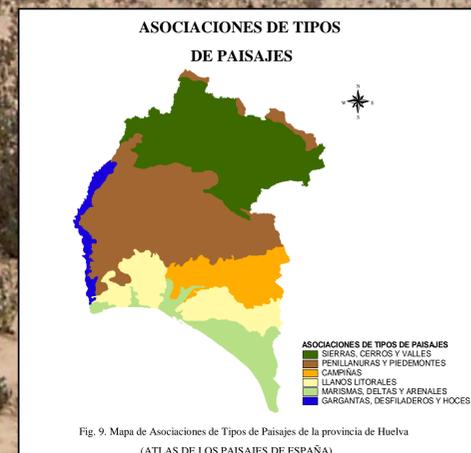
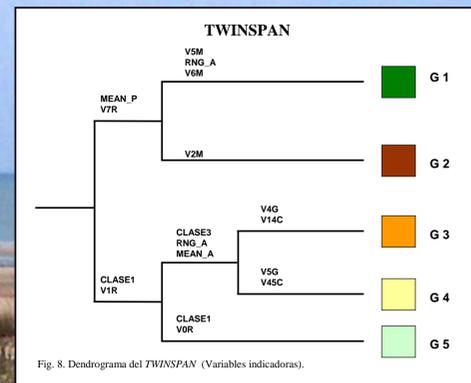
Análisis comparativo entre grupos TWINSpan - Atlas del Paisaje de España

Se ha realizado un análisis del grado de coincidencia (%) entre la distribución espacial de los grupos obtenidos mediante análisis TWINSpan y las asociaciones de paisajes descritas en el Atlas de los paisajes de España (Spatial Analyst, ArcView 3.2).



Variable	Descripción
V1M	Superficie con Altitud comprendida entre 0 y 100 m.
V2M	Superficie con Altitud comprendida entre 100 y 200 m.
V3M	Superficie con Altitud comprendida entre 200 y 300 m.
V4M	Superficie con Altitud comprendida entre 300 y 400 m.
V5M	Superficie con Altitud comprendida entre 400 y 500 m.
V6M	Superficie con Altitud comprendida entre 500 y 600 m.
V7M	Superficie con Altitud comprendida entre 600 y 700 m.
V8M	Superficie con Altitud comprendida entre 700 y 800 m.
V9M	Superficie con Altitud comprendida entre 800 y 900 m.
V10M	Superficie con Altitud comprendida entre 900 y 1000 m.
MEAN_A	Altitud media
SD_P	Diferencia entre Altitud máxima y media
RNG_A	Superficie con Pendiente < 3 %
CLASE1	Superficie con Pendiente comprendida entre 3 y 7 %
CLASE2	Superficie con Pendiente comprendida entre 7 y 15 %
CLASE3	Superficie con Pendiente comprendida entre 15 y 30 %
CLASE4	Superficie con Pendiente comprendida entre 30 y 45 %
CLASE5	Superficie con Pendiente > 45 %
MEAN_P	Pendiente media
V10	Desviación típica de la pendiente
V11	Superficie sin Orientación (Zonas Llanas)
V12	Superficie con Orientación Norte
V13	Superficie con Orientación Noreste
V14	Superficie con Orientación Este
V15	Superficie con Orientación Sureste
V16	Superficie con Orientación Sur
V17	Superficie con Orientación Suroeste
V18	Superficie con Orientación Oeste
V19	Superficie con Orientación Noroeste
V20	Superficie con Rugosidad de clase 0
V21	Superficie con Rugosidad de clase 1
V22	Superficie con Rugosidad de clase 2
V23	Superficie con Rugosidad de clase 3
V24	Superficie con Rugosidad de clase 4
V25	Superficie con Rugosidad de clase 5
V26	Superficie con Rugosidad de clase 6
V27	Superficie con Rugosidad de clase 7
V28	Superficie con Rugosidad de clase 8
V29	Superficie con Rugosidad de clase 9
V30	Tejado Urbano
V31	Urbanizaciones
V32	Zonas Industriales, Comerciales y Otras Infraestructuras Técnicas.
V33	Autovías, Autopistas, Ejes de Vías, Comp. Ferroviarios y Aeropuertos.
V34	Zonas Portuarias
V35	Zonas Mineras
V36	Escombros, Vertederos y Zonas en Construcción.
V37	Zonas Verdes y Espacios de Ocio.
V38	Marisma Colonizada por Vegetación.
V39	Marisma Reciente sin Vegetación.
V40	Salinas y Paques de Cultivo Acuáticos.
V41	Ríos y Cauces.
V42	Embalses, Balsas y Lagunas Continentales.
V43	Cultivos Herbáceos en Secano.
V44	Cultivos Leñosos en Secano: Olivar.
V45	Cultivos Leñosos en Secano: Viñedo.
V46	Otros Cultivos Leñosos en Secano.
V47	Cultivos Herbáceos en Regadío.
V48	Cultivos Forzados Bajo Plástico.
V49	Cultivos Leñosos en Regadío.
V50	Citricos.

Variable	Descripción
V22C	Áreas Agrícolas Heterogéneas en Secano.
V23C	Áreas Agrícolas Heterogéneas en Regadío.
V24C	Mosaicos de Secano y Regadío.
V25C	Mosaicos de Cultivo con Vegetación Natural.
V26C	Cultivos abandonados.
V27C	Formaciones Arboladas Densas de Quercinas.
V28C	Formaciones Arboladas Densas de Coníferas.
V29C	Formaciones Arboladas Densas de Eucaliptos.
V30C	Formaciones Arboladas Densas de Otras Frondosas y Otras Mezclas.
V31C	Pastizal con Quercinas.
V32C	Pastizal con Coníferas.
V33C	Pastizal con Eucaliptos.
V34C	Pastizal con Otras Frondosas y Otras Mezclas.
V35C	Pastizales no Arbolados.
V36C	Playas, Dunas y Arenales.
V37C	Rojales y Suelo Destinado.
V38C	Otros Espacios Abiertos con poca o sin Vegetación.
V39C	Formaciones de Matorral Denso con Quercinas.
V40C	Formaciones de Matorral Denso con Coníferas.
V41C	Formaciones de Matorral Denso con Eucaliptos.
V42C	Formaciones de Matorral Denso con Otras Frondosas y Otras Mezclas.
V43C	Formaciones de Matorral Denso.
V44C	Formaciones de Matorral Disperso con Quercinas.
V45C	Formaciones de Matorral Disperso con Coníferas.
V46C	Formaciones de Matorral Disperso con Eucaliptos.
V47C	Formaciones de Matorral Disperso con Otras Frondosas y Otras Mezclas.
V48C	Formaciones de Matorral Disperso.
V49C	Taludes y Plantaciones Forestales Recientes.
V50C	Pizarras y Cuarcitas
V51C	Recas Granolíticas
V52C	Calizas
V53C	Margas
V54C	Arenas
V55C	Limos
V56C	Gravas y Conglomerados
V57C	Límites de Agua



METODOLOGÍA DEL ATLAS DE LOS PAISAJES DE ESPAÑA

- Imágenes de satélite de escala 1:100.000.
- Mapas topográficos provinciales de escala 1:200.000.
- Cartografías temáticas, de varias escalas según cada caso (mayoritariamente, 1:200.000, 1:100.000 y 1:50.000).
- Mapa de cultivos y aprovechamiento, Mapa geológico, Mapa forestal de España, cartografía de los Inventarios Forestales Provinciales, junto a mapas topográficos y temáticos de algunas comunidades con producción cartográfica propia.

Asociaciones de Paisajes/Grupos TWINSpan	Coincidencia (%)
Sierras, cerros y valles/G1	87,00
Penillanuras y piedemontes/G2	80,98
Campañas/G3	68,29
Llanos litorales/G4	56,63
Marismas, deltas y arenales	70,29
Gargantas, desfiladeros y hoces/No descrito	0
TOTALIDAD DEL TERRITORIO	77,23

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir del análisis TWINSpan se han obtenido los 6 grandes grupos de paisajes que a continuación se describen (Fig. 7):

- G1. Sierras y Valles**
Grupo integrado por 3126 cuadrículas que proviene de la segunda división binaria. Las variables preferenciales que definen a este grupo son en su mayoría variables derivadas de la altitud: V5M, V6M, RNG_A, CLASE5, CLASE6 y V27C. Zonas con altitud superior a los 300 m., con fuertes pendientes, sobre litologías pizarrosas y graníticas, y caracterizadas por la abundancia de formaciones arboladas densas de quercinas.
- G2. Vertientes, Cerros y Lomas**
Este grupo congrega a 3704 cuadrículas, proveniente de la segunda división binaria. Las variables que por su entidad lo definen y por tanto diferencian del resto de grupos son: V2M, V3M, CLASE2, V2R, V12C y V35C. Zonas de altitud comprendida en su mayor parte entre 100 y 300 m., con pendientes suaves, caracterizada por la abundancia de ríos y cauces de agua, y pastizales.
- G3. Campiñas**
A este grupo pertenecen 1165 cuadrículas y proviene de la sexta división binaria. Las variables preferenciales que lo determinan con más peso que el resto son: V4G, V14C, V15C, V22C. Zonas con altitudes inferiores a los 200 m., caracterizadas por su litología margosa y por la superficie dedicada a cultivos en secano, ya sea herbáceos, leñosos u heterogéneos.
- G4. Dunas Litorales y Prelitorales**
Grupo conformado por 1325 cuadrículas, surgido en la sexta división binaria. Las variables que han contribuido más firmemente a su formación son: V5G, V7G, V45C, V28C. Zonas de altitud inferior a los 100 m., de arenas (en su mayor parte), gravas y conglomerados, caracterizadas por las formaciones arboladas de coníferas, densas o dispersas, acompañadas de matorral.
- G5. Marismas y Arenales**
1144 cuadrículas forman este grupo, obtenido de la tercera división binaria. Las variables diferenciales de mayor entidad son: CLASE1, V0R, V10, V6G, V5G, V9C y V10C. Zonas de altitud siempre inferior a los 100 m., de pendientes < 3 %, sin orientación, de rugosidad nula, sobre limos y arenas y en su mayoría ocupadas por marismas con o sin vegetación. El dendrograma refleja el desarrollo del análisis de clasificación, hasta la generación de los grupos de paisajes descritos (Fig. 8).

Análisis comparativo entre grupos TWINSpan - Atlas del Paisaje de España

Los resultados del análisis del grado de coincidencia (%) en la distribución espacial entre los grupos obtenidos del análisis TWINSpan y las asociaciones de tipos de paisajes descritos en el Atlas de los paisajes de España (Tabla 2), son del 77,23% de coincidencia total. No obstante, a pesar de este valor relativamente alto, hay que indicar que existe una diferencia en el número de grupos. El grupo del Atlas de los paisajes de España denominado "Gargantas, desfiladeros y hoces" (Fig. 9) queda integrado en su mayor parte dentro del grupo 2 del TWINSpan. Posiblemente los autores hayan realizado la diferenciación de este grupo debido a características de tipo cultural, que en este caso no han quedado recogidas en el análisis TWINSpan.

La clasificación de grupos de paisaje obtenida refleja en líneas generales la distribución paisajística del territorio. Sin embargo, no se descartaría la incorporación de nuevas variables como las relativas a información de tipo espacial, que permitirían definir mejor los grupos ya establecidos, o la delimitación de otros no contemplados con las variables empleadas hasta el momento.

CONCLUSIÓN

En esta primera aproximación a la clasificación de los paisajes de la provincia de Huelva se ha llegado a las siguientes conclusiones: El TWINSpan se ha confirmado como un método válido para la clasificación paisajística del territorio. Con dicho método se han establecido hasta el momento 5 grupos de paisaje para la provincia de Huelva. Se ha encontrado un grado de similitud relativamente alto (77,23 %) entre la distribución espacial de los grupos generados a partir del presente estudio y las asociaciones de los tipos de paisaje descritas en el Atlas de los paisajes de España.

BIBLIOGRAFÍA

- Bunce, R.G.H., C.J. Barr, R.T. Clarke, D.C. Howard and A.M.J. Lane. 1996. A ITE Merlewood Land Classification of Great Britain. Journal of Biogeography 23: 625-634.
- Forman, R.T.T. and M. Godron. 1986. Landscape Ecology. John Wiley and Sons.
- Jobin, B., Beaulieu, J., Grenier, M., 2003. Landscape Changes and Ecological Studies in Agricultural Regions, Québec, Canada. Landscape Ecology 18 (6): 576-590.
- Kent, M. & Coker, M. 1992. Vegetation Description and Analysis: A Practical Approach. CRC Press, Inc., 2000 Corporate Blvd., N.W., Boca Raton, Florida.
- Poudevigne, I. & Alard, D. 1997. Landscape and Agricultural Patterns in Rural Areas: a Case Study in the Breton Basin, Normandy, France. Journal of Environmental Management 60: 335-349.
- Sanz Herranz, C., R. Mata Olmo, J. Gómez-Mendoza, F. Allende Alvarez, N. 2003. Atlas de los Paisajes de España. Centro de publicaciones, Secretaría General Técnica, Ministerio de Medio Ambiente.
- Turner, M.G. 1990. Spatial and Temporal Analysis of Landscape Pattern. Landscape Ecology 4: 21-30.