

Aguilera Benavente, F. y Botequilha-Leitão, A. (2012): "Selección de métricas de paisaje mediante análisis de componentes principales para la descripción de los cambios de uso y cobertura del suelo del Algarve, Portugal", *GeoFocus (Artículos)*, nº 12, p. 93-121. ISSN: 1578-5157

SELECCIÓN DE MÉTRICAS DE PAISAJE MEDIANTE ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES PARA LA DESCRIPCIÓN DE LOS CAMBIOS DE USO Y COBERTURA DEL SUELO DEL ALGARVE, PORTUGAL.

AGUILERA BENAVENTE, FRANCISCO ^{1,2} y BOTEQUILHA-LEITÃO, ANDRÉ ^{2,3}

² Centro de Estudos em Paisagem, Território e Urbanismo (CEPTU), UAlg;

³ CVRM – Centro de Geo-Sistemas do Instituto Superior Técnico, pólo na UAlg. Universidade do Algarve, Campus de Gambelas, 8000-062 FARO, Portugal

¹ fabenavente@ualg.pt

RESUMEN

Las herramientas propias de la Ecología del Paisaje son un instrumento ampliamente utilizado en el análisis de la estructura de los paisajes para cuantificar sus características espaciales y las relaciones con los procesos territoriales. Sin embargo, el amplio número de métricas disponibles y el grado de correlación existente entre ellas han generado la necesidad de seleccionar conjuntos reducidos, adecuados para su aplicación en diferentes contextos y paisajes. Este artículo presenta la selección de un conjunto de estas métricas para una de las regiones más dinámicas de Portugal, como el Algarve, mediante un análisis de componentes principales y empleando para ello la cartografía del proyecto *Corine Land Cover* para tres fechas CLC 1990 (imágenes de 1985), 2000 y 2006. Los resultados del análisis han permitido determinar tres componentes principales presentes en las tres fechas seleccionadas, asociados con el área de las teselas y la forma de aquellas de mayor tamaño, y, en menor medida, con su elongación/compacidad y con la complejidad de los bordes. A partir de estos componentes se ha podido seleccionar un conjunto reducido de seis métricas, empleado para caracterizar los principales cambios que han tenido lugar en la región durante ese periodo. De dichos cambios destacan, entre otros, los procesos de fragmentación de los paisajes naturales del norte de la región, con las posibles implicaciones ecológicas derivadas.

Palabras clave: Métricas, Ecología del Paisaje, Análisis de Componentes Principales, Algarve

Aguilera Benavente, F. y Botequilha-Leitão, A. (2012): "Selección de métricas de paisaje mediante análisis de componentes principales para la descripción de los cambios de uso y cobertura del suelo del Algarve, Portugal", *GeoFocus (Artículos)*, nº 12, p. 93-121. ISSN: 1578-5157

SELECTING LANDSCAPE METRICS THROUGH PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS TO DESCRIBE LAND USE CHANGE IN THE ALGARVE REGION (PORTUGAL)

ABSTRACT

Landscape metrics have been widely used in landscape pattern measurement and analysis. Nevertheless, due to the large number of metrics available and the high correlation among many of them it is useful to select small sets suitable for different analyses and landscapes. This paper presents a selection of a group of landscape metrics to analyze land use changes in the Algarve region (southern Portugal) through a principal component analysis and Corine Land Cover project maps produced for 1985 (CLC 1990), 2000 and 2006. The analysis allowed us to identify three principal components common to all the analyzed time moments. These components are respectively associated to patch area and the shape of the largest patches, and with less expression to the elongation/compactness, and with edge complexity. It also supported the selection of a set of 6 metrics suitable to measure Algarve landscape structure for these moments. Finally, the selected set was successfully used to characterize landscape changes in the region from 1985 to 2006, especially landscape fragmentation in the northern areas of the Algarve.

Keywords: Landscape Metrics, Landscape Ecology, Principal Component Analysis, Algarve.

1. Introducción.

Los cambios de los usos del suelo y de la estructura del paisaje son una componente importante de las alteraciones globales que tienen lugar actualmente tanto en Europa (EEA, 2006a) como en todo el mundo. Entre las consecuencias que sobre el paisaje ocasionan estas alteraciones se encuentran la fragmentación y aislamiento de los usos agrícolas y naturales (Antrop, 2000), interrupción de los flujos ecológicos y afección de los ciclos del agua (Forman, 1995), etc. Estos impactos son aún de mayor gravedad en las áreas litorales, dado su carácter de interfase y de lugares con una alta concentración de biodiversidad.

La magnitud de estos procesos ha despertado un interés creciente por la caracterización y cuantificación de los cambios y alteraciones que tienen lugar en los paisajes (Turner, 2005). Algunos ejemplos de este interés, tanto en Europa como en la Península Ibérica, son los trabajos de la Agencia Ambiental Europea (EEA, 2006a, EEA, 2006b), el informe de la sostenibilidad en España (OSE, 2008) o los trabajos de Painho y Caetano (2005) y de Pinto-Correia *et al.* (2006) sobre los cambios de uso del suelo en Portugal. Sin embargo, una parte de los trabajos que se realizan en esta materia (ver, por ejemplo, OSE, 2008), únicamente aportan datos estadísticos acerca de la ocupación del suelo, o a lo sumo de los cambios de las coberturas de los diferentes usos que son generalmente llevadas a cabo a través de las matrices de contingencia (Pontius *et al.*, 2004). Así se hace necesario prestar mayor atención a las modificaciones en la estructura de los paisajes que surgen como consecuencia de dichas alteraciones de los usos y coberturas (Herzog y Lausch, 2001),

Aguilera Benavente, F. y Botequilha-Leitão, A. (2012): "Selección de métricas de paisaje mediante análisis de componentes principales para la descripción de los cambios de uso y cobertura del suelo del Algarve, Portugal", *GeoFocus (Artículos)*, nº 12, p. 93-121. ISSN: 1578-5157

con la consecuente afección de los procesos ambientales que tienen lugar en el territorio. La alteración de la conectividad en el paisaje es un claro ejemplo (Aguilera y Talavera, 2009).

La Ecología del Paisaje, basada en el modelo matriz-corredor-tesela del paisaje, es una de las disciplinas que más intensamente se ha desarrollado en los últimos años, estudiando las características espaciales de los paisajes, los cambios de su estructura y la relación de dichos cambios con los procesos que tienen lugar en el territorio (Dramstad *et al.*, 1997). De esta forma, esta disciplina aporta un marco contextual adecuado para el estudio de las alteraciones en las estructuras espaciales de los paisajes consecuencia de los procesos territoriales (Forman, 1995; Turner, 2005). Una de las herramientas de mayor popularidad e interés de esta disciplina son las denominadas métricas desarrolladas en el ámbito de la Ecología del Paisaje (McGarigal *et al.*, 2002).

La cantidad disponible de métricas resulta ingente (Uuemaa *et al.*, 2009), lo que dificulta la selección de aquellas más adecuadas para la identificación de ciertos procesos espaciales (Cushman *et al.*, 2008). Más aún si se considera que, en ocasiones, estas métricas se encuentran altamente correlacionadas entre sí (Riitters *et al.*, 1995; McGarigal y McComb, 1995; Tinker *et al.*, 1998; Tischendorf, 2001; Botequilha-Leitão, 2001). Por ello no existe aún un grupo completamente establecido de métricas adecuadas para el estudio de las características espaciales del paisaje.

No obstante, existe una amplia preocupación en la literatura internacional por la selección de aquellos instrumentos de la Ecología del Paisaje que pueden ayudar a caracterizar procesos de alteración y cambio de los paisajes más diversos. Destaca el trabajo de Cushman *et al.* (2008) que, a través de un análisis de componentes principales (ACP), identifica un grupo de 7 componentes que representan aspectos de la estructura presentes en múltiples paisajes de los Estados Unidos (y con ello un conjunto de métricas). Otros trabajos también avanzan en la identificación de un conjunto de métricas aplicadas al ámbito de la planificación. Por ejemplo, Botequilha-Leitão (2001) y Botequilha-Leitão y Ahern (2002) presentan una selección de métricas para su aplicación en el proceso de planificación que, posteriormente, es desarrollado con mayor detalle en Botequilha-Leitão *et al.* (2006).

En cualquier caso, aún es necesario seguir avanzando en la selección de aquellas métricas e instrumentos más adecuados para la caracterización de diferentes tipos de paisajes, especialmente en aquellos de carácter mediterráneo, dadas sus características distintivas (Matarán, 2005). Uno de estos paisajes de interés es del litoral sur de Portugal (región del Algarve) dadas sus características de altos valores ambientales (CCDR Algarve, 2007) que suponen que hasta un 60% de la costa, aproximadamente, se encuentre protegida. Esta región, con fuertes dinámicas territoriales asociadas a los desarrollos turísticos, campos de golf, etc., resulta uno de los posibles laboratorios para la identificación de métricas adecuadas para la caracterización de los cambios del paisaje litoral ibérico.

La principal hipótesis de este trabajo establece que es posible, mediante un análisis de componentes principales (McGarigal *et al.*, 2000) efectuado en tres momentos diferentes (1985, 2000 y 2006), identificar un conjunto reducido de métricas de la Ecología del Paisaje que permita

Aguilera Benavente, F. y Botequilha-Leitão, A. (2012): "Selección de métricas de paisaje mediante análisis de componentes principales para la descripción de los cambios de uso y cobertura del suelo del Algarve, Portugal", *GeoFocus (Artículos)*, nº 12, p. 93-121. ISSN: 1578-5157

estudiar la estructura del paisaje del Algarve y sus cambios a lo largo del período considerado. Por tanto, el ACP permitiría cumplir los siguientes objetivos:

- Identificar aquellos componentes de la estructura del paisaje del Algarve en las tres fechas seleccionadas.
- Abordar la selección de un conjunto de métricas para el estudio de los cambios de la estructura del paisaje del Algarve a partir de los componentes identificados.
- Junto con posteriores estudios en otros ámbitos ibéricos, se podrá avanzar en el establecimiento de relaciones entre los patrones identificados con las métricas seleccionadas y la caracterización de procesos de alteración del paisaje, cuyas fuerzas motrices se exploran más adelante.

El artículo se organiza de acuerdo con la siguiente estructura: en el epígrafe 2 se presentarán el área de estudio (epígrafe 2.1), los datos empleados (2.2.), así como la metodología de trabajo (2.3). En el epígrafe 3 se muestran y discuten los principales resultados del trabajo en lo que respecta a los factores identificados y al conjunto de métricas seleccionadas. En la sección 4 se presentan las principales conclusiones del trabajo.

2. Materiales, datos y métodos

2.1. El ámbito de estudio: La región del Algarve

La región del Algarve se sitúa en el sur de Portugal ([figura 1](#)) y cuenta con unos 458 mil habitantes (INE, 2010¹). Generalmente esta región se subdivide en tres unidades de paisaje que, de norte a sur, son las unidades *Serra*, *Barrocal*, y *Litoral* (para una análisis más detallado ver Cancela d'Abreu *et al.*, 2004). La primera de ellas (*Serra*) supone en torno a la mitad de la superficie de la región. De relieve accidentado y con una geología conformada principalmente por esquistos, en ella se sitúan las principales formaciones forestales y las cabeceras de las cuencas hidrográficas de la región. El *Barrocal* por su parte, de suelos calizos y de relieve mucho menos agreste, se encuentra ocupado por plantaciones de cítricos en las zonas de valle, por frutales de secano tradicional (algarrobo, almendro, higuera), así como olivar en las zonas de colina y por matorral mediterráneo en aquellas áreas de topografía más accidentada. La última unidad es el *Litoral*, que concentra 90% de la población del Algarve. Ésta constituye una área de elevado dinamismo poblacional y urbanizador (Ferrão, 2003), principalmente impulsado por el crecimiento urbano de los municipios más litorales de carácter turístico (CCDR Algarve, 2007). Destacan los importantes desarrollos urbanos ligados a la aparición de campos de golf (Botequilha-Leitão, 2009), así como la rápida dinámica urbanizadora (Petrov *et al.*, 2009), principalmente en los entornos de las urbes litorales, aunque siguiendo patrones cada vez más dispersos (CCDR Algarve, 2007; Botequilha-Leitão, 2009). Buena prueba del interés de las dinámicas territoriales en la región la constituyen igualmente la publicación de diversos trabajos de investigación internacionales, destacando los de Petrov *et al.* (2009), en el que se exploran escenarios de desarrollo urbano en la región, o la inclusión de esta área como una de las zonas de estudio del proyecto MOLAND (EEA, 2002).

Aguilera Benavente, F. y Botequilha-Leitão, A. (2012): "Selección de métricas de paisaje mediante análisis de componentes principales para la descripción de los cambios de uso y cobertura del suelo del Algarve, Portugal", *GeoFocus (Artículos)*, nº 12, p. 93-121. ISSN: 1578-5157

No obstante, y a pesar de su fuerte dinamismo, la región presenta unos valores paisajísticos y ambientales notables, destacando la existencia de múltiples áreas protegidas. Estas áreas ocupan el 8,6% de la superficie total del Algarve (CCDR Algarve, 2004a) y en torno al 60% de su zona costera, lo que convierte a la región en un área de aún mayor interés territorial. Este hecho es todavía más destacado si se tiene en cuenta que los LIC, que no se encuentran totalmente incluidos dentro de las áreas protegidas, representan un 13,4% de superficie (CCDR Algarve, 2004a), haciendo un total de alrededor del 22% del territorio encuadrado dentro de cualquier figura de protección.

2.2. Los datos de partida

Los datos empleados se corresponden con la cartografía de ocupación y uso del suelo para la región del Algarve en las fechas de 1990 (imágenes de satélite correspondientes a 1985 para el Algarve), 2000 y 2006 en formato raster y con un tamaño de píxel de 100 m, procedente del proyecto CLC, disponibles a través de la Agencia Ambiental Europea. Estos datos a nivel europeo han sido superpuestos con la delimitación de la región del Algarve, lo que ha permitido extraer la cartografía de uso y cobertura del suelo para la región del Algarve ([figura 2](#)). Los datos aportados por el proyecto CLC presentan una escala 1:100.000, una unidad mínima cartografiada de 25 ha, y una leyenda jerárquica dividida hasta en 3 niveles para todo el ámbito europeo, que hace un total de hasta 44 categorías de leyenda (EEA, 2002). Para el presente estudio se ha adoptado el nivel 3, el de mayor desagregación a nivel europeo, resultando un total de 39 categorías. Este nivel supone una leyenda lo suficientemente detallada para un análisis de cambios del paisaje a la escala planteada, como revelan varios estudios de este tipo con carácter regional y nacional (Caetano *et al.*, 2005; Plata Rocha *et al.*, 2008). La [tabla 1](#) muestra las diferentes categorías de cobertura del suelo consideradas en el ACP (después de eliminar 17 categorías minoritarias –ver epígrafe 2.3), así como las superficies en porcentaje de cada uso para las tres fechas disponibles.

Entre las ventajas de la aplicación de los datos CLC destaca el que se trata de una cartografía homogénea y estándar, tanto en sus características espaciales como de leyenda, que puede ser utilizada en toda Europa y que permite comparar y reproducir los resultados obtenidos en cualquier área del continente (EEA, 2000). También su elevada resolución temporal, ya que se producen nuevas versiones cada 10 (o incluso cada 5) años, permitiendo la realización de análisis de dinámicas paisajísticas cada cierto tiempo y garantizando, por tanto, el incremento gradual de la serie temporal disponible.

No obstante, la cartografía CLC también presenta una serie de desventajas, en su mayor parte relacionadas con la escala de trabajo y la unidad mínima cartografiada (UMC). Por ejemplo, determinados procesos de alteración de la estructura del paisaje, especialmente aquellos relacionados con los usos urbanos, no son detectados a la escala del CLC. Por otra parte, también son reseñables los errores que en diversos trabajos han sido detectados en el CLC, como por ejemplo en la Comunidad de Madrid en España (Catalá Mateo *et al.*, 2008), especialmente en lo que respecta al contenido temático de las diferentes teselas de los usos y coberturas existentes, y que igualmente se pueden detectar en el área de estudio del Algarve. En cualquier caso, y a pesar de los

Aguilera Benavente, F. y Botequilha-Leitão, A. (2012): "Selección de métricas de paisaje mediante análisis de componentes principales para la descripción de los cambios de uso y cobertura del suelo del Algarve, Portugal", *GeoFocus (Artículos)*, nº 12, p. 93-121. ISSN: 1578-5157

inconvenientes señalados, se ha estimado que se trata de la cartografía más adecuada para la realización del presente estudio.

2.3. Metodología.

La [figura 3](#) representa la metodología empleada en el trabajo. Partiendo del CLC, se ha obtenido un amplio grupo de métricas para cada una de las tres fechas. Los resultados de las métricas para cada fecha se sometieron posteriormente a un ACP con el objetivo de encontrar componentes de la estructura del paisaje independientes. Posteriormente y tomando como resultado los componentes que explican la variabilidad en dicha estructura, se seleccionaron aquellas métricas con mayor correlación para la explicación de las alteraciones en el paisaje del ámbito de estudio. Finalmente, usando estas métricas se presenta una breve descripción de las principales alteraciones en la estructura del paisaje de la región del Algarve. No obstante, para poder interpretar ciertas alteraciones puede ser necesario apoyarse en algunas otras métricas de manera auxiliar (ver epígrafe 3) que completen a aquellas identificadas en un primer momento.

2.3.1 Las métricas de la Ecología del Paisaje y su cálculo

Para la selección de las métricas se ha obtenido en primer lugar un número amplio de métricas, calculadas a nivel de categoría (es decir, para cada ocupación del suelo) para las tres fechas disponibles en la cartografía CLC. Este conjunto amplio permitió obtener medidas de la estructura espacial del paisaje en muchos de sus aspectos (forma, complejidad, fragmentación, aislamiento, crecimiento, dominancia, etc.).

Estas métricas, obtenidas a nivel de categoría se calcularon para las tres fechas a partir del CLC (ver [figura 2](#)), bien como las medias aritméticas (_MN) o bien como el sumatorio de la multiplicación del valor de cada métrica por el área de cada tesela (_AM). Para ello se empleó el *freeware* Fragstats 3.3 (McGarigal *et al.*, 2002), disponible en la web (http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/downloads/fragstats_downloads.html), que usó la cartografía CLC como *input*. La [tabla 2](#) recoge las métricas empleadas, todas ellas definidas de acuerdo con McGarigal *et al.* (2002).

2.3.2 La preparación de los datos y el análisis ACP

A partir de un análisis detallado de la cartografía CLC para cada categoría se eliminaron aquellas que presentaron un comportamiento anómalo (Botequilha-Leitão, 2001; Luck y Wu, 2002). A modo de ejemplo se desecharon aquellas categorías que presentaban un número de teselas muy reducido (por ejemplo, olivares, arrozales, estuarios, etc.), que únicamente estaban presentes en una fecha. Igualmente aquellas categorías que presentaron errores manifiestos de clasificación (cursos de agua, lagunas costeras, mares y océanos, etc.). En cualquier caso, es destacable el hecho de que, en su conjunto, las 17 categorías eliminadas representan una mínima parte de la superficie del Algarve (menos del 2%). Posteriormente, los valores de las métricas para las tres fechas fueron

Aguilera Benavente, F. y Botequilha-Leitão, A. (2012): "Selección de métricas de paisaje mediante análisis de componentes principales para la descripción de los cambios de uso y cobertura del suelo del Algarve, Portugal", *GeoFocus (Artículos)*, nº 12, p. 93-121. ISSN: 1578-5157

normalizados, obteniendo los "puntuajes z", de acuerdo con Buzai (2003), de tal modo que la sumatoria de valores de cada variable es igual a 0, su media es 0 y su desviación típica 1, como paso previo a la realización del ACP.

Para la selección del número de factores considerados en el ACP se empleó el criterio del *scree plot* (McGarigal *et al.*, 2000), seleccionando únicamente aquellos con una contribución notable a la explicación de la varianza de los resultados, a la vista de los gráficos de autovalores, en los que se puede reconocer un punto de inflexión. Igualmente, el criterio del *latent root* permitió eliminar aquellos factores con autovalores por debajo de 1, esto es, con menor carga explicativa que una de las variables por sí sola. La identificación de las métricas correlacionadas con los factores identificados en el análisis se realizó teniendo en cuenta aquellos valores de correlación por encima del 0,8, considerados como relevantes, sirviendo, no obstante, algunos valores de correlación inferiores a ese límite como valores auxiliares para la interpretación de los factores. Para una más fácil interpretación de los valores con mayor correlación, en la [tabla 3](#) se han destacado en tonos de gris y aquellos por encima del 0,8 han sido resaltados en negrita.

3. Resultados y discusión

3.1 Componentes independientes de la estructura espacial del paisaje del Algarve

Los resultados obtenidos para las tres fechas revelan que los tres primeros componentes principales (CP) suponen generalmente en torno al 80% de la variabilidad total de las características estructurales del paisaje ([tabla 3](#)). En lo que respecta a la correlación entre las métricas y los tres CP identificados, se puede afirmar que es similar para las tres fechas y, por tanto, es posible plantear la interpretación de los tres CP de forma global para el paisaje del Algarve, únicamente con algunos matices entre ellos.

El CP1 se encuentra fuertemente correlacionado (con valores negativos para todas las métricas consideradas, excepto para PARA) con aquellas métricas relacionadas con el tamaño de las teselas, ya sea su tamaño medio (AREA_MN) o su variabilidad (LPI y AREA_CV, con valores más bajos de LPI en 2006). Igualmente se encuentra correlacionado con la forma de las teselas más grandes, concretamente con GYRATE_AM y SHAPE_AM, entre otras, así como con las métricas de agregación y adyacencia (AI, PLADJ). Por tanto, a pesar de la dependencia de GYRATE y las métricas de agregación del tamaño de las teselas (McGarigal *et al.*, 2002), la presencia de SHAPE revela la existencia de relación de este factor con la forma de las teselas más grandes (al tratarse de métricas ponderadas por el área). Por tanto, el primer factor puede interpretarse como el tamaño de las teselas unido a la forma de aquellas teselas más grandes.

El CP2 se encuentra correlacionado tanto con la relación perímetro/área (PARA_MN) como con métricas de compacidad/elongación (CONTIG_MN). Este factor parece corresponderse entonces con una medida de la elongación de las categorías. Los signos opuestos de las correlaciones (negativo para PARA_MN y positivo para CONTIG_MN) muestran que aquellas

Aguilera Benavente, F. y Botequilha-Leitão, A. (2012): "Selección de métricas de paisaje mediante análisis de componentes principales para la descripción de los cambios de uso y cobertura del suelo del Algarve, Portugal", *GeoFocus (Artículos)*, nº 12, p. 93-121. ISSN: 1578-5157

teselas con menor relación área/perímetro tienen valores más altos de compacidad y menores valores de elongación (que se traduce en menor CONTIG_MN).

Por su parte, el CP3 se encuentra correlacionado para las tres fechas con métricas de forma/complejidad del borde, como, principalmente, FRAC_MN y, en menor medida, con SHAPE_MN. Por tanto, se interpretó como la complejidad del borde de las teselas.

3.2. La selección de un conjunto de métricas para el estudio del paisaje del Algarve

La selección se ha planteado de acuerdo con los siguientes criterios:

1. Los resultados del ACP (tablas 3 y 4) en los que, mediante una lectura vertical de los datos, se pueden identificar aquellas métricas con mayor correlación con cada uno de los factores. Además, a través de una lectura horizontal se puede plantear la selección de aquellas métricas de acuerdo con su pertenencia a cada uno de los tipos de componente estructural del paisaje que miden.
2. El análisis de la evolución de los valores de las métricas en las tres fechas para las diferentes categorías, especialmente en lo que respecta a su rango de variación (métricas con poco rango de variación serán más difícilmente interpretables y, por tanto, se dará prioridad a otras a la hora de hacer la selección).
3. Los valores de cada una de las categorías para cada factor, a través de su proyección en el plano de los factores. A través de la identificación de las categorías con valores más altos para cada componente ([figura 4](#)) y de la observación de los valores de las métricas para cada categoría se dispondrá de un elemento más para interpretar la relación de los componentes con las diferentes métricas y apoyar su selección.
4. La presencia de las métricas en otras selecciones realizadas en la bibliografía.

En el CP1, interpretado como tamaño y forma de las teselas grandes, se puede observar que aquellas categorías con mayor contribución para su formación (311, 241, 323 y 243) ([figura 4](#)) son aquellas con la mayor expresión territorial (ver [tabla 2](#)). Por tanto, las métricas que se seleccionen en relación al CP1 van a permitir explicar las alteraciones de aquellas categorías principales del paisaje del Algarve y podrán emplearse a modo de abordaje general para su estudio, en este caso basado fundamentalmente en el análisis de los tamaños de las teselas. De acuerdo con los valores de correlación de la [tabla 3](#), la primera métrica que se ha seleccionado es el AREA_MN, con la correlación más alta para el CP1 en las tres fechas, que aporta una idea del tamaño medio de las teselas de cada categoría. Ha sido completada con el AREA_CV, de alta correlación igualmente, que representa la variabilidad en el tamaño de las teselas de cada categoría.

Para representar la componente de forma de las teselas grandes de este CP1 se ha seleccionado la métrica SHAPE_AM, que presenta la mayor correlación de ese grupo ([tabla 4](#)), frente a métricas como FRAC_AM, ya que SHAPE aporta una medida de la complejidad de la forma de manera independiente del tamaño del área (McGarigal *et al.*, 2002). Igualmente

Aguilera Benavente, F. y Botequilha-Leitão, A. (2012): "Selección de métricas de paisaje mediante análisis de componentes principales para la descripción de los cambios de uso y cobertura del suelo del Algarve, Portugal", *GeoFocus (Artículos)*, nº 12, p. 93-121. ISSN: 1578-5157

GYRATE_AM se ha incluido en relación con la forma de las teselas de mayor tamaño, dada su fuerte correlación, a pesar de que resulta muy dependiente del tamaño de las teselas (Botequilha-Leitão *et al.*, 2006).

En el CP2 (elongación), aquellas categorías con valores más altos (111, 231 y 331) ([figura 4](#)) se corresponden con categorías con una expresión territorial baja en términos de área, pero que suponen una diversidad en la estructura del paisaje en aquellos aspectos relacionados con la compacidad y la elongación. Por tanto, a través de estas métricas se podría realizar un segundo abordaje en relación con las categorías minoritarias del paisaje. Este CP se encuentra correlacionado con las métricas CONTIG_MN y PARA_MN, de las que se ha seleccionado CONTIG_MN, cuyos valores más altos muestran formas más compactas y menos alargadas. Esta métrica, entendida como un indicador de compacidad y elongación, se ha preferido a PARA_MN dado la fuerte dependencia que éste último presenta con respecto al área. Y es que, al ser una medida basada en el cociente entre el perímetro y el área (McGarigal *et al.*, 2002), PARA muestra cambios de sus valores en situaciones de incremento del área de las teselas sin cambios de la elongación, por lo que no resulta una métrica especialmente adecuada para este propósito.

Finalmente en el CP3 sucede algo similar al CP2, constituyendo igualmente un abordaje para el estudio de las categorías minoritarias. De las dos métricas correlacionadas se ha optado por el SHAPE_MN frente a FRAC_MN, a pesar de que este último presenta valores ligeramente más altos de correlación con el CP3. Las razones para escoger SHAPE_MN son fundamentalmente tres:

1. La primera se encuentra relacionada con el hecho de que los valores de FRAC_MN tienen un rango de valores muy reducido en las tres fechas analizadas (1,12 de valor máximo y 1,06 de valor mínimo en 1990, donde se encuentra el rango máximo). Estos valores tan bajos provocan que apenas se puedan apreciar alteraciones entre las distintas fechas, lo que reduce su utilidad para detectar procesos de cambio. En el caso del SHAPE_MN el rango, en las tres fechas, es más amplio (1,40-2,44).
2. La segunda razón tiene que ver con la mayor facilidad de interpretación del SHAPE_MN, en relación con la complejidad de la forma.
3. La tercera tiene que ver con la mayor presencia de estas métricas en la literatura en la materia (Tinker *et al.*, 1998; Botequilha-Leitão *et al.*, 2006).

De manera adicional, además de estas métricas relacionadas con los CP identificados, se han incorporado dos métricas, concretamente PLAND y NP. Mediante PLAND es posible identificar los porcentajes de ocupación del suelo de cada categoría y su cambio de forma muy sencilla. Se corresponde con los datos empleados en múltiples trabajos de análisis de cambio en los usos del suelo y por ello aparece generalmente seleccionado en diversos estudios que abordan la selección de métricas (Riitters *et al.*, 1995; McGarigal y McComb, 1995; Tinker *et al.*, 1998; Tischendorf, 2001; Botequilha-Leitão *et al.*, 2006). Las razones para no incluir esta métrica en el ACP tienen que ver con su fuerte correlación con las otras, lo que ha motivado que sea seleccionado aparte (Cushman *et al.*, 2008).

Aguilera Benavente, F. y Botequilha-Leitão, A. (2012): "Selección de métricas de paisaje mediante análisis de componentes principales para la descripción de los cambios de uso y cobertura del suelo del Algarve, Portugal", *GeoFocus (Artículos)*, nº 12, p. 93-121. ISSN: 1578-5157

Por su parte, NP muestra de forma sencilla cómo se encuentra distribuida la superficie de cada cobertura del suelo en diferentes teselas. Junto con PLAND puede dar una idea de lo fragmentada que se encuentra una categoría. Por otra parte, se trata de una métrica identificada como una dimensión independiente del paisaje en diversos trabajos que emplean ACP para seleccionar métricas (Riitters *et al.*, 1995; McGarigal y McComb, 1995; Tinker *et al.*, 1998; Tischendorf, 2001). Igualmente, ha sido seleccionada por autores que proponen diferentes grupos de métricas (Botequilha-Leitao *et al.*, 2006) y empleada en trabajos de otra índole (Franklin y Forman, 1987; Opdam, 1991). De esta forma, y a pesar de que su correlación no es especialmente elevada (valores cercanos al 0,7 para el CP1 en dos fechas, [Tabla 4](#)), se ha optado por incluirla en el conjunto seleccionado.

En suma, las diferentes métricas seleccionadas han sido: AREA_AM, AREA_CV, SHAPE_MN, SHAPE_AM, GYRATE_AM, CONTIG_AM, PLAND, y NP.

3.3 Factores motrices de las alteraciones en el paisaje del Algarve

Para intentar avanzar en la comprensión de las dinámicas más importantes en el periodo considerado (1985-2006) se han tratado de identificar los principales factores motrices de las alteraciones en el paisaje. Así, el fuerte dinamismo del Algarve se puede explicar en parte por diversos factores de naturaleza dispar, y que comenzaron a actuar en momentos diferentes:

1. El primero de estos factores está relacionado, desde el punto de vista institucional, con la entrada de Portugal en la Comunidad Económica Europea (CEE) en 1986. Hasta esa fecha los cambios en los usos y coberturas del suelo presentaban unas dinámicas mucho menos aceleradas en lo que respecta a la transformación de las actividades rurales (agrícolas y forestales) que aquellas que surgirían tras 1986 con la entrada en vigor de la Política Agrícola Común (PAC). A este respecto, el primer *Plan regional de ordenamiento del territorio* existente para la región del Algarve -el PROTAL'91 (CCR Algarve, 1991)-, el primero realizado en Portugal, refleja de forma adecuada la realidad del Algarve pre-CEE (Botequilha-Leitão, 2009). Por tanto, la primera fecha de la cartografía CLC seleccionada para el presente estudio -1985 (CLC'90)- refleja la realidad anterior a la entrada en escena de este factor.
2. El proceso de dispersión urbana, que ya aparecía identificado como problema en el PROTAL'91 y que se ha venido acentuando hasta la actualidad. Esta dispersión se encuentra asociada al fuerte crecimiento de la población que se produjo en el Algarve después de 1990 (15,8% en el Algarve frente al 5% en Portugal) (CCDR Algarve, 2004a). La fuerte dinámica urbana en el área litoral, asociada al turismo de playa y residencial de campos de golf, provocó un incremento de los precios del suelo en esta zona, facilitando la ocupación del *Barrocal* de una forma dispersa (Botequilha-Leitão, 2009) dados los menores precios del suelo.
3. El tercer factor estaría constituido por la entrada de Portugal en la *zona euro*, en torno al fin de la década de 1990, lo que introdujo nuevas fuerzas de carácter económico, unido a los cambios que tuvieron lugar en la PAC.

Aguilera Benavente, F. y Botequilha-Leitão, A. (2012): "Selección de métricas de paisaje mediante análisis de componentes principales para la descripción de los cambios de uso y cobertura del suelo del Algarve, Portugal", *GeoFocus (Artículos)*, nº 12, p. 93-121. ISSN: 1578-5157

4. El último factor podría asociarse a los episodios de incendios acontecidos en 2003, que provocaron la devastación de grandes extensiones (60.000 ha) en el noroeste de la unidad *Serra*, con particular incidencia en la *Serra de Monchique* y su entorno. Posteriormente se llevó a cabo la reforestación de grandes áreas con apoyo de los fondos comunitarios, fundamentalmente empleando eucaliptos, que ocupan casi 50% de la *Serra de Monchique* (CCDR Algarve, 2004a). La incidencia de este proceso resulta particularmente importante dado que en estos ámbitos se sitúan dos Lugares de Interés Comunitario (LIC) muy extensos, incluidos en la red NATURA2000 -Monchique y Serra do Caldeirão.

3.4. Las métricas seleccionadas y sus ventajas para el estudio de las alteraciones en el paisaje del Algarve.

El principal argumento de discusión de las ventajas del uso de las métricas seleccionadas se desarrolla mediante su aplicación para explicar las alteraciones del paisaje del Algarve. Por tratarse de un abordaje general, y ser un objetivo secundario de este trabajo, únicamente se han analizado las alteraciones de las categorías principales de ocupación del suelo mediante el conjunto de métricas relacionadas con el CP1. Estas categorías principales (ver tabla 7) suponen cerca del 86% de la región, lo que permitirá un análisis representativo de sus alteraciones. Así, este análisis o abordaje general se ha realizado mediante:

1. El conjunto de métricas seleccionadas para el factor CP1, las métricas complementarias, y la alteración de sus valores en los períodos 1985-2000 y 2000-2006 (tabla 5). No obstante, se han empleado otras tres métricas auxiliares para complementar este análisis (TE, LPI y Area_AM, todas ellas con valores de correlación considerables en el ACP), de acuerdo con las necesidades concretas de explicar de forma más detallada algunos de los procesos identificados.
2. Un análisis visual de los mapas de ocupación de suelo para cada fecha ([figura 2](#)), que permita relacionar mejor las alteraciones en las métricas con los procesos territoriales subyacentes.

En primer lugar, y en lo que respecta a la *composición* del paisaje medida a través del PLAND (aspecto tratado en la mayor parte de los estudios tradicionales de cambios en los usos del suelo, ver por ejemplo OSE, 2008), se puede afirmar que la categoría 324 (constituida fundamentalmente por nuevas plantaciones forestales en la unidad *Serra*) creció de manera notable en las dos períodos considerados (PLAND +12,9%), al igual que la categoría 222 (frutales, concretamente cítricos localizados en la unidad *Barrocal*) (PLAND +0,4%), aunque ésta de una forma más discreta.

El conjunto de las cinco categorías restantes presentan una disminución de su área (-13,8% PLAND) que se corresponde con una pérdida de vegetación natural, ya sea de los usos forestales de frondosas (311) en la unidad *Serra* occidental (311), de matorral (323) en *Serra* oriental y de áreas agrícolas con áreas naturales (243) o de los frutales de secano tradicionales (241) en la unidad *Barrocal*. Estas categorías son gradualmente sustituidas por usos más intensivos, como son las plantaciones forestales (324), especialmente de pino piñonero (*Pinus pinea*) (CCDR, Algarve, 2004a), o los cítricos (222). De esta forma se verifica una intensificación de los usos agrícolas y

Aguilera Benavente, F. y Botequilha-Leitão, A. (2012): "Selección de métricas de paisaje mediante análisis de componentes principales para la descripción de los cambios de uso y cobertura del suelo del Algarve, Portugal", *GeoFocus (Artículos)*, nº 12, p. 93-121. ISSN: 1578-5157

forestales más naturalizados, típicos de los paisajes de *Serra y Barrocal*, aunque este proceso también ha sido documentado para el litoral (Botequilha-Leitão, 2009), otras regiones de Portugal como el Alentejo (Pinto-Correia y Mascarenhas, 1999) o Portugal en general (Pinto-Correia *et al.*, 2006).

En lo que respecta a la *configuración* del paisaje, las métricas seleccionadas aportan información interesante. La categoría 324 (tabla 5) presenta un crecimiento de la mayor tesela existente (observado a través del LPI) más acentuado que el crecimiento de su área total, pasando de una relación LPI / PLAND de 7% en 1990 al 18% en 2006. Esto se traduce en una consolidación de la mayor tesela existente. El resto de los crecimientos de área (+65 % y + 71,5 % PLAND) se traducen en el doble de teselas (+ 36,8 % y + 34,8 % NP) y en el crecimiento de las existentes (+ 20,6% y 27,3 % AREA_MN), especialmente las de mayor tamaño (las mayores quintuplicaron su tamaño medio, como revela el incremento de AREA_AM). Estas alteraciones estuvieron acompañadas de fuertes incrementos de la complejidad morfológica, especialmente de las teselas mayores (SHAPE_AM), así como de su extensión (GYRATE_AM), que se dobló. La razón de estos cambios puede explicarse por el crecimiento de las nuevas plantaciones de pino piñonero (en la unidad *Serra* occidental), generalmente siguiendo las curvas de nivel, lo que da lugar a teselas de formas sinuosas y estrechas

La categoría 222 (cítricos) creció en el período considerado (Tabla 5) impulsada por el crecimiento de su mayor tesela, la cual representa cerca de 50% de su área relativa (+2.586 ha). La existencia de esta gran tesela influye mucho en los resultados de las métricas ponderadas por el área, como puede ser AREA_AM. Por otra parte, al apenas surgir nuevas teselas no se altera la estructura de esta categoría, lo que se traduce en estabilidad en métricas como el NP, SHAPE o GYRATE.

El resto de categorías, como se señaló anteriormente, experimentaron pérdidas en detrimento de las dos anteriores. Estas pérdidas, para el caso de la categoría 323 (matorral bajo) son máximas (pierde cerca del 6.3% PLAND, o más de 33.000 ha) y se traducen, en términos de configuración espacial del paisaje, en un incremento de la fragmentación. Este hecho se observa en la disminución drástica del AREA_MN (y principalmente de las teselas mayores, ver AREA_AM en tabla 5) que pierde más de dos tercios de su valor inicial en 1990, acompañada de una subida notable del número de teselas (NP + 40%). Sin embargo, esta fragmentación no supuso una alteración del perímetro total (TE), probablemente porque aparecen nuevas teselas que compensan la pérdida de borde originada por la disminución de área media de las teselas más grandes. Esta fragmentación también tiene como consecuencia una pérdida de diversidad de tamaños de las teselas (AREA_CV), que se sitúa cerca de 1/3 (36%), lo que contribuye a una pérdida de la diversidad de los tamaños de las teselas de este uso presentes en el paisaje. A este respecto, una menor variabilidad de tamaños indica una mayor uniformidad del patrón espacial, lo que puede tener consecuencias en los procesos del paisaje (McGarigal *et al.*, 2002).

Finalmente, para la categoría 323 también se registra una pérdida de complejidad morfológica de las teselas más grandes, que se hacen más simples (SHAPE_AM -35%) y menos alargadas (GYRATE_AM -52%). No obstante, esta disminución puede estar afectada por el denominado efecto del área (ver epígrafe 4.2). Una posible interpretación es que las teselas

Aguilera Benavente, F. y Botequilha-Leitão, A. (2012): "Selección de métricas de paisaje mediante análisis de componentes principales para la descripción de los cambios de uso y cobertura del suelo del Algarve, Portugal", *GeoFocus (Artículos)*, nº 12, p. 93-121. ISSN: 1578-5157

mayores, muy ramificadas en 1990, perdieron en estas dos décadas ramificaciones pequeñas pero muy alargadas. Esto generaría un número mayor de pequeñas teselas, cuya configuración es menos compleja.

En lo que respecta a la categoría 311 (bosque de frondosas), presenta un comportamiento diferente en los dos períodos analizados. En un primer período (1990-2000) parece crecer (+ 7,3 % PLAND) y agregarse (- 8,1 % NP y +16,7 % AREA_MN) como consecuencia de la incorporación de teselas de otros usos. Este proceso sin embargo se convierte en el período 2000-2006 en una pérdida de área, acompañada de una fuerte fragmentación (NP + 40% y AREA_MN -48,2 %), que igualmente provoca una pérdida de diversidad de tamaños (AREA_CV - 25%), y de la continuidad estructural o elongación de las teselas mayores (GYRATE_AM - 50%). Si se tiene en cuenta que en esta categoría están incluidos los bosques y dehesas de alcornoques, concretamente en la unidad *Serra*, incluidos en la Red Natura 2000 y en la Estructura Regional de Conservación de la Naturaleza (CCDR Algarve, 2004b; CCDR Algarve, 2007), se puede inferir una pérdida de hábitat de elevado valor ambiental.

Este último proceso es muy similar para el caso de la categoría 243 (áreas agrícolas con áreas naturales), con una pérdida de superficie (PLAND -1,3%), disminución del área media de las teselas (AREA_MN - 32%) e incremento del número de teselas (NP +78, equivalente a un aumento del 35%). Este proceso de fragmentación ocurre principalmente entre 2000 y 2006, y se hace más evidente desde el punto de vista espacial en las zonas más orientales de la unidad *Serra*.

Por último, la categoría 241 (que en el Algarve se corresponde con los frutales de secano tradicionales: algarrobos, olivos, almendros, higueras, etc.) experimenta también una mayor fragmentación, como revela el incremento del número de teselas (+15,8 y + 14,5 % del PN) en los dos períodos, con una pérdida neta de superficie (-4,8 y - 6,7 % PLAND). Además, estas teselas presentan un menor tamaño medio (- 17,8 y -18,5 % AREA_MN), por lo que pierden entidad. Estas teselas, a su vez, se hacen menos extensas (GYRATE_AM - 9,5 % y -31%, respectivamente) y, por tanto, más cercanas a la forma circular (SHAPE_AM + 20 % de 1990 a 2006) como consecuencia de dicha fragmentación.

3.5 Limitaciones y recomendaciones del uso de las métricas a escalas regionales.

Vistas las posibilidades y ventajas de aplicación de las métricas, conviene detenerse en las limitaciones del análisis realizado. Dichas limitaciones guardan, en primer lugar, relación con el hecho de que uno de los principales problemas del paisaje del Algarve, como la dispersión urbana (CCR Algarve, 1991; CCDR Algarve, 2007; Botequilha-Leitão, 2009) es claramente subestimado a la escala del CLC, dado el elevado tamaño de la UMC (25 ha). Una gran parte de los usos urbanos, bastante fragmentados y dispersos en muchas regiones de Portugal, no son detectados con este soporte cartográfico (Freire y Caetano, 2005) y, por tanto, tampoco en el presente análisis. Por ello resulta recomendable ampliar estudios de este tipo con trabajos a escalas más detalladas como es la escala 1:25.000 de la *Carta de Ocupação do Solo em Portugal* (denominada cartografía COS 1990 y 2007) o de la cartografía del IGN, también a dicha escala, en España.

Aguilera Benavente, F. y Botequilha-Leitão, A. (2012): "Selección de métricas de paisaje mediante análisis de componentes principales para la descripción de los cambios de uso y cobertura del suelo del Algarve, Portugal", *GeoFocus (Artículos)*, nº 12, p. 93-121. ISSN: 1578-5157

Otro de las limitaciones del análisis tiene que ver con la eliminación de aquellas categorías con un bajo NP y PLAND. Estas podían presentar valores de forma, elongación, etc. muy elevados o escasos, que enmascarasen las principales dimensiones espaciales del paisaje del Algarve. Por ello, a pesar de la pérdida de información, se ha considerado adecuado realizar el análisis con aquellas categorías más importantes y que representan un porcentaje muy elevado del paisaje del Algarve.

En lo que respecta a las limitaciones propias del conjunto de métricas, conviene destacar que dicho conjunto recoge tanto métricas de composición del paisaje (PLAND) como de configuración del mismo (NP, AREA_MN y métricas de extensión o elongación como GYRATE y de métricas de forma como SHAPE). No se han incluido, sin embargo, métricas relacionadas con el grado de aislamiento de las teselas, como es la distancia media a la tesela más próxima (ENN), que aparecen propuestas en algunos de los conjuntos existentes en la bibliografía ya discutidos, pero que no han sido identificados como relevantes en el ACP. No obstante, es posible que futuros estudios en la misma área (a diferentes escalas, por ejemplo) revelen la utilidad de métricas complementarias. Por ello, este conjunto no puede ser considerado un conjunto cerrado definitivo.

Llegado este punto también merece la pena destacar las posibles limitaciones de la métrica GYRATE, seleccionada en el conjunto propuesto, ya sea como valor medio (MN) o como valor medio ponderado por el área (AM). Se trata de una medida de la extensión de las teselas de una categoría, así como de su elongación (ver Botequilha-Leitão *et al.*, 2006 para una explicación detallada), aunque es necesario destacar que resulta muy dependiente del tamaño, por lo que se encuentra relacionada con AREA_MN y AREA_AM. Por tanto, incrementos del área de las teselas (y con ello de la métrica AREA_MN) se traducen en un mayor valor del GYRATE, y por ello debe ser interpretado conjuntamente con AREA_MN para evitar la extracción de conclusiones erróneas. En cualquier caso, esta métrica, a pesar de la comentada dependencia del área, ha sido seleccionada para el estudio de los paisajes en diversos trabajos como los de Botequilha-Leitão y Ahern (2002) y Botequilha-Leitão *et al.* (2006). En el presente trabajo, un análisis visual permitió verificar, por ejemplo para la categoría 331 (bosque de frondosas), que las alteraciones en este índice reflejaban realmente que la mayoría de las teselas grandes eran, en 1990, muy alargadas y con muchas ramificaciones y que las pérdidas de GYRATE se debían realmente a una pérdida de elongación, no sólo a una disminución del área.

Finalmente, y en lo que respecta a las recomendaciones a la hora de emplear las métricas, no es frecuente una relación unívoca entre los valores de una métrica cualquiera y un patrón de alteración específico del paisaje. Por eso resulta muy importante utilizar las métricas en conjunto. Así, por ejemplo, para analizar la fragmentación resulta bastante útil analizar conjuntamente los valores del PLAND, AREA_MN (o AREA_AM) y PN (Botequilha-Leitão, 2001; Botequilha-Leitão y Ahern, 2002; Botequilha-Leitão *et al.*, 2006). No obstante, otras métricas complementarias son útiles para caracterizar aspectos importantes de este fenómeno, como las métricas de forma (por ejemplo, SHAPE) que ayudan a entender si la estructura del paisaje se vuelve más artificial (formas más complejas generalmente son propias de estructuras naturales, mientras que aquellas más simples y geométricas suelen asociarse a usos antrópicos). También la continuidad estructural de las teselas o elongación (una componente de la conectividad) a través de GYRATE o CONTIG.

Aguilera Benavente, F. y Botequilha-Leitão, A. (2012): "Selección de métricas de paisaje mediante análisis de componentes principales para la descripción de los cambios de uso y cobertura del suelo del Algarve, Portugal", *GeoFocus (Artículos)*, nº 12, p. 93-121. ISSN: 1578-5157

Métricas de este tipo han sido incluidas en el conjunto seleccionado para tratar de abarcar las diferentes características espaciales del paisaje del Algarve.

4. Conclusiones

Este trabajo presenta un análisis de componentes principales para la selección de un conjunto de métricas que ha permitido analizar los cambios de la estructura del paisaje del Algarve (Portugal). El interés por cuestiones de este tipo ha sido ampliamente discutido en la bibliografía, lo que motiva los intentos de selección de aquellos conjuntos de métricas adecuados para su aplicación en diferentes ámbitos concretos. Entre estos ámbitos se encuentran los paisajes litorales ibéricos, de interés dado su carácter singular por su riqueza y valor paisajístico (Matarán, 2005), la marcada litoralidad del sistema de ciudades de la península, tanto en Portugal (Ferrão, 2003) como en España (Ministerio de Vivienda, 2006), así como por la importante acumulación de alteraciones que se han producido en el paisaje de estas áreas en los últimos años (Caetano *et al.*, 2005; OSE, 2008; Botequilha-Leitão, 2009). En este contexto, el Algarve resulta uno de los posibles laboratorios adecuados para su estudio, dado su alto dinamismo e interés ecológico y territorial.

A la vista de los resultados y discusión realizada, el ACP ha permitido detectar aquellos componentes principales (CP) que explican la mayor parte de la variabilidad en la estructura del paisaje del Algarve en las tres fechas estudiadas:

El primer componente principal (CP1) se encuentra relacionado con el área de las teselas y la forma de las teselas mayores (generalmente pertenecientes a las categorías de vegetación natural, con mayor valor potencial de conservación de la naturaleza). También se encuentra asociado con la simplificación de su forma.

Por su parte, los CP2 y CP3 están asociados con alteraciones en usos del suelo con menor expresión territorial y, por tanto, no fueron analizados en detalle. En cualquier caso, se puede mencionar que el CP2, asociado a la elongación/compacidad de las teselas, se encuentra relacionado, por ejemplo, con la mayor elongación de las playas, dunas y arenales (331) y compacidad del tejido urbano continuo (111). El CP3 tiene una explicación ya reducida y estará relacionada con la complejidad del borde de usos como, por ejemplo, las praderas.

A partir de estos tres componentes se ha realizado igualmente la selección de un conjunto de métricas útiles para explicar los cambios que han tenido lugar en el Algarve. Este conjunto, de interpretación sencilla, ha permitido analizar y detectar estos cambios, que en la mayor parte de los estudios sobre alteraciones de usos del suelo son obviados al no ir más allá de la cuantificación de las transiciones de usos en lo que a superficies ocupadas se refiere. Así, se han cuantificado los cambios de las diferentes categorías de ocupación de suelo con mayor expresión espacial en la región del Algarve, tanto en su composición como en su configuración espacial, pudiendo caracterizar mejor la naturaleza de las alteraciones que han tenido lugar a escala regional

Aguilera Benavente, F. y Botequilha-Leitão, A. (2012): "Selección de métricas de paisaje mediante análisis de componentes principales para la descripción de los cambios de uso y cobertura del suelo del Algarve, Portugal", *GeoFocus (Artículos)*, nº 12, p. 93-121. ISSN: 1578-5157

A este respecto se puede concluir que la región presentó fuertes dinámicas territoriales asociadas a los cambios de la estructura forestal/natural de la unidad *Serra*, agrícola en el *Barrocal* y de las zonas urbanas en el *Litoral*.

Así, en la parte occidental de la unidad *Serra* se produce una sustitución de la vegetación natural (alcornoques, madroños y otros matorrales mediterráneos) por nuevas plantaciones forestales (324), con una incidencia notable en el período de 2000-2006, causando una mayor fragmentación del paisaje natural. Ésta es de especial gravedad en las zonas incluidas en los LIC de la *Serra de Monchique* y de *Caldeirão*, dada la posible pérdida potencial de conectividad que puede afectar los movimientos de la fauna salvaje. Dicha fragmentación se identifica mediante la disminución del tamaño medio (principalmente de las teselas mayores) y el incremento notable de las teselas de matorral bajo (323). Especial atención merecen igualmente las alteraciones de los bosques de frondosas (311), con mucha más incidencia en el período de 2000-2006, en los que se produjo la fragmentación de las teselas de mayor extensión, afectando a su conectividad potencial.

No obstante, y con el objetivo de buscar una mayor "universalidad" de los resultados obtenidos en este trabajo, se abren diversas líneas de investigación que profundicen en la aplicación e identificación de métricas de la Ecología del Paisaje en ámbitos litorales:

- (I) Explorar la aplicación de metodologías similares en otros ámbitos ibéricos.
- (II) Aplicar conjuntamente tanto métricas calculadas a nivel de paisaje como de tesela.
- (III) Realizar análisis similares a diferentes escalas, que permitan la detección de procesos que no son identificados con la cartografía CLC.

En lo que respecta a la primera línea, resulta interesante avanzar en la aplicación de las metodologías aquí presentadas para la selección de métricas en otras áreas litorales, tanto de Portugal como España. Así, se podría explorar la posibilidad de la existencia de un conjunto más o menos amplio y común de métricas, adecuado para los paisajes litorales ibéricos, que fuese útil para la definición de indicadores (Dramstad *et al.*, 2006). Estos posibles indicadores podrían acompañar a los estudios clásicos de cambios de usos del suelo, con vistas a la mejor identificación y comprensión de los procesos de transformación del paisaje.

Con respecto a la segunda, resulta interesante la aplicación y estudio de métricas calculadas a nivel de tesela, es decir, en los que se obtiene un valor para cada una de las teselas del paisaje, así como aquellos a nivel de todo el paisaje, en especial aquellas métricas de diversidad o heterogeneidad, cuyo interés resulta aún mayor al ser calculados mediante ventana móvil (Díaz-Varela, 2005) y obtener resultados a nivel espacial. Estas métricas de ventana puedan ser útiles para identificar variaciones espaciales en las estructuras de los paisajes y determinar, por ejemplo, aspectos como los lugares con pérdida de heterogeneidad, diversidad, etc.

Por último, y en relación con la tercera línea, serían igualmente interesantes aquellos esfuerzos destinados a la aplicación de las métricas a diferentes escalas, a ser posible de mayor detalle que la cartografía CLC, que permitirían identificar y caracterizar procesos de alteración que no son detectados a otras escalas. A modo de ejemplo, cartografías 1:25.000 como las empleadas en la cartografía COS del Instituto Geográfico Portugués o la cartografía de ocupación de suelo a

Aguilera Benavente, F. y Botequilha-Leitão, A. (2012): "Selección de métricas de paisaje mediante análisis de componentes principales para la descripción de los cambios de uso y cobertura del suelo del Algarve, Portugal", *GeoFocus (Artículos)*, nº 12, p. 93-121. ISSN: 1578-5157

escala 1:10.000 del Instituto Cartográfico de Andalucía podrían ser instrumentos adecuados para desarrollar trabajos similares en esta línea en otros ámbitos litorales de Portugal y España.

Agradecimientos:

Este trabajo ha contado con la financiación del Ministerio de Educación a través de su convocatoria de ayudas de movilidad postdoctoral en su convocatoria de 2009 obtenida por Francisco Aguilera Benavente. Se ha desarrollado en el ámbito del Proyecto Regional Interno #2 "Dinâmicas da Paisagem no Algarve no período 1985 – 2007. Um enfoque nas Áreas Urbanas" (acrónimo PAISAGEM-ALGARVE) en el Centro de Estudos em Paisagem, Território e Urbanismo (CEPTU), Universidad del Algarve, Portugal.

Referencias

- Aguilera, F. y Talavera, R. (2009): "Valoración de escenarios futuros a través de la conectividad del paisaje". *Observatorio medioambiental*, 12, pp. 17-36.
- Antrop, M. (2000): "Changing patterns in the urbanized countryside of Western Europe". *Landscape Ecology*, 15, pp. 257-270.
- Botequilha-Leitão, A. (2001): *Sustainable Land Planning. Towards a planning framework. Exploring the role of spatial statistics as a planning tool*. Tesis doctoral. Instituto Superior Técnico. Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa.
- Botequilha, A. y Ahern, J. (2002): "Applying landscape concepts and metrics in sustainable landscape planning". *Landscape and Urban Planning*, 59, pp. 65-93.
- Botequilha, A.; Miller, J.; Ahern, J. y McGarigal, K. (2006): *Measuring Landscapes. A planner's handbook*. Washington DC, Island Press.
- Botequilha-Leitão, A. (2009): "Land Use Planning in Portugal: Brief history and emergent challenges. The case of peri-urban landscape of Faro (Algarve Region, Portugal)" en Panagopoulos, T. (Coor.): *New Models for Innovative Management and Urban Dynamics*. COST Publication, European Science Foundation. University of Algarve, Faro, pp. 19-36. Disponible en la web: <http://w3.ualg.pt/~tpanago/public/NewModelsForUrbanDynamics.pdf> [15 de Julio, 2010]
- Buzai, G.D. (2003): *Mapas Sociales Urbanos*. Ed. Lugar, Buenos Aires.
- Caetano, M.; Carrao, H. y Painho, M. (2005): *Alterações da ocupação do solo em Portugal Continental: 1985-2000*. Instituto do Ambiente. Lisboa.
- Cancela d'Abreu, A. de Orey; Pinto Correia, T. e Oliveira, R., (2004): *Contributos para a Identificação e Caracterização da Paisagem em Portugal Continental*. 5 Volumes. Colecção Estudos 10. Direcção Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano. Lisboa.
- Catalá Mateo, R.; Bosque Sendra, J. y Planta Rocha, W. (2008): Análisis de posibles errores en la base de datos Corine Land Cover (1990-2000) en la Comunidad de Madrid. *Estudios Geográficos*, 69, pp. 81-104.

Aguilera Benavente, F. y Botequilha-Leitão, A. (2012): "Selección de métricas de paisaje mediante análisis de componentes principales para la descripción de los cambios de uso y cobertura del suelo del Algarve, Portugal", *GeoFocus (Artículos)*, nº 12, p. 93-121. ISSN: 1578-5157

CCR Algarve (1991): *Plano Regional de Ordenamento do Algarve (PROT Algarve)*. Relatório, Regulamento e Cartografia (2 Cartas de Caracterização e 2 Cartas de Ordenamento – 1:100.000). Comissão de Coordenação da Região do Algarve. Faro

CCDR Algarve (2004a): *Plano Regional de Ordenamento do Território do Algarve. Relatório Sectorial – Conservação da Natureza e Biodiversidade. Anexo G ao Volume II – Relatório de Caracterização e Diagnóstico*. Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Algarve. Faro. Disponible en la web: <http://www.territorioalgarve.pt/> [12 de Febrero, 2011].

CCDR Algarve (2004b): *Sistema de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável - Componente Ambiental*. Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Algarve (CCDR Algarve). Ministério das Cidades, Ambiente, e Ordenamento do Território. Faro. Disponible en la web: <http://www.ccdr-alg.pt/sids/indweb/index.asp> [12 de Febrero, 2011].

CCDR Algarve (2007): *Plano Regional de Ordenamento do Território do Algarve (PROTAL)*. Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Algarve. Faro. Disponible en la web: <http://www.territorioalgarve.pt/> [12 de Febrero, 2011].

Cushman, S.A.; McGarigal, K. y Neel, M.C. (2008): "Parsimony in landscape metrics: Strength, universality and consistency". *Ecological Indicators*, 8, pp. 691-703.

Díaz-Varela, E. (2005) Planificación ecológica multiescala con Sistemas de Información Geográfica para la sostenibilidad de los paisajes. Aplicación a la comarca de A Mariña Oriental (NE de Galicia-España)". Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela.

Dramstad, W.E.; Sundli, M.T.; Fjellstad, W.J. y Fry, G.L.A. (2006): "Relationships between visual landscape preferences and map-based indicators of landscape structure". *Landscape and Urban Planning*, 78, pp. 465–474.

Dramstad, W.E.; Olson, J.D. y Forman, R.T.T. (1997): *Landscape Ecology Principles in Landscape Architecture and Land-Use Planning*. Harvard University Graduate School of Design, Island Press and ASLA, USA.

European Environmental Agency (2000): *CORINE Land Cover Project*. <http://www.eea.europa.eu/publications/COR0-landcover>

European Environmental Agency (EEA) (2002): *Towards an Urban Atlas. Assessment of spatial data on 25 European cities and urban areas*. Environmental issue report No 30. Copenhagen.

European Environment Agency (EEA) (2006a): *Urban Sprawl in Europe*. EEA Report N°10/2006. Copenhagen.

European Environment Agency (EEA) (2006b): *Land Accounts for Europe. Towards integrated land and ecosystem accounting*. EEA Report N°11/2006. Copenhagen.

Ferrão, J. (2003): "Dinâmicas territoriais e trajetórias de desenvolvimento: Portugal 1991 a 2006". *Revista de Estudos Demográficos* (Instituto Nacional de Estatística), 34, pp 17-25.

Forman, R. T. T. (1995): *Land Mosaics: The ecology of landscapes and regions*. Cambridge. EE.UU.

Aguilera Benavente, F. y Botequilha-Leitão, A. (2012): "Selección de métricas de paisaje mediante análisis de componentes principales para la descripción de los cambios de uso y cobertura del suelo del Algarve, Portugal", *GeoFocus (Artículos)*, nº 12, p. 93-121. ISSN: 1578-5157

Franklin, J.F. y Forman, R.T.T. (1987): "Creating landscape patterns by forest cutting: ecological consequences and principles". *Landscape Ecology*, 1, pp. 5-18.

Freire, S. y Caetano, M. (2005). "Assessment of land cover change in Portugal from 1985 to 2000 using landscape metrics and GIS". Disponible en la web: www.igeo.pt [Marzo de 2009].

Herzog, F. y Lausch, A. (2001): "Supplementing land use statistics with landscape metrics: some methodological considerations". *Environmental Monitoring and Assessment*, 72, pp. 37-50.

Instituto Nacional de Estadística (2010). *Dados de população*. Instituto Nacional de Estatística (INE), Portugal www.ine.pt [Julio 2010]

Instituto Geográfico Português (IGeo). *Carta de Ocupação do Solo (COS) 1990 e 2007*. Disponibles en la web: http://www.igeo.pt/produtos/Inf_cartografica.htm [Febrero 2011]

Luck, M. y Wu, J. (2002): "A gradient analysis of the landscape pattern of urbanization in the Phoenix metropolitan area of USA". *Landscape Ecology* 17, 327-339.

Matarán, A. (2005): *La valoración ambiental-territorial de las agriculturas de la costa de Granada*. Tesis doctoral. Universidad de Granada, Granada.

McGarigal, K. y McComb, W.C. (1995): "Relationships between landscape structure and breeding birds in the Oregon Coast Range". *Ecological Monographs*, 65, pp 235-260.

McGarigal, K.; Cushman, S.A. y Stafford, S. (2000): *Multivariate Statistics for Wildlife and Ecology Research*. Springer-Verlag. Nueva York

McGarigal, K.; Cushman, S.A.; Neel, M.C. y Ene, E. (2002): FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps. www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html [junio 2011]

Ministerio de Vivienda (2006). *Atlas Estadístico de las Áreas Urbanas en España 2004*. Centro de Publicaciones, Madrid.

Observatorio de la Sostenibilidad en España (OSE) (2008): *Informe de Sostenibilidad en España – 2007*. Disponible en la web: www.sostenibilidad-es.org/ [19 de junio de 2009]

Opdam, P. (1991): Metapopulation theory and habitat fragmentation: a review of holoartic breeding bird studies. *Landscape Ecology*, 5, pp. 93-106.

Painho, M. y Caetano, M. (2005): *Cartografia de ocupação do solo em Portugal Continental (1985-2000)*. Instituto do Ambiente. Lisboa.

Petrov, L.; Lavalle, C. y Kasanko, M. (2009): "Urban land use scenarios for a tourist region in Europe: Applying the MOLAND model to Algarve, Portugal". *Landscape and Urban Planning* 92, pp. 10-23.

Pinto-Correia, T. y Mascarenhas, J. (1999). "Contribution to the extensification/ intensification debate: new trends in the Portuguese montado". *Landscape and Urban Planning*, 46, pp. 125-131.

Pinto-Correia, T.; Jorge, V. y Dneboská, M. (2006). *Estudo sobre o Abandono em Portugal Continental: Análise das dinâmicas de ocupação do solo, do sector agrícola e da comunidade*

Aguilera Benavente, F. y Botequilha-Leitão, A. (2012): "Selección de métricas de paisaje mediante análisis de componentes principales para la descripción de los cambios de uso y cobertura del suelo del Algarve, Portugal", *GeoFocus* (Artículos), nº 12, p. 93-121. ISSN: 1578-5157

rural. *Tipologias de áreas rurais*. Universidade de Évora, Departamento de Planeamento Biofísico e Paisagístico. Évora.

Plata Rocha W.; Gómez Delgado M. y Bosque Sendra J. (2008): Cambios de usos del suelo y expansión urbana en la Comunidad de Madrid. *Scripta Nova*, XIII num 293.

Pontius, R.G. Jr.; Shusas, E. y McEachern, M. (2004): "Detecting important categorical land changes while accounting for persistence". *Agriculture, Ecosystems, and Environment*, 101, pp. 251-268.

Riitters, K.H.; O'Neill, R.V.; Hunsaker, C.T.; Wickham Yankee, D.H.; Timmins, S.P.; Jones, R.B. y Jackson, B.L. (1995): "A factor analysis of landscape pattern and structure metrics". *Landscape Ecology*, 10, pp. 23-39.

Tischendorf, L. (2001): Can landscape indices predict ecological processes consistently? *Landscape Ecology*, 16, pp. 235-254.

Tinker, D.B.; Resor, C.A.C.; Beauvais, G.P.; Kipfmüller, K.F.; Fernandes, C.I. y Baker, W.L. (1998): "Watershed analysis of forest fragmentation by clearcuts and roads in a Wyoming forest". *Landscape Ecology*, 13, pp. 149-165.

Turner, M.G. (2005): "Landscape Ecology: What is the state of the science?" *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 36, pp. 319-344.

Uuemaa, E.; Antrop, M.; Roosaare, J.; Marja, R. y Mander, U. (2009): "Landscape Metrics and Indices: An Overview of Their Use in Landscape Research", *Living Rev. Landscape Res.*, (3) 1. [Online Article]: cited May, 9 2009, <http://www.livingreviews.org/lrlr-2009-1>

Aguilera Benavente, F. y Botequilha-Leitão, A. (2012): "Selección de métricas de paisaje mediante análisis de componentes principales para la descripción de los cambios de uso y cobertura del suelo del Algarve, Portugal", *GeoFocus (Artículos)*, nº 12, p. 93-121. ISSN: 1578-5157

TABLAS

Tabla 1. Superficies de los diferentes usos y coberturas del suelo en la región del Algarve en las fechas disponibles. En gris los 7 usos con mayor expresión espacial (86%). Se han omitido las 17 categorías eliminadas debido a posibles errores (ver epígrafe 2.3).

Código CLC	Designación	% area 1990	% area 2000	% area 2006	% Incremento de ocupación '90-'06
111	Tejido Urbano Continuo	0,10	0,11	0,10	0,00
112	Tejido Urbano Discontinuo	1,02	1,52	1,94	90,20
121	Zonas industriales o comerciales (Incluyendo zonas de servicios)	0,08	0,14	0,15	87,50
142	Instalaciones deportivas y recreativas (Incluyendo campos de golf)	0,49	0,82	1,27	159,18
211	Tierras de labor en secano	2,44	2,14	1,45	-40,57
212	Terrenos regados permanentemente	0,46	0,58	0,67	45,65
221	Viñedos	0,13	0,28	0,26	100,00
222	Frutales (principalmente cítricos en el caso del Algarve)	5,49	5,67	5,93	8,01
231	Praderas	0,27	0,38	0,30	11,11
241	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes (principalmente frutales de secano en el caso del Algarve)	11,07	10,54	9,86	-10,93
242	Mosaico de cultivos	7,11	6,52	6,29	-11,53
243	Terrenos agrícolas con importantes espacios de vegetación natural	14,48	13,08	12,80	-11,60
244	Sistemas agroforestales	2,10	2,03	1,89	-10,00
311	Bosque de frondosas	17,54	18,82	13,72	-21,78
312	Bosque de coníferas	0,98	0,84	0,68	-30,61
313	Bosque mixto	0,55	0,66	0,51	-7,27
321	Pastizales naturales	0,63	0,49	0,45	-28,57
323	Vegetación esclerófila (matorral de bajo porte)	24,02	19,58	17,69	-26,35
324	Matorral boscoso de transición (principalmente nuevas plantaciones en el caso del Algarve)	7,03	11,60	19,94	183,64
331	Playas, dunas e arenales	0,55	0,55	0,52	-5,45
421	Marismas	1,67	1,68	1,51	-9,58
422	Salinas	0,41	0,43	0,43	4,88

(Elaboración propia).

Aguilera Benavente, F. y Botequilha-Leitão, A. (2012): "Selección de métricas de paisaje mediante análisis de componentes principales para la descripción de los cambios de uso y cobertura del suelo del Algarve, Portugal", *GeoFocus (Artículos)*, nº 12, p. 93-121. ISSN: 1578-5157

Tabla 2. Métricas empleadas en el análisis.

MÉTRICA	Definición	Significado	Rango de Valores
PLAND ²	Porcentaje de ocupación de cada una de las categorías	Muestra el porcentaje de ocupación que representa cada categoría con respecto al total	Desde 0 a 100 % de superficie. Valores más elevados implican mayor dominancia de la categoría.
NP	Número de teselas totales de cada categoría	Mide el número de teselas que componen cada categoría	Desde 1 para una categoría con una única tesela hasta valores infinitos.
TE	Longitud de bordes	Mide el perímetro de las teselas de cada categoría.	Desde 0 hasta valores infinitos, en metros.
_MN	Media	Es igual a la suma, para todas las teselas de una categoría, del valor de la métrica, dividido por el número de teselas de la categoría	Ver su aplicación en cada métrica abajo indicada
_AM	Media ponderada pela área de cada tesela	Es igual a la suma para todas las teselas de una categoría, del valor de la métrica multiplicado por la abundancia proporcional de cada tesela, y dividida por la suma total del área de la categoría.	Ver su aplicación en cada métrica abajo indicada
_CV	Coefficiente de variación	Mide la distribución de los valores de la métrica para las teselas de cada categoría. Se calcula como la desviación típica de los valores de todas las teselas entre la media expresado en porcentaje.	Desde 0 hasta valores infinitos
AREA	Superficie de las teselas	Mide la superficie de las teselas	Desde valores cercanos a 0, para manchas muy pequeñas, hasta valores infinitos, para manchas de gran tamaño.
GYRATE	Radio de giro	Mide la elongación de las teselas. Valores más altos sugieren teselas más alargadas y más conectadas entre sí	Desde valores de 0 para teselas de un único píxel hasta valores infinitos para teselas más alargadas.
SHAPE	Índice de forma de las teselas	Mide la complejidad geométrica de las teselas. Valores más altos indican formas más complejas	Desde 1 para teselas circulares hasta valores infinitos para teselas más complejas.
FRAC	Índice Fractal medio	Mide la complejidad de los bordes de las teselas mediante la relación de los logaritmos de sus perímetros y áreas	Desde valores de 1 para teselas con formas circulares a 2 para teselas de máxima complejidad.
PARA	Relación perímetro/área medio	Mide la relación entre el perímetro y el área de cada tesela. Valores más altos indican formas más complejas.	Desde 0 para formas simples hasta valores infinitos para formas complejas.
CONTIG	Índice de contigüidad	Mide la contigüidad de los píxeles de cada tesela (adyacencias ortogonales y diagonales). Valores más altos indican mayor contigüidad.	Desde valores de 0 para teselas de 1 píxel hasta 1 para contigüidad máxima.
PAFRAC	Dimensión fractal de la relación perímetro-área	Mide la relación entre el logaritmo del perímetro y del área mediante la pendiente de su regresión.	Desde 1 para formas cuadradas hasta 2 para formas muy complejas
ENN	Distancia media a la tesela más próxima del mismo uso	Mide la distancia media a la tesela del mismo uso más cercana. Valores más altos implican mayor aislamiento.	Valores de 0 para categoría con una única categoría hasta valores infinitos para categorías más dispersas.
CLUMPY	Índice de Compacidad	Mide la cantidad de adyacencias entre los píxeles de cada tesela en relación al perímetro. Valores más altos indican mayor agregación	Valores desde -1 (para categorías totalmente desagregadas con teselas de 1 píxel) hasta 1 (máxima agregación).
PLADJ	Porcentaje de Adyacencias	Mide el número de adyacencias de cada categoría entre el número de adyacencias con otras clases	Valores desde 0 para mínima agregación y 100 para máxima.
AI	Índice de Agregación	Número de adyacencias de cada categoría dividido entre el máximo num de adyacencias posibles	Valores desde 0 para mínima agregación y 100 para máxima.
LPI	Índice de la tesela más grande.	Mide el porcentaje de área de cada categoría ocupada por la mancha más grande sobre el total del paisaje.	Desde 0 hasta 100 para paisajes de una única mancha.

(Elaboración propia).

Aguilera Benavente, F. y Botequilha-Leitão, A. (2012): "Selección de métricas de paisaje mediante análisis de componentes principales para la descripción de los cambios de uso y cobertura del suelo del Algarve, Portugal", *GeoFocus (Artículos)*, nº 12, p. 93-121. ISSN: 1578-5157

Tabla 3. Correlación de los cambios métricas-componentes principales (valores de variabilidad explicada entre paréntesis).

MÉTRICAS	1990			2000			2006		
	F1 (50 %)	F2 (20 %)	F3 (10 %)	F1 (50 %)	F2 (22 %)	F3 (11 %)	F1 (52 %)	F2 (21 %)	F3 (12 %)
NP	-0,69	-0,28	-0,34	-0,60	-0,28	-0,34	-0,66	0,31	-0,40
TE	-0,82	-0,22	-0,26	-0,76	-0,22	-0,26	-0,74	0,28	-0,36
AREA_MN	-0,95	0,07	0,11	-0,93	0,07	0,11	-0,93	-0,12	0,20
AREA_AM	-0,87	-0,10	-0,28	-0,84	-0,10	-0,28	-0,88	0,08	-0,28
GYRATE_MN	-0,77	0,08	0,59	-0,72	0,08	0,59	-0,72	0,14	0,65
GYRATE_AM	-0,93	-0,13	-0,07	-0,93	-0,13	-0,07	-0,92	0,16	-0,08
SHAPE_MN	-0,54	-0,24	0,76	-0,44	-0,24	0,76	-0,55	0,35	0,73
SHAPE_AM	-0,94	-0,22	-0,02	-0,92	-0,22	-0,02	-0,91	0,26	-0,12
FRAC_MN	-0,24	-0,36	0,84	-0,17	-0,36	0,84	-0,35	0,38	0,81
FRAC_AM	-0,87	-0,40	0,19	-0,85	-0,40	0,19	-0,87	0,42	0,17
PARA_MN	0,19	-0,82	-0,15	0,15	-0,82	-0,15	0,20	0,84	-0,01
PARA_AM	0,80	-0,54	0,04	0,85	-0,54	0,04	0,85	0,48	-0,02
CONTIG_MN	-0,21	0,83	0,15	-0,17	0,83	0,15	-0,21	-0,84	0,01
CONTIG_AM	-0,81	0,53	-0,04	-0,86	0,53	-0,04	-0,86	-0,47	0,03
PAFRAC	0,03	-0,66	0,14	0,08	-0,66	0,14	-0,11	0,58	-0,07
ENN_MN	0,50	0,63	0,14	0,42	0,63	0,14	0,44	-0,57	0,26
ENN_AM	0,53	0,52	0,15	0,48	0,52	0,15	0,76	-0,42	-0,18
CLUMPY	-0,66	0,71	-0,01	-0,71	0,71	-0,01	-0,65	-0,72	0,11
PLANDJ	-0,80	0,54	-0,04	-0,85	0,54	-0,04	-0,85	-0,48	0,02
AI	0,32	0,03	-0,31	-0,80	0,03	-0,31	-0,77	-0,61	0,02
LPI	-0,89	-0,14	-0,30	-0,90	-0,14	-0,30	-0,85	0,17	-0,43
AREA_CV	-0,92	-0,17	-0,22	-0,91	-0,17	-0,22	-0,92	-0,17	-0,22

(Elaboración propia).

Tabla 4. Correlación métricas-características del paisaje medidas por CP.

MÉTRICAS		FECHA								
		1990 (80%)			2000 (83%)			2006 (84%)		
ÍNDICE	COMPONENTE DA ESTRUCTURA DA	F1 50%	F2 20%	F3 10%	F1 50%	F2 22%	F3 11%	F1 52%	F2 21%	F3 11%
NP	FRAGMENTACIÓN	-			-			-		
TE	PÉRIMETRO	-			-			-		
AREA_MN	TAMAÑO DE LAS MANCHAS	-			-			-		
AREA_AM		-			-			-		
LPI		-			-			-		
AREA_CV		-			-			-		
SHAPE_MN	COMPLEJIDAD DE LA FORMA			+			+			+
SHAPE_AM		-			-			-		
FRAC_MN				+			+			+
FRAC_AM		-			-			-		
PAFRAC										
GYRATE_MN	ELONGAMIENTO/CONTINUIDAD	-			-			-		
GYRATE_AM		-			-			-		
PLADJ		-			-			-		
PARA_MN			+			-			+	
PARA_AM		+			+			+		
CONTIG_MN			-			+			-	
CONTIG_AM		-			-			-		
ENN_MN	AISLAMIENTO									
ENN_AM								-		
CLUMPY	AGREGACIÓN		-			+			-	
AI			-		-			-		
		0,9	0,8		0,7					

Aguilera Benavente, F. y Botequilha-Leitão, A. (2012): "Selección de métricas de paisaje mediante análisis de componentes principales para la descripción de los cambios de uso y cobertura del suelo del Algarve, Portugal", *GeoFocus (Artículos)*, nº 12, p. 93-121. ISSN: 1578-5157

Tabla 5. Valores de las métricas seleccionadas para las categorías con mayor superficie en el Algarve. Se han incluido además tres métricas complementarias.

Categoría de Ocupación del Suelo (CLC)	Fecha	PLAND (%)	LPI * (%)	Área _MN * (ha)	Área _AM (ha)	Área _CV	NP	TE * (Km)	Shape _AM	Gyrate _AM
222 – Frutales (Cítricos)	1990	5,5	2,7	291	7.132	485	97	1.173	4,43	4.463
	2000	5,6	2,8	291	7.450	496	100	1.234	4,73	4.498
	2006	5,9	3,2	304	9.111	539	100	1.281	5,30	4.680
241 – Frutales de Secano tradicional	1990	11,0	4,4	598	11.470	426	95	2.363	7,98	6.376
	2000	10,5	4,3	492	10.488	451	110	2.436	7,85	5.773
	2006	9,9	2,7	401	6.132	378	126	2.386	6,40	4.000
242 – Mosaico de Cultivos	1990	7,1	0,8	254	1.084	181	144	2.118	3,39	1.790
	2000	6,5	0,6	220	925	179	152	2.115	3,52	1.741
	2006	6,3	0,4	205	638	145	158	2.187	3,40	1.452
243 – Áreas Agrícolas con Espacios Naturales e Semi-	1990	14,5	5,1	285	9.766	577	261	3.783	6,5	3.675
	2000	13,1	4,3	243	7.595	550	277	3.701	6,0	3.198
	2006	12,8	3,5	193	7.349	339	339	3.968	6,3	3.137
311 – Bosques de Frondosas	1990	17,5	7,5	604	23.000	609	149	2.671	7,54	7.363
	2000	18,8	7,4	706	24.994	587	137	2.832	8,27	7.707
	2006	13,7	3,5	366	8.624	475	192	3.322	7,70	4.244
323 – Matorral bajo	1990	24,0	7,1	437	12.326	521	282	5.053	7,10	4.766
	2000	19,6	4,7	295	6.731	467	341	4.986	5,95	3.641
	2006	17,7	2,5	229	2.787	335	396	5.030	4,60	2.294
324 – Florestas abiertas, cortes y nuevas plantac. (o Matorral de Transición)	1990	7,0	0,47	162	701	183	223	2.078	2,78	1.307
	2000	11,6	1,26	195	1.373	246	305	3.128	3,09	1.628
	2006	19,9	3,60	249	4.394	408	411	5.463	5,10	2.723

(Elaboración propia).

Aguilera Benavente, F. y Botequilha-Leitão, A. (2012): "Selección de métricas de paisaje mediante análisis de componentes principales para la descripción de los cambios de uso y cobertura del suelo del Algarve, Portugal", *GeoFocus (Artículos)*, nº 12, p. 93-121. ISSN: 1578-5157

FIGURAS

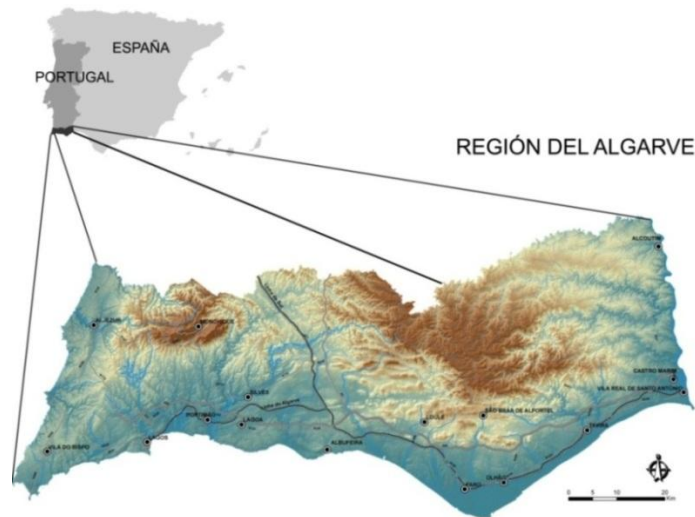


Figura 1. La región del Algarve en Portugal
(Elaboración propia).

Aguilera Benavente, F. y Botequilha-Leitão, A. (2012): "Selección de métricas de paisaje mediante análisis de componentes principales para la descripción de los cambios de uso y cobertura del suelo del Algarve, Portugal", *GeoFocus (Artículos)*, nº 12, p. 93-121. ISSN: 1578-5157

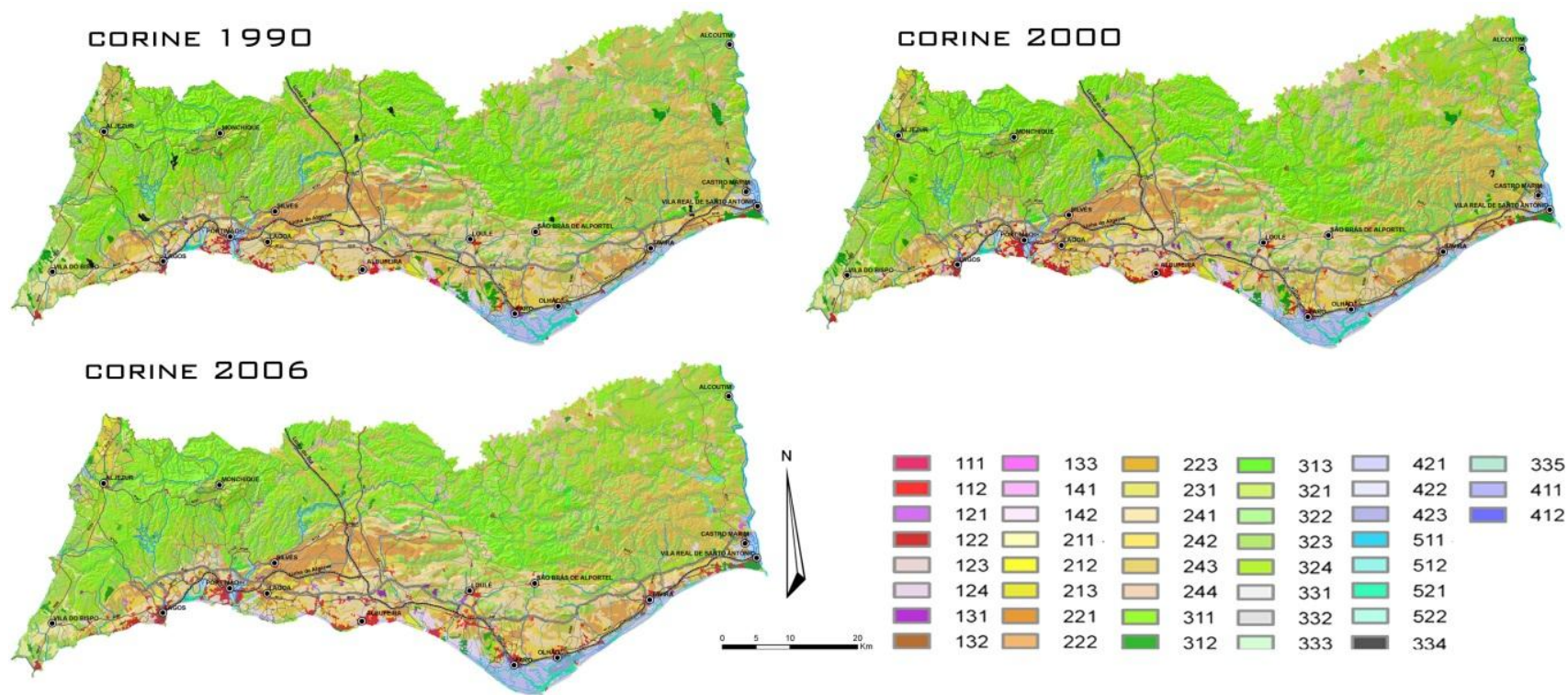


Figura 2: Cartografía CLC para el Algarve en 1990 (1985), 2000 y 2006.
(Elaboración propia). Ver leyenda en [tabla 1](#).

Aguilera Benavente, F. y Botequilha-Leitão, A. (2012): "Selección de métricas de paisaje mediante análisis de componentes principales para la descripción de los cambios de uso y cobertura del suelo del Algarve, Portugal", *GeoFocus (Artículos)*, nº 12, p. 93-121. ISSN: 1578-5157

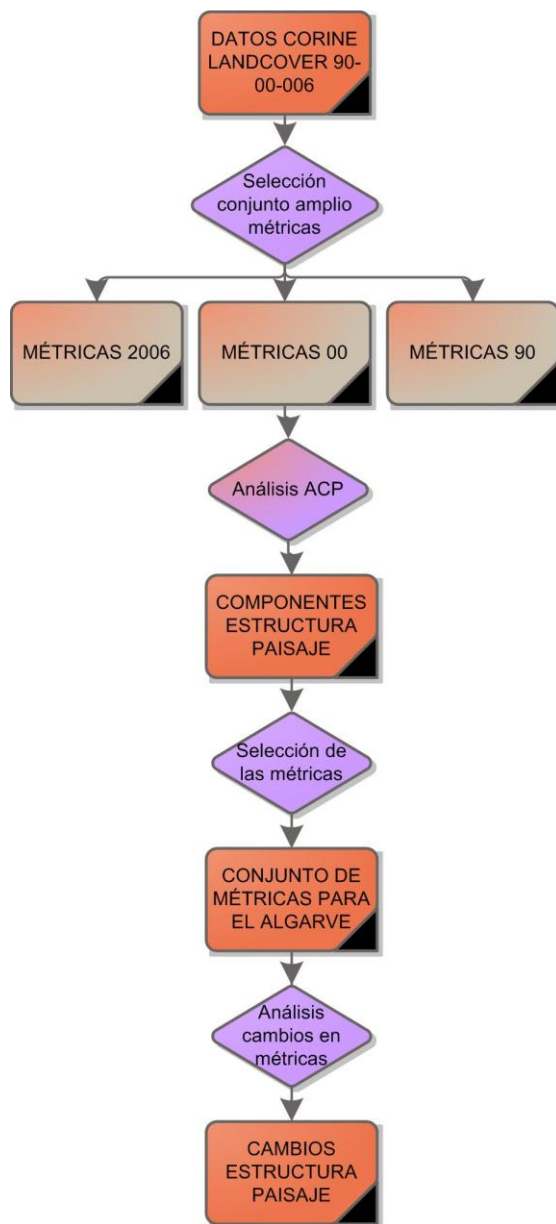


Figura 3. Metodología de trabajo.

Los ítems en rombo representan análisis realizados y los cuadrados resultados obtenidos.
(Elaboración propia).

Aguilera Benavente, F. y Botequilha-Leitão, A. (2012): "Selección de métricas de paisaje mediante análisis de componentes principales para la descripción de los cambios de uso y cobertura del suelo del Algarve, Portugal", *GeoFocus (Artículos)*, nº 12, p. 93-121. ISSN: 1578-5157

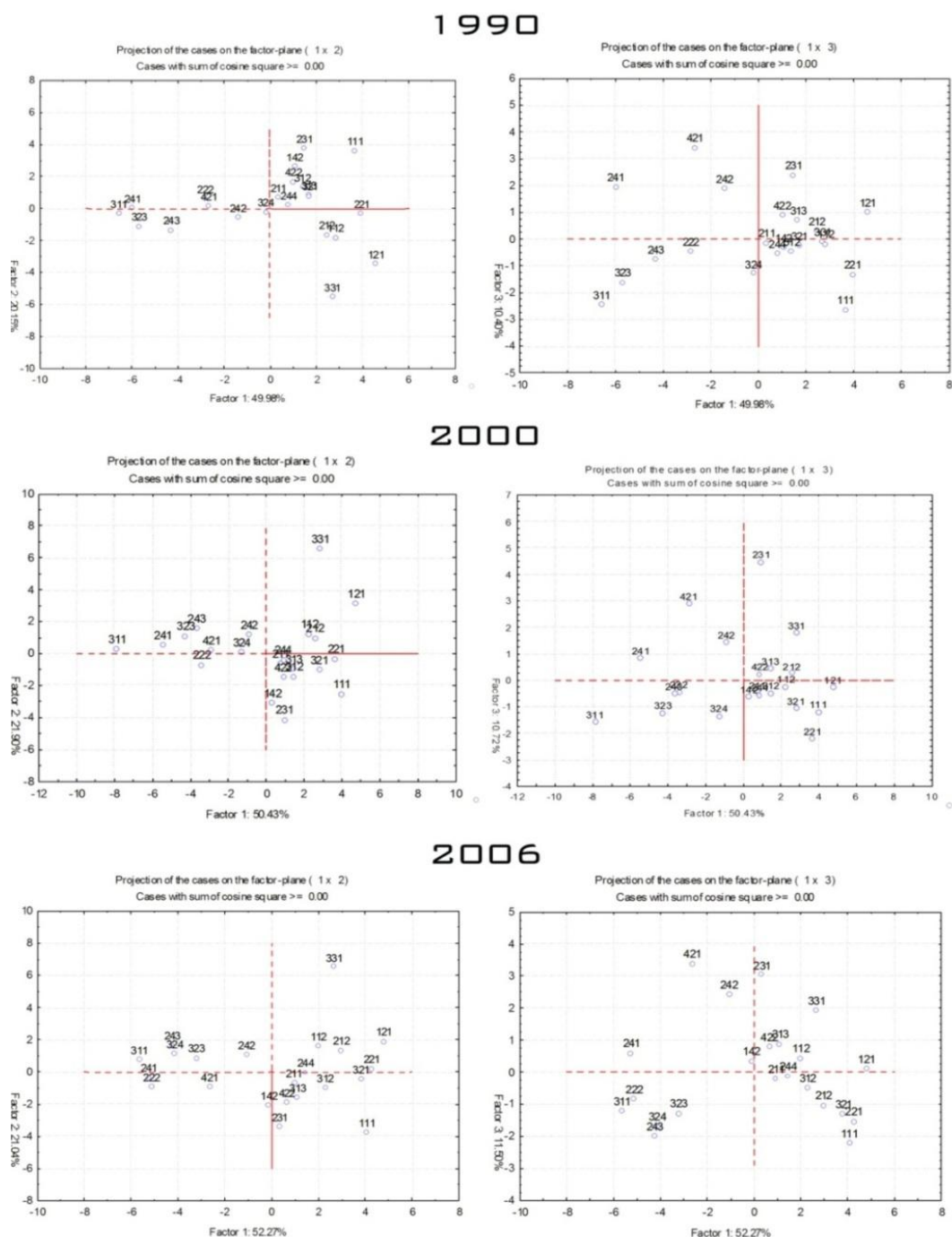


Figura 4: Proyección de cada una de las categorías en los gráficos formados por los factores identificados.
(Elaboración propia).

Aguilera Benavente, F. y Botequilha-Leitão, A. (2012): “Selección de métricas de paisaje mediante análisis de componentes principales para la descripción de los cambios de uso y cobertura del suelo del Algarve, Portugal”, *GeoFocus (Artículos)*, nº 12, p. 93-121. ISSN: 1578-5157

¹ Instituto Nacional de Estadística de Portugal

² PLAND no se ha incluido en el ACP por su fuerte correlación con las demás métricas tal y se ha tratado aparte tal y como se propone en Cushman *et al.* (2008)