

PROPUESTA METODOLÓGICA DE ZONIFICACIÓN AMBIENTAL EN LA SIERRA DE ALTOMIRA MEDIANTE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA¹

M. ONTIVERO¹, J. MARTÍNEZ VEGA², V. GONZÁLEZ CASCÓN² y P. ECHAVARRÍA²

¹Centro de Fotogrametría, Cartografía y Catastro. FI-UNSJ
Laprida (O) 1130 San Juan, Argentina.

²Instituto de Economía, Geografía y Demografía. CCHS (CSIC)
Albasanz, 26-28-28037 Madrid, España.

montivero@unsj.edu.ar; javier.martinez@cchs.csic.es; victoria.gonzalez@cchs.csic.es;
pilar.echavarria@cchs.csic.es

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es realizar una propuesta metodológica de zonificación ambiental en la Sierra de Altomira. Por la biodiversidad que alberga ha sido declarada Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) y Zona de Especial Conservación (ZEC) y forma parte de la Red Natura 2000. En un plazo de seis años deberá disponer de un Plan de Gestión. Anticipándose a este requerimiento, este trabajo realiza una propuesta de zonificación ambiental con objeto de diferenciar áreas para una ordenación y gestión adecuada de los recursos naturales. Esta zonificación se basa en una valoración paisajística y ecológica teniendo en cuenta indicadores de ecología de paisaje y las figuras de protección presentes en el área de estudio. Los resultados son integrados, mediante sumatoria ponderada, empleando un Sistema de Información Geográfica (SIG). Como resultado, se proponen cinco zonas de distinto valor ambiental.

Palabras clave: Zonificación ambiental, Red Natura 2000, Sierra de Altomira, España.

ENVIRONMENTAL ZONING OF THE ALTOMIRA RANGES USING GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS: A METHODOLOGICAL PROPOSAL

ABSTRACT

The purpose of the work presented in this article is to develop a methodological proposal of environmental zoning for Altomira Ranges. Due to its biodiversity it has been declared as a Special Protection Areas (SPA) and a Special Areas of Conservation (SAC) belonging to the Natura 2000 Network. In a time framework of six years a Management Plan should be set. Working in advance to this requirement, this research carries out a proposal for environmental zoning, in order to differentiate areas for a suitable ordering and management of the natural resources. This zoning is based on a landscape and ecologic assessment taking into account ecologic landscape indicators and

Ontivero, M., Martínez Vega, J., González Cascón, V. y Echavarría, P. (2008): "Propuesta metodológica de zonificación ambiental en la Sierra de Altomira mediante Sistemas de Información Geográfica", GeoFocus (Artículos), nº 8, p. 251-280, ISSN: 1578-5157

protection figures present in the analyzed area. The results are integrated, by means of weighted sum, using a Geographic Information System (GIS). As a result, five zones, possessing different environmental value, are proposed.

Keywords: Environmental zoning, Natura 2000 Network, Altomira Mountains, Spain.

1. Introducción

Los Espacios Naturales Protegidos (ENP) son elementos claves para evitar la pérdida de biodiversidad en el planeta. Por ello, su correcta planificación y gestión ayuda a una conservación favorable de los hábitats y de las especies presentes en cada lugar. Actualmente, los espacios naturales europeos se ven amenazados por la intensificación de las actividades agroforestales, el urbanismo, el uso recreativo incontrolado y el abandono del medio rural o la pérdida de vitalidad económica y demográfica. Estas presiones alteran el equilibrio seminatural alcanzado por la gestión tradicional de agricultores, ganaderos y silvicultores y obligan a adoptar una estrategia global de conservación de estas áreas naturales. Esta preocupación por la conservación de la naturaleza en la Unión Europea se materializó en las Directivas 79/409/CEE y 92/43/CEE, conocidas como Directivas Aves y Hábitats, las cuales se han transpuesto al ordenamiento jurídico de los estados miembros. La Directiva Aves obliga a todos los estados miembros a clasificar como Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA) los territorios más adecuados en número y superficie para la conservación de las especies de aves silvestres de interés. Por su parte, la Directiva Hábitats pretende el mantenimiento de una muestra suficiente de los hábitats y especies de flora y fauna considerados de interés comunitario, para garantizar un estado favorable de conservación de los mismos de un modo indefinido (Romero, 2002). Esta directiva obliga a elaborar una Lista Nacional de Lugares de Importancia Comunitaria (LIC) (Orella *et al.*, 1998). Una vez aprobada la lista, los LIC se transformarán en Zonas de Especial Conservación (ZEC). Las ZEC, junto con las ZEPA, conforman la Red Natura 2000. El propósito de esta Red es conseguir un equilibrio entre la conservación de la naturaleza y el desarrollo socioeconómico. Todos los espacios incluidos en ella deberán disponer de un Plan de Gestión o, en todo caso, de Medidas de Conservación en un plazo máximo de seis años. Recientemente, se ha aprobado la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, de Patrimonio Natural y Biodiversidad que tiene un carácter básico. Deroga y sustituye a la Ley 4/1989 y pretende dar respuesta a los nuevos retos que se plantean en esta materia. También pretende potenciar y mejorar la participación pública en el ámbito de la conservación y el uso sostenible del patrimonio natural. Incorpora la idea de que todos los espacios de la Red Natura 2000 serán considerados espacios protegidos (art. 41). El Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino y las Comunidades Autónomas deberán fijar unas directrices de conservación que serán el marco orientativo para la planificación y gestión de estos espacios.

1.1 La utilidad de los SIG en la planificación de ENP

Los SIG son herramientas cada vez más utilizadas en el ámbito de la toma de decisiones para la gestión de áreas naturales protegidas. Esto se explica fundamentalmente por la posibilidad

Ontivero, M., Martínez Vega, J., González Cascón, V. y Echavarría, P. (2008): "Propuesta metodológica de zonificación ambiental en la Sierra de Altomira mediante Sistemas de Información Geográfica", GeoFocus (Artículos), nº 8, p. 251-280, ISSN: 1578-5157

de vincular espacialmente las distintas fuentes de información relacionadas con los procesos y fenómenos hacia los cuales están orientadas las acciones de gestión (Bortoluzzi *et al.*, 2007). Estas herramientas son empleadas, entre otros ejemplos, para realizar mapas de hábitats (Remm, 2003; Store y Jokimäki, 2003, Bortoluzzi *et al.*, 2007), determinar áreas de especial interés para la conservación (Margules *et al.*, 2002; Tognelli, 2005; Bortoluzzi *et al.*, 2007), realizar modelos predictivos de distribución (Lehman *et al.*, 2003; Rushton *et al.*, 2004, Bortoluzzi, *et al.*, 2007), detectar amenazas potenciales para la biodiversidad, o decidir cuáles son las áreas más idóneas para el establecimiento de determinadas actividades dentro de espacios protegidos (Senes y Toccolini, 1998). El modelado espacial en el entorno de los SIG facilita la consideración simultánea de múltiples variables y sus interacciones de cara a comprender el funcionamiento del territorio como un todo y, fundamentalmente, a la evaluación y planificación del mismo. Esta capacidad contribuye a la investigación de las áreas protegidas y a la toma de decisiones eficientes, en el uso adecuado de los recursos disponibles y en la ejecución de una gestión sostenible (Espeje *et al.*, 1999; Romero y Martínez Vega, 2001; Romero, 2002; Bortoluzzi *et al.*, 2007).

Por otra parte, la Ecología del Paisaje facilita el análisis del territorio, tratando de comprender y comparar las diversas configuraciones espaciales a través de las manchas de usos del suelo de distintas formas, cantidades, clases (Riitters *et al.*, 1995; Hong *et al.*, 2000). Es útil en las valoraciones ecológicas y paisajísticas, esenciales para una gestión sostenible del territorio y para orientar la toma de decisiones de los gestores responsables en un escenario multipropósito. En este contexto, proporciona un marco conceptual apropiado para responder a las demandas de información que realizan los planificadores de los espacios naturales protegidos (Bolós *et al.*, 1992).

Trabajos previos han abordado las valoraciones paisajísticas y ecológicas, mediante el empleo de herramientas SIG en otros ámbitos territoriales y con fines distintos (Martínez Vega *et al.*, 2003, 2007b; Li *et al.*, 2007; de la Fuente *et al.*, 2006; Arriaza *et al.*, 2004; Gómez-Sal *et al.*, 2003; Nakagoshi y Kondo, 2002; Daniel, 2001; Gulinck *et al.*, 2001; Kato *et al.*, 1997; Crawford, 1994; Angileri y Toccolini, 1993; Sancho *et al.*, 1993). En la misma provincia de Cuenca, Martínez Vega y González Cascón, (2007) realizan una valoración paisajística y ecológica en La Alcarria Conquense con el objetivo de fundamentar una estrategia de ampliar la política de conservación de la naturaleza y de fomentar la diversidad biológica en el contexto de un Plan de Acción Comarcal.

1.2. El problema de la zonificación

Para conseguir el equilibrio entre conservación y desarrollo es fundamental la división territorial de los espacios protegidos en áreas con valores ambientales similares. No todo el territorio de un espacio protegido tiene el mismo valor de cara a la planificación. Su clasificación permite identificar y describir diferentes áreas, en las cuales son homogéneas las respuestas y capacidades de suministrar, de forma sostenible, recursos a los sistemas humanos y soportar los impactos frente a las actividades humanas. Con la zonificación, se asegura el conocimiento y protección eficaz del territorio según su valor natural y la adecuación de usos y actividades a su capacidad de carga y de acogida.

Ontivero, M., Martínez Vega, J., González Cascón, V. y Echavarría, P. (2008): "Propuesta metodológica de zonificación ambiental en la Sierra de Altomira mediante Sistemas de Información Geográfica", GeoFocus (Artículos), nº 8, p. 251-280, ISSN: 1578-5157

Algunos autores definen la zonificación espacial como el procedimiento por el cual se dibujan líneas en un conjunto de polígonos (Wang y Bong, 2001) o la partición de zonas geográficas con un territorio dado, sujeta a determinadas restricciones (Bozkaya *et al.*, 2003). Habitualmente, los planes de zonificación subdividen una zona de gestión en dos o más subáreas y especifican qué actividades están permitidas y prohibidas en cada zona (Kenchington y Kelleher, 1995; Roman *et al.*, 2007). Como es sabido, la zonificación es una herramienta prescriptiva y esencial para la administración y gestión efectiva de las áreas protegidas (Sabatini *et al.*, 2007) y, además, es útil para mitigar posibles conflictos entre usos y usuarios (Walther, 1986). Por otra parte, es conveniente para asegurar que el desarrollo de las actividades y usos sean sostenibles y no deterioren el valor ecológico de cada una de las zonas ambientales definidas (Kozlowski *et al.*, 1988). A pesar de la necesidad y obligatoriedad de la zonificación ambiental, la ausencia de ésta es frecuente en muchas áreas protegidas en los países en vías de desarrollo. En esos casos, los espacios protegidos existen tan sólo a nivel teórico, en los mapas y en la legislación, y, por tanto, no es esperable que se logren los objetivos para los que fueron creados.

Antes de la generalización en el empleo de los SIG, algunos estudios clásicos ya se preocupaban de delimitar cartográficamente distintas zonas homogéneas para la gestión y protección del medio físico (ICONA-COPLACO, 1975). En este trabajo se definieron, en la provincia de Madrid, trescientas ochenta y dos unidades ambientales, mediante discusión entre especialistas, teniendo en cuenta cuarenta y dos conceptos y valorando trece vectores que explicaban su calidad ambiental de acuerdo a criterios de conservación de la naturaleza, de contaminación y erosión, de esparcimiento, culturales y estéticos. La aplicación de matrices de impacto a las numerosas unidades ambientales permitió delimitar ocho zonas de diagnóstico.

Más recientemente, se han propuesto modelos teóricos de zonificación espacial (Bong y Wang, 2004), mediante un método híbrido multiobjetivo heurístico. Otros autores han ensayado distintos métodos de zonificación, con fines diversos, en el contexto de la Teledetección, los SIG y la Ecología del Paisaje (Moizo, 2004), en ámbitos naturales marinos (Rosier *et al.*, 1986), fluviales (de Loë y Wojtanowski, 2001), forestales (Bos, 1993; Berger y Rey, 2004; He *et al.*, 2005; Zirlewagen *et al.*, 2007) y urbanos (Fang *et al.*, 2008; Tse, 2001).

Otros trabajos han abordado el reto de la zonificación en Áreas Marinas Protegidas. Kozlowski *et al.* (1988) definieron unidades territoriales en el australiano Parque Marino de la Gran Barrera de Arrecife, en base a tres elementos ambientales -estructura geomorfológica, vegetación y fauna- y a criterios de singularidad, resistencia y transformación. Gibson *et al.* (1998) han diseñado un plan de zonificación en la barrera de arrecife y en los atolones de Belice, definiendo distintas zonas bajo las figuras de reservas marinas, reservas naturales, monumentos naturales y parques nacionales, alguna de ellas mediante una figura mixta con una administración compartida. Salomon *et al.* (2002) emplean ECOSPACE, una herramienta de modelado espacial basado en el análisis de ecosistemas, para comparar las consecuencias ecológicas de distintas alternativas de zonificación de una reserva marina en la costa oeste de British Columbia. Klaus *et al.* (2003) utilizan imágenes Landsat, SIG y GPS para proponer un plan de zonificación y gestión de una Reserva MAB en el archipiélago yemení de Socotra. Basado en un enfoque ecosistémico, se definen cuatro zonas diferentes en el área costera. Roman *et al.* (2007) proponen cuatro zonas de gestión en un arrecife

Ontivero, M., Martínez Vega, J., González Cascón, V. y Echavarría, P. (2008): "Propuesta metodológica de zonificación ambiental en la Sierra de Altomira mediante Sistemas de Información Geográfica", *GeoFocus (Artículos)*, nº 8, p. 251-280, ISSN: 1578-5157

de coral, situado en un parque marino nacional de Tailandia, con el objeto de gestionar sosteniblemente la actividad turística y de evitar la degradación ambiental de las zonas más vulnerables.

Otras investigaciones han incidido en el problema de la zonificación de Espacios Naturales Protegidos terrestres. En el Parque Natural de las Lagunas de Ruidera, CEOTMA (1981) definió cuatro ámbitos de gestión en base a conceptos ecológicos, paisajísticos e hidrográficos. Se estudiaron los criterios generales que afectan al conjunto del espacio protegido, los específicos de cada ámbito de gestión y las actividades, considerando su impacto sobre los recursos naturales. A su vez, estos cuatro ámbitos se subdividen en once zonas en función de sus características ecológicas y de su capacidad de acogida del uso público. Más recientemente, Errea (1999) ha delimitado zonas homogéneas en el espacio protegido de los Valles Orientales del Pirineo Aragonés mediante valoraciones de factores ambientales y de los usos del suelo. Esta zonificación ha servido de armazón para proponer modelos de gestión específicos. Asimismo, justifica la propuesta de crear un nuevo parque natural dentro de este espacio protegido, que incluye el macizo de Cotiella y Sierra Ferrera, las zonas más valoradas después del conjunto Posets-Maladeta. Meaza y Cadiñanos (2000) establecen niveles de prioridad de conservación en la Reserva de la Biosfera de Urdaibai, integrando el interés de conservación y un factor global de amenaza que, a su vez, consideran múltiples variables naturales y culturales. Martínez Vega *et al.* (2000) han establecido, mediante la ayuda de herramientas SIG, cinco áreas de gestión en la ZEPA Encinares de los ríos Alberche y Cofio. Han tenido en cuenta los usos del suelo y criterios urbanísticos, faunísticos y paisajísticos. Igualmente, Martínez Vega *et al.* (2002) establecen cinco zonas de planificación en la ZEPA Carrizales y Sotos de Aranjuez, teniendo en cuenta criterios faunísticos, la calidad visual del paisaje, la naturalidad de las formaciones vegetales, la presencia de especies amenazadas, de protección especial o raras y diversos rasgos humanos. Más recientemente, Sabatini *et al.* (2007) han desarrollado un método cuantitativo para la zonificación de espacios protegidos mediante un procedimiento heurístico simulado, programado en lenguaje Fortran. El método, que maneja índices de Ecología del Paisaje, ha sido probado en el Parque Nacional de Talampaya, en Argentina, y ofrece propuestas alternativas de zonificación con un mínimo coste y esfuerzo, por lo que tiene gran utilidad potencial en países en vías de desarrollo con gran riqueza de áreas protegidas.

1.3. La participación pública en la planificación de espacios protegidos

Cada vez es más frecuente utilizar el enfoque de la planificación participativa en la ordenación de los recursos naturales de los espacios protegidos. Se puede decir que se va superando el tradicional sistema de relegar la participación ciudadana a la etapa final de información pública en la que los afectados podían realizar alegaciones a las propuestas contenidas en los planes elaborados con una metodología descendente de tipo *top-bottom*.

Trabajos anteriores han demostrado la utilidad de la participación pública, de forma interactiva, en el proceso de planificación. Gibson *et al.* (1998) señalan que la participación pública, organizada en comités, ha sido esencial en la preparación, implementación y desarrollo del Plan de Gestión de la Zona Costera, aprobado en el arrecife de coral de Belice, así como en el

Ontivero, M., Martínez Vega, J., González Cascón, V. y Echavarría, P. (2008): "Propuesta metodológica de zonificación ambiental en la Sierra de Altomira mediante Sistemas de Información Geográfica", GeoFocus (Artículos), nº 8, p. 251-280, ISSN: 1578-5157

establecimiento y gestión de las áreas protegidas. Igualmente, Klaus *et al.* (2003) indican que representantes de todos los grupos involucrados en la definición de una estrategia para la conservación de los recursos de la Reserva Marina del archipiélago de Socotra, participaron en el diseño consensuado de un borrador de Plan de Zonificación de la mencionada área marina protegida.

En las Agendas 21 Locales y en sus planes de acción locales derivados, la intervención de la población local es un requisito imprescindible. En el Plan de Acción Comarcal de La Alcarria Conquense, una de las comarcas que aporta territorio a la Sierra de Altomira, se aprobó, mediante participación de técnicos y especialistas de la administración local y provincial, representantes de organizaciones ecologistas, asociaciones de defensa de la naturaleza, organizaciones económicas, sociales y culturales de la comarca, la acción NAT2409. Este proyecto, incluido en el programa de actuación de Conservación de la Naturaleza, Montes, Sensibilización y Educación Ambiental, propone el estudio de la viabilidad de declaración de la Sierra de Altomira como Parque Natural (Martínez Vega, 2007).

En la misma línea, el Centro de Desarrollo Rural Alcarria Conquense promovió, recientemente, una primera reunión con el objetivo de elaborar una propuesta, a la Consejería de Medio Ambiente y Desarrollo Rural del gobierno de Castilla-La Mancha, para la catalogación de la Sierra de Altomira como Espacio Natural Protegido. Han participado en esta iniciativa representantes de los municipios de su Zona de Influencia.

Esta acción y esta iniciativa, consensuadas y priorizadas voluntariamente por la población local, promueven y justifican la elaboración de este trabajo.

2. Objetivo

El objetivo principal es realizar una propuesta metodológica de zonificación ambiental con objeto de diferenciar áreas para una ordenación y gestión adecuada de los recursos naturales. El proceso de delimitación de zonas homogéneas ambientalmente se basa en un análisis de valoración paisajística y ecológica, utilizando un índice sintético que mide el valor del patrimonio natural y la biodiversidad de la zona objeto de estudio y tiene en cuenta, asimismo, la distribución actual de los usos del suelo.

3. Área de estudio

El área de trabajo es la Sierra de Altomira, una alineación montañosa de naturaleza rocosa calco-dolomítica de edad cretácica, de dirección norte-sur. Múltiples trabajos geológicos y tectónicos se han centrado en esta área de estudio (Liesa y Simón, 2007; Peropadre y Meléndez, 2004; Andeweg *et al.*, 1999; Muñoz-Martín *et al.*, 1998).

Ontivero, M., Martínez Vega, J., González Cascón, V. y Echavarría, P. (2008): "Propuesta metodológica de zonificación ambiental en la Sierra de Altomira mediante Sistemas de Información Geográfica", *GeoFocus (Artículos)*, nº 8, p. 251-280, ISSN: 1578-5157

Se ubica entre las provincias de Guadalajara y Cuenca, en la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha, región que cuenta con uno de los patrimonios naturales mejor conservados de Europa y con una superficie de espacios protegidos que se encuentra entre las más extensas de España. La sierra de Altomira ocupa un territorio de 29.493 hectáreas ([figura 1](#)). Está bañada por los ríos Tajo y Guadiela que forman hoces y escarpados desfiladeros. Este lugar tiene como misión principal la protección del paisaje y de la fauna. En 1997, la Sierra de Altomira fue propuesta como ZEPA y como LIC. En julio de 2006, fue aprobada su propuesta como LIC en la lista definitiva de la región biogeográfica mediterránea, de tal manera que, en la actualidad, ha sido reconocida como ZEC y forma parte de la Red Natura 2000, en función de su doble condición de ZEPA y ZEC.

La Sierra de Altomira ha servido como vía migratoria para numerosas especies de flora entre el sector valenciano-tarraconense y el celtibérico-alcarreño. Pertenece a la región biogeográfica mediterránea. Florísticamente, los extensos pinares de *Pinus halepensis* alternan con matorrales de *Juniperus phoenicea* y romerales termófilos (DGCN, 2003). También existen masas mixtas de frondosas perennifolias y marcescentes y una representación de vegetación gipsófila, que se extiende hacia el área de Almoquera (García-Abad, 2001). En la ribera del Tajo existe un bosque galería (*Rubio-Populetum albae*), bien conservado aunque discontinuo, y una comunidad de macrófitas sumergidas densa y diversa.

Este tramo del río Tajo mantiene poblaciones de barbo comizo (*Barbus comiza*), nutria y de galápagos (*Mauremys caspica*). Sin embargo, la sierra de Altomira destaca por ser una zona de cría de diversas especies amenazadas de aves rupícolas, entre las que destacan *Hieraetus fasciatus*, *Aquila chrysaetos*, *Falco peregrinus*, *Bubo bubo*, *Neophron percnopterus* y *Pyrhocorax pyrrhocorax*, dada la abundancia de escarpes rocosos que posee (DGCN, 2003).

Las principales amenazas son las grandes infraestructuras construidas por el hombre que afectan a su medio natural. Entre las más importantes, deben ser señaladas la proximidad de una central nuclear, la regulación de los ríos Tajo y Guadiela mediante un sistema de grandes embalses (Buendía, Entrepeñas y Bolarque), tendidos eléctricos de alta tensión y carreteras que atraviesan la sierra, la construcción de un viaducto en la autovía A40 (Tarancón-Cuenca), un tramo elevado del acueducto Tajo-Segura, en el que se ha registrado la caída accidental de grandes mamíferos, canteras de caliza, repetidores de telecomunicación, implantación de aerogeneradores y la urbanización, una amenaza favorecida por antiguas calificaciones urbanísticas de terrenos urbanizables sobre amplias extensiones muy bien conservadas de esta sierra.

El medio natural también es vulnerable ante otro tipo de actividades humanas. El río Tajo es vulnerable frente a cualquier forma de contaminación o alteración artificial de caudales, así como a la corta de arbolado en el bosque galería. Los yesares, situados al oeste de la Sierra, pueden verse afectados por eventuales roturaciones o reforestaciones (DGCN, 2003). Pero el fenómeno que mayor presión ambiental está generando sobre los ecosistemas forestales de la Sierra de Altomira son los frecuentes incendios que favorecen la implantación de pastizales y matorrales de menor diversidad biológica y de menor interés para la conservación de la naturaleza. Son especialmente preocupantes los grandes incendios, como el ocurrido en este espacio en 2003. Afectó a 3.241

Ontivero, M., Martínez Vega, J., González Cascón, V. y Echavarría, P. (2008): "Propuesta metodológica de zonificación ambiental en la Sierra de Altomira mediante Sistemas de Información Geográfica", GeoFocus (Artículos), nº 8, p. 251-280, ISSN: 1578-5157

hectáreas y recorrió el 65% del territorio declarado en el término municipal de Buendía y un 31% en el de Puebla de Don Francisco. La causa de su inicio se debió al escape de un vertedero.

Dado que se trata de un ensayo metodológico, en este trabajo tan sólo se ha tenido en cuenta el área protegida de la Sierra de Altomira que se encuentra en la provincia de Cuenca. Nuestro grupo de investigación dispone de abundante información geográfica sobre este sector del espacio protegido que ocupa una superficie de 11.951 hectáreas, algo más del 40% de la superficie total de la Sierra de Altomira. En posteriores trabajos, se extenderá la metodología al conjunto del espacio protegido, en colaboración con la Universidad de Alcalá que trabaja en el sector protegido de la provincia de Guadalajara.

4. Fuentes de información, datos y herramientas empleados

La mayor parte de la información geográfica necesaria para este trabajo ha sido extraída de los SIG comarcales de La Mancha Alta Conquense y La Alcarria Conquense, elaborados por el CSIC en el contexto de dos proyectos que tenían como objetivo final elaborar una Agenda 21 en cada una de estas dos comarcas (Martínez Vega *et al.*, 2007a). Además, se ha empleado otra información geográfica, procedente de otras fuentes, que se detalla en el apartado de metodología.

La unidad espacial básica de información empleada es una celda de 20*20 m. y la escala de referencia a la que se ha trabajado ha sido 1:50.000. La base cartográfica digital utilizada, de escala 1:50.000, ha sido cedida por el Centro Geográfico del Ejército. Además de su utilidad para generar modelos digitales del terreno, sirve de base para la presentación de los resultados temáticos.

Las herramientas empleadas han sido ArcGIS para el proceso y cálculo de la información geográfica, y Fragstats 3.3 para calcular los índices de ecología a nivel de paisaje.

5. Metodología

La metodología empleada es similar a la utilizada en investigaciones anteriores (Martínez Vega *et al.*, 2007b; Martínez Vega y González Cascón, 2007), aunque adaptada al objetivo específico de este trabajo, a la peculiaridad del área de estudio y de la información disponible. Incluye ligeras variantes. Se trata de ensayar si este método, apoyado en fuentes de información cartográfica disponibles a nivel estatal, es consistente y útil para la zonificación ambiental de espacios protegidos, considerando la ingente tarea que queda por hacer en los próximos seis años para zonificar los espacios de la Red Natura 2000, en el contexto de sus prescriptivos planes de gestión.

Básicamente, consiste en generar un modelo de valoración del territorio en función de las figuras de protección presentes en el área de estudio junto a un modelo de valoración intrínseca del paisaje, en función de criterios como la rareza, representatividad, proximidad de la vegetación a la clímax y de unos pocos, pero relevantes, indicadores de Ecología del Paisaje. Se persigue

complementar ambos enfoques para integrar los resultados en un modelo de valoración del patrimonio natural que será contrastado con los usos actuales del suelo. En la [figura 2](#) se muestra el esquema metodológico seguido.

5.1. Valor del territorio en función de las figuras de protección (VTFP)

5.1.1. Datos de entrada

Las coberturas de entrada al modelo han sido las siguientes:

1. Zonas de Especial Protección de Aves (ZEPA) declaradas en la región de Castilla-La Mancha, suministrada por la Dirección General para la Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
2. Lugares de Importancia Comunitaria (LIC), propuestos por la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha al Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino y a la Comisión Europea.
3. Hábitats de importancia comunitaria (HIC) de la provincia de Cuenca, descargados del Banco de Datos de la Biodiversidad.
4. Montes de Utilidad Pública (MUP), obtenidos seleccionando los atributos 2 y 3 del campo TP (tipo de propiedad) del 2º Inventario Forestal Nacional.

5.1.2. Valoración de los componentes y determinación del VTFP.

A cada una de las cuatro coberturas vectoriales antes relacionadas se les ha asignado, de forma genérica, valor 0 en caso de ausencia del componente analizado y valor 1 en caso de presencia del mismo. En el caso de los hábitats, el criterio de valoración ha sido el siguiente: 0 = ausencia de hábitats de importancia comunitaria; 0,5 = presencia de hábitats de importancia comunitaria no prioritarios; 1 = presencia de hábitats de importancia comunitaria prioritarios.

En trabajos anteriores (Martínez Vega *et al.*, 2007b), se optó por valorar una sola vez los espacios coincidentes que son hábitats de importancia comunitaria y que, además, han sido declarados ZEPA y LIC, con objeto de evitar valoraciones redundantes. Sin embargo, en esta investigación se ha preferido sumar los valores de las capas de entrada, independientemente de estas coincidencias, ya que se asume que existe interés por asegurar su protección, desde diversas directivas comunitarias y leyes de ámbito estatal y autonómico concurrentes. Se puede decir que las distintas figuras de protección son consecuencia de la diversidad biológica (flora y fauna) y paisajística que presenta el lugar.

Así pues, para la determinación del Valor del Territorio en función de las Figuras de Protección, una vez asignados los valores a cada tipo de cobertura de entrada al modelo, se combinaron mediante una sumatoria no ponderada y la aplicación de una media aritmética simple.

$$VTFP = \frac{ZEPA + LIC + HIC + MUP}{4}$$

La nueva capa así obtenida contiene polígonos con valores comprendidos entre 0 y 1, asignando valor 1 al máximo valor posible. Esta capa resultante es cruzada con la cuadrícula de 20 x 20 m. En cada celda se obtiene un VTFP que es la media simple de los valores correspondientes a los distintos polígonos incluidos en aquella.

5.2. Valor Intrínseco del Paisaje (VIP)

5.2.1. Datos de entrada

Las coberturas empleadas para la ejecución del modelo de Valor Intrínseco del Paisaje han sido las de usos del suelo, el mapa CORINE-Land Cover del año 2000 (CLC2000) y el mapa de vegetación potencial.

La información más relevante ha sido la de ocupación del suelo. Ante los inconvenientes señalados por Martínez Vega *et al.*, (2007a, pág.3), se ha optado por elaborar un mapa de usos del suelo propio mediante análisis visual y digitalización en pantalla de una ortoimagen Landsat ETM+, de agosto de 2002. En el proceso de fotointerpretación, se ha empleado una combinación de bandas del infrarrojo cercano y del rojo fusionadas con el canal pancromático, tras un remuestreo del tamaño de píxel a 15 metros. Se ha empleado una leyenda similar a la de CORINE-Land Cover con objeto de poder comparar el producto resultante con otros productos estándares, aunque desagregando algunas categorías con mayor detalle. El tamaño de la unidad mínima cartografiada manejado ha sido de 1 hectárea. Para perfeccionar el análisis visual se ha utilizado el apoyo de ortofotografías aéreas pancromáticas del SIG Oleícola (0,5 m. de resolución espacial) y trabajo de campo.

Este mapa de usos del suelo ha sido empleado para el cálculo de los seis indicadores que entran en el cálculo del Valor Intrínseco del Paisaje. Además de él, para el cálculo de la representatividad se ha utilizado el mapa CORINE-Land Cover 2000 (CLC2000) de España peninsular y Baleares, dado que el CSIC no dispone de un mapa de usos del suelo para toda la provincia de Cuenca con el que puedan compararse los elaborados a nivel comarcal. El CLC2000 ha sido facilitado por el Centro Nacional de Información Geográfica. Se ha cortado de acuerdo a los límites de la zona de estudio. Se han establecido equivalencias entre las clases de uso del mapa del CSIC y las del mapa CLC2000.

Ontivero, M., Martínez Vega, J., González Cascón, V. y Echavarría, P. (2008): "Propuesta metodológica de zonificación ambiental en la Sierra de Altomira mediante Sistemas de Información Geográfica", *GeoFocus (Artículos)*, nº 8, p. 251-280, ISSN: 1578-5157

Para la valoración de la proximidad de la vegetación actual a la clímax, además del mapa de usos del suelo, se ha empleado el mapa de vegetación potencial de España peninsular, en su versión digital, descargado del Banco de Datos de la Biodiversidad.

5.2.2. Cálculo de los valores de los componentes del valor intrínseco del paisaje

Existe una amplia variedad de índices cuantitativos para analizar el paisaje (Martínez Falero y González Alonso, 1995; McGarigal *et al.*, 2002). A pesar de la controversia que suscitan, son muy útiles porque proporcionan información para la clasificación de tipos de paisajes y porque son indicadores de los cambios y perturbaciones del paisaje (Dramstad *et al.*, 1998; DiBari, 2007; Faluccci, *et al.*, 2007). Martínez Vega *et al.* (2007b, p. 47 y ss.) justifican la conveniencia de utilizar los 6 índices, que a continuación se describen, para calcular el valor intrínseco del paisaje. Además, estos índices se han seleccionado por expresar los resultados en umbrales conocidos y comparables (p.e. 0 a 100 o 0 a 1), lo que facilita la integración y comparación de los resultados entre diferentes espacios.

Para el cálculo de los tres primeros índices tan sólo se han considerado las cubiertas naturales, ya que los espacios artificiales (núcleos de población, urbanizaciones, etc.) no son de interés para este trabajo. Sin embargo, para el cálculo de los tres últimos índices se han considerado todas las cubiertas del suelo y, además, las manchas de ocupación del suelo localizadas en una franja de 600 m. alrededor de la zona de estudio con objeto de evitar el efecto frontera en el cálculo.

El índice de rareza (IRar) es entendido como la proporción de la superficie que ocupa cada categoría de uso del suelo agrícola o forestal presente en la Sierra de Altomira ($x_1 \dots x_m$) respecto a la superficie total natural del área de estudio (y). Cuanto menor sea el porcentaje más raro es el uso evaluado. En vez de emplear distintos intervalos de rareza, como es habitual, en este trabajo se han utilizado los valores que realmente ocupan cada categoría de uso del suelo respecto a la superficie total de la ZEPA, como si de una variable continua se tratase. Sin embargo, de cara a integrar el resultado en el VIP, el valor del porcentaje resultante se ha dividido entre 100 y se ha invertido, es decir, el cociente ha sido restado de 1 para que el recorrido de la variable oscile entre 0 (menor rareza) y 1 (mayor rareza) de una forma continua, sin intervalos, teniendo en cuenta que la rareza es una cualidad positiva. El índice es calculado de la siguiente manera:

$$IRar_i = 1 - \left[\frac{\left(\frac{x_i * 100}{y} \right)}{100} \right]$$

El índice de representatividad (IREp) se concibe como una variante de la rareza fuera del área de estudio. Es considerada como la proporción de cada tipo de uso del suelo agrícola o forestal presente en la Sierra de Altomira ($x_1 \dots x_m$) respecto al total de la superficie que ocupa ese mismo

Ontivero, M., Martínez Vega, J., González Cascón, V. y Echavarría, P. (2008): "Propuesta metodológica de zonificación ambiental en la Sierra de Altomira mediante Sistemas de Información Geográfica", *GeoFocus (Artículos)*, nº 8, p. 251-280, ISSN: 1578-5157

tipo de uso en el conjunto de un entorno geográfico de ámbito superior, en este caso en el territorio de la provincia de Cuenca (x_{i_prov}). Al igual que en el caso anterior, el porcentaje resultante ha sido dividido entre 100 con el fin de reescalar el índice en un rango de 0 a 1. Es calculado mediante la siguiente expresión:

$$I Re p_i = \frac{\left(\frac{x_i * 100}{x_{i_prov}} \right)}{100}$$

La proximidad de la vegetación actual a la vegetación clímax (IPvc) se ha calculado mediante una tabulación cruzada entre el mapa de usos del suelo y el mapa de vegetación potencial. Las distintas combinaciones presentes han sido valoradas desde 0,2 (mayor lejanía) hasta 1 (coincidencia entre la vegetación actual y la clímax), considerando la evaluación que ya hicieron Martínez Vega y González Cascón (2007) en esta área de estudio y en su contexto comarcal.

El índice de diversidad de Simpson (SIDI) evalúa el número de diferentes tipos de usos y la distribución del área proporcional que ocupan. Valores próximos a 0 indican que únicamente existe una mancha o cubierta (no diversidad) y valores próximos a 1 (mayor diversidad) expresa diferentes tipos de usos y la distribución proporcional de áreas entre tipos de cubierta es más equilibrada. La fórmula empleada es la siguiente (McGarigal *et al.*, 2007).

$$SIDI = 1 - \sum_{i=1}^m P_i^2$$

siendo P_i^2 la proporción del paisaje ocupado por las manchas de la clase i.

El índice de entremezclado y yuxtaposición (IJI) permite conocer la configuración espacial de las manchas, en sus adyacencias, y el grado de entremezclado de las manchas. Se ha empleado una ventana circular móvil de 1.200 m. de diámetro para realizar los cálculos. Los valores bajos (0) son sintomáticos de paisajes en los cuales las manchas están distribuidas aleatoriamente mientras que valores altos (100) indican paisajes con manchas distribuidas con equi-adyacencia. La fórmula empleada es:

$$IJI = \frac{- \sum_{i=1}^m \sum_{k=i+1}^m \left[\left(\frac{e_{ik}}{E} \right) * \ln \left(\frac{e_{ik}}{E} \right) \right]}{\ln(0,5[m(m-1)])} (100)$$

Ontivero, M., Martínez Vega, J., González Cascón, V. y Echavarría, P. (2008): "Propuesta metodológica de zonificación ambiental en la Sierra de Altomira mediante Sistemas de Información Geográfica", *GeoFocus (Artículos)*, nº 8, p. 251-280, ISSN: 1578-5157

donde e_{ik} es la longitud (en metros), a nivel de paisaje, de los bordes entre manchas de las clases de usos i y k , E es la longitud (en metros), a nivel de paisaje, de todos los bordes y m es el número de clases presentes en el paisaje. Este índice se ha reescalado para que su recorrido oscile entre 0 y 1.

El índice de conectividad (CI) está definido por el número de uniones funcionales entre todos los *patches* del mismo tipo de uso. Indica dónde están conectados cada par de *patches* según una ventana de análisis circular de 1.200 m. de lado. Su rango de valores se mueve entre 0 (consiste en un único match o ninguna de las manchas están conectadas) y 100, cuando todos los *patches* en la ventana de análisis están conectados. Se expresa de la siguiente manera:

$$CI = \left[\frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j \neq k}^n c_{ijk}}{\sum_{i=1}^m \left(\frac{n_i(n_i - 1)}{2} \right)} \right] (100)$$

donde c_{ijk} son las uniones funcionales entre el *patch* j y k del mismo tipo de uso y n_i es el número de *patches* en el paisaje del tipo i . Igual que en el caso anterior, los resultados del índice de conectividad se han reescalado entre 0 y 1.

5.2.3. Cálculo integrado del Valor Intrínseco del Paisaje

Es el resultado promedio simple de la combinación de los seis índices antes descritos. La expresión para la integración ha sido la siguiente:

$$VIP = \frac{IRar + IRe p + IPvc + SIDI + IJI + CI}{6}$$

Para ello, ha sido preciso, previamente, rasterizar los tres primeros factores, originalmente en formato vectorial, a una matriz de 20 m. x 20 m., de similar resolución espacial que los indicadores de ecología del paisaje. El valor final promedio de las seis variables ha sido calculado a nivel de cuadrícula de 20 x 20 m.

5.3. Valor del Patrimonio Natural (VPN)

5.3.1. Datos de entrada

Las fuentes de información de entrada han sido los dos modelos anteriormente calculados, es decir el que determina el valor del territorio de la Sierra de Altomira en función de las figuras de protección presentes (VTFP) y el que calcula el valor intrínseco de su paisaje (VIP).

Ontivero, M., Martínez Vega, J., González Cascón, V. y Echavarría, P. (2008): "Propuesta metodológica de zonificación ambiental en la Sierra de Altomira mediante Sistemas de Información Geográfica", *GeoFocus (Artículos)*, nº 8, p. 251-280, ISSN: 1578-5157

5.3.2. Cálculo del Valor del Patrimonio Natural

El resultado de cada cuadrícula es el promedio ponderado de la combinación de los modelos VTFP y VIP. Al primero de ellos se le ha aplicado un peso mayor que al segundo, ya que los expertos, en materia de conservación de la naturaleza, consultados² están de acuerdo en asignar mayor importancia a los espacios protegidos para una adecuada conservación de las especies de flora y fauna y de sus hábitats y por su contribución a poner en valor el patrimonio natural. La suma de valores se ha dividido entre 3 para reescalar el cociente resultante entre 0 y 1. La expresión para la integración ha sido la siguiente:

$$VPN = \frac{2 * VTFP + VIP}{3}$$

A pesar de que los valores del producto final se encuentran expresados en una escala continua, para facilitar su representación cartográfica y, más tarde para la zonificación ambiental, se han agrupado los resultados en intervalos, estudiando la distribución de frecuencias y segmentando el histograma mediante el método de *natural breaks*.

5.4. Zonificación Ambiental

5.4.1. Datos de entrada

Como fuentes de información geográfica para la zonificación ambiental, se han utilizado el mapa de usos del suelo, elaborado por CSIC, y el modelo VPN, anteriormente descrito ([figura 2](#)).

5.4.2. Criterios de zonificación ambiental

Combinando el mapa de usos del suelo y el modelo de Valor del Patrimonio Natural, se ha dividido el área de estudio en cinco zonas de diferente valor ambiental y con distinta vocación. Las dos primeras áreas se han extraído del mapa de usos. Se trata de las zonas artificiales, urbanas y humedales, que están sujetas a una planificación sectorial muy concreta. Las tres últimas zonas ambientales han sido determinadas en función del valor de su patrimonio natural

6. Resultados

6.1. Modelos territoriales intermedios

Todas las celdas del modelo del valor del territorio en función de sus figuras de protección (VTFP) poseen valores iguales o superiores a 0,50. Existe una zona periférica, podría decirse de

Ontivero, M., Martínez Vega, J., González Cascón, V. y Echavarría, P. (2008): "Propuesta metodológica de zonificación ambiental en la Sierra de Altomira mediante Sistemas de Información Geográfica", *GeoFocus (Artículos)*, nº 8, p. 251-280, ISSN: 1578-5157

amortiguación, que está ocupada por las áreas que forman parte de la ZEPA y del LIC de la Sierra de Altomira pero que no tienen ninguna otra figura de protección ([figura 3-izquierda](#)). En la [tabla 1](#), se aprecia que la mayor parte del área de estudio (73,84%) posee valores de 0,62. Se trata de los espacios que, además de estar catalogados como ZEPA y LIC, albergan hábitats de importancia comunitaria no prioritarios.

Un 0,78% del área de estudio posee valores de 0,75. Son pequeños corredores ecológicos, de forma alargada, situados en la hoz del Guadiela, a la salida de Buendía, al norte, y en el estrecho de Paredes, al sur. Se trata de hábitats de importancia comunitaria prioritarios (*Buxu semperviventis-Juniperetum phoeniceae*, en el primer caso, y *Phlomido lychnitidis-Brachypodietum ramosi*, en el segundo) que forman parte de la ZEPA y del LIC.

Las áreas más protegidas poseen valores de 0,87. Se trata de tres Montes de Utilidad Pública, incluidos en la ZEPA y LIC, que contienen hábitats de importancia comunitaria no prioritarios. Se localizan al suroeste de Jabalera, en la Sierra de los Degollados y un tercero, entre los núcleos de Saceda-Trasierra y Vellisca.

En la [figura 3-derecha](#) se representa el modelo de Valor Intrínseco del Paisaje. Las zonas de medio y alto valor intrínseco del paisaje se distribuyen en la zona norte del área de estudio, al norte del embalse de Buendía, y al sur de Jabalera. Se representan en colores verdes medios y oscuros. Ocupan un 36,21% y un 19,54% del área de estudio, respectivamente ([tabla 2](#)).

Todos los usos del suelo tienen medianos y elevados índices de rareza. Los usos más raros en la zona son los quejigales, las dehesas y los pinares de repoblación. Tan sólo el área quemada, que ocupa un 27% de la zona estudiada, tiene el menor índice de rareza.

Por otra parte, ningún uso del suelo presente en la Sierra de Altomira es representativo en el conjunto de la provincia de Cuenca, utilizada como referencia espacial. El índice de representatividad más alto encontrado es de 0,18.

Los encinares, quejigales y masas mixtas de frondosas (encinas y quejigos) del norte, centro y sur del área de estudio son las formaciones vegetales más próximas a las series de vegetación potencial presentes en la zona: supra-mesomediterránea castellano-alcarreño-manchea basófila de *Quercus faginea* y mesomediterránea manchega y aragonesa basófila de *Quercus rotundifolia*. Estas manchas forestales han sido reclasificadas con valor 1. Por el contrario, las áreas afectadas por el fuego, especialmente las recorridas por el incendio de 2003, poseen valores próximos a 0, como consecuencia de su mayor lejanía a la vegetación clímax.

Existen amplias zonas del norte, centro y sur de la Sierra de Altomira que poseen altos valores de diversidad biogeográfica, próximos a 0,84. Se trata de las zonas en las que existe elevada diversidad de cubiertas del suelo. Por el contrario, el área afectada por el incendio de 2003 posee valores inferiores a 0,50 como consecuencia de la homogeneización impuesta por el fuego a la vegetación de esta amplia zona.

Por último, las áreas de mayor conectividad, con valores próximos a 1, se identifican con los corredores fluviales del Guadiela, al norte, y del río Jabalera, en el centro del área de estudio. En el sur, existe una zona de máxima conectividad asociada a las manchas forestales mixtas de quercíneas que se distribuyen, de forma alargada, de sur a norte, a lo largo de la divisoria de aguas de la sierra, en las inmediaciones del Pico de Altomira (1.183 m.).

En la [tabla 3](#) se muestra la proporción de las distintas áreas, en función del valor del patrimonio natural que albergan. El patrimonio natural de valor alto coincide con los tres montes de utilidad pública, antes mencionados, que además están dentro de la ZEPA y del LIC, contienen hábitats de importancia comunitaria y que poseen alto valor intrínseco del paisaje en función de su rareza, proximidad a la clímax y diversidad y entremezclado de las manchas de ocupación del suelo ([figura 4](#)). Bordeando estas manchas, se encuentra la zona de VPN medio, que es la más extensa. Ocupa un 72,71% del área de estudio y se localiza en el extremo norte y en el centro-sur de la Sierra de Altomira. En el perímetro de la zona de estudio se localizan las zonas de bajo VPN (inferior a 0,50), a modo de área de amortiguación. En conjunto ocupan algo más del 16% del territorio. Se trata de las zonas con valores medios de VTFP y bajos de VIP. No contienen hábitats de importancia comunitaria ni montes de utilidad pública y tienen los valores más bajos de rareza, representatividad y conectividad, entre otros.

6.2. Zonificación ambiental

Considerando los resultados del modelo de valor del patrimonio natural y el mapa de usos del suelo, se han definido cinco zonas en la Sierra de Altomira con el objetivo de asignar los usos más adecuados y de gestionar ambientalmente sus recursos naturales. Se ha procurado que el número de zonas sea impar y no muy elevado para facilitar la gestión ambiental a los responsables de la misma y que la forma de las zonas sea suficientemente compacta ([figura 5](#)). A continuación, se describen cada una de estas zonas:

1. *Áreas a ordenar por el planeamiento urbanístico*: En ellas se integran los núcleos urbanos. Se trata de espacios sometidos a un planeamiento especial, regulado por criterios no naturales. La intervención del hombre ha alterado las características naturales de estas áreas por lo que no han sido valoradas desde los puntos de vista paisajístico, ecológico y natural.
2. *Áreas degradadas a restaurar*: Esta zona coincide con áreas degradadas que han sufrido, entre otros impactos, la huella de los incendios forestales. La orientación prioritaria de esta zona es la recuperación y la restauración de la cubierta vegetal y de la fauna asociada a estos enclaves. En ella, es preciso ejecutar tareas de restauración de los ecosistemas forestales afectados, de manera que se consiga frenar los procesos erosivos, favorecer la regeneración natural de la cubierta vegetal y reforestar las zonas en las que la severidad del fuego ha sido mayor.
3. *Áreas de uso agroforestal y pecuario*: En ella se incluyen las zonas que tienen los valores de naturalidad más bajos, inferiores a 0,50 en el modelo VPN. Forman parte de ella las zonas agrícolas y ganaderas de uso más intensivo y zonas forestales ocupadas por matorrales. Su

Ontivero, M., Martínez Vega, J., González Cascón, V. y Echavarría, P. (2008): "Propuesta metodológica de zonificación ambiental en la Sierra de Altomira mediante Sistemas de Información Geográfica", *GeoFocus (Artículos)*, nº 8, p. 251-280, ISSN: 1578-5157

objetivo es permitir un desarrollo económico, compatible con los objetivos generales de conservación, sobre aquellas áreas de menor interés ecológico de manera que pueda alcanzarse un desarrollo sostenible de conjunto. Se debe prestar especial atención a estas actividades con objeto de regular las medidas correctoras que pudieran ser necesarias para minimizar los impactos generados.

4. *Áreas de protección y mejora*: Se han incluido las zonas que tienen valores medios de naturalidad, comprendidos entre 0,51 y 0,66 en el modelo VPN. Se corresponden con los espacios forestales ocupados por amplias superficies de matorral, matorral arbolado y masas arboladas de distintas especies, principalmente encinares, pinares, quejigares y formaciones mixtas de frondosas y de frondosas y coníferas. Una intervención antrópica poco intensiva ha permitido la conservación, en estado relativamente bueno, de estas formaciones vegetales. La orientación prioritaria de esta unidad es la conservación y recuperación de la cubierta vegetal aunque se permiten actividades productivas que no entren en conflicto con este objetivo principal.
5. *Reserva natural*: Se corresponde con las zonas que tienen altos valores de naturalidad, superiores a 0,66 en el modelo VPN. Se aplica a aquellos espacios de características excepcionales que engloban un conjunto de ecosistemas de relevantes valores ecológicos, paisajísticos, científicos y que, por su singularidad, fragilidad o función, requieren un nivel de conservación y protección especial, quedando excluidos de los mismos cualquier aprovechamiento productivo que ponga en peligro sus características. Prevalecerán en esos espacios los objetivos de conservación, investigación e interpretación de la naturaleza. En su delimitación se ha considerado el criterio de englobar las áreas contiguas o próximas de mayor valor natural, reducidas espacialmente con objeto de que se simplifique y homogeneice su futura gestión. En la [figura 6](#) se muestra una ventana, a modo de muestra, de la cartografía final de zonificación ambiental de este espacio protegido, centrado en una de las áreas propuestas como reserva natural. En esta ventana se han sobrepuesto la información planimétrica y altimétrica de la cartografía base, así como la toponimia e hidronimia de la zona.

7. Discusión y conclusiones

Como se ha visto, existen múltiples métodos de zonificar los espacios naturales protegidos para facilitar su gestión ambiental. Cada uno de ellos, presenta ventajas e inconvenientes para su aplicación efectiva en el territorio español. A pesar de ello, no se puede cuestionar la urgente necesidad de una adecuada zonificación ambiental del elevado número de espacios de la Red Natura 2000 que se incorporan a la amplia red de espacios naturales protegidos del estado español.

En este trabajo, se propone un método sencillo para zonificar ambientalmente estos nuevos espacios protegidos, de una manera eficaz y viable. La información necesaria, o su equivalente, está disponible en todo el territorio nacional. Podrá discutirse sobre la conveniencia de emplear unos índices de ecología del paisaje u otros alternativos y sobre el método de integración y de ponderación de las variables. Es necesario incidir sobre el empleo de técnicas estadísticas más

Ontivero, M., Martínez Vega, J., González Cascón, V. y Echavarría, P. (2008): "Propuesta metodológica de zonificación ambiental en la Sierra de Altomira mediante Sistemas de Información Geográfica", *GeoFocus (Artículos)*, nº 8, p. 251-280, ISSN: 1578-5157

avanzadas para la generación de modelos más refinados (componentes principales, análisis de sensibilidad, por ejemplo) y, especialmente, para su validación.

Sin embargo, los resultados han de ser sometidos a la opinión de los gestores y de los ciudadanos mediante una fase de participación pública.

Desde el punto de vista metodológico, el empleo de las Tecnologías de Información Geográfica ha sido fundamental para gestionar y tratar, de forma operativa, un volumen importante de información geográfica. La zonificación ambiental ha de presentarse en formato cartográfico, normalmente a escalas de semi-detalle (1:50.000) o grandes (1:10.000) ya que los límites entre zonas han de ser nítidamente percibidos por los ciudadanos afectados por la regulación de usos. Sin el empleo de las imágenes de satélite y de las ortofotografías aéreas, difícilmente hubiese sido actualizado un mapa de usos y ocupación del suelo. Igualmente, sin el empleo de un SIG, difícilmente hubiesen sido calculados y espacializados los índices de ecología del paisaje, entre otros subproductos. Al tratarse de una zona fronteriza entre provincias también existen inconvenientes asociados a la información geográfica. En ocasiones, los límites administrativos empleados en las distintas coberturas son distintos lo que entraña ciertos problemas en la superposición.

Agradecimientos

Mostramos nuestra gratitud al Centro Geográfico del Ejército, al Centro Nacional de Información Geográfica y a la D. G. de Biodiversidad por la información geográfica que nos han facilitado. Asimismo, agradecemos a la Asociación para el Desarrollo Integral de los Municipios de La Mancha Alta Conquense y al Centro de Desarrollo Rural Alcarria Conquense su apoyo financiero para la elaboración de las Agendas 21 de cada una de las comarcas presentes en este trabajo. De modo especial, queremos agradecer la participación ciudadana que ha trabajado en las propuestas de las acciones de los Planes de Acción Comarcal por su dedicación y buen ejemplo en este ensayo de planificación territorial participativa.

Referencias bibliográficas

- Andeweg, B., de Vicente, G., Cloetingh, S., Giner, J. y Muñoz-Martín, A. (1999): "Local stress fields and intraplate deformation of Iberia: variations in spatial and temporal interplay of regional stress sources", *Tectonophysics*, 305, pp. 153-164.
- Angileri, V. y Toccolini, A. (1993): "The assessment of visual quality as a tool for the conservation of rural landscape diversity", *Landscape and Urban Planning*, 24, pp. 105-112.
- Arriaza, M., Cañas-Ortega, J.F., Cañas-Madueño, J.A. y Ruiz-Avilés, P. (2004): "Assessing the visual quality of rural landscapes", *Landscape and Urban Planning*, 69, pp. 115-125.
- Berger, F. y Rey, F. (2004): "Mountain protection forests against natural hazards and risks: new french developments by integrating forests in risk zoning", *Natural Hazards*, 33, pp. 395-404.
- Bolós, M. de (1992): *Manual de la Ciencia del Paisaje*, Barcelona, Masson.

Ontivero, M., Martínez Vega, J., González Cascón, V. y Echavarría, P. (2008): "Propuesta metodológica de zonificación ambiental en la Sierra de Altomira mediante Sistemas de Información Geográfica", *GeoFocus (Artículos)*, nº 8, p. 251-280, ISSN: 1578-5157

- Bong, C.W. y Wang, Y.C. (2004): "A multiobjective hybrid metaheuristic approach for GIS-based spatial zoning model", *Journal of Mathematical Modelling and Algorithms*, 3, pp. 245-261.
- Bortoluzzi, A., Aceñolaza, P., Sione, W., Kalesnik, F. y Serafini, M.C. (2007). "Base de datos espacial para el estudio, manejo y conservación de la biodiversidad en el Parque Nacional pre-delta (Entre Ríos, Argentina)", *XI Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica*, Luján. pp.1-7.
- Bos, J. (1993): "Zoning in Forest Management: a quadratic assignment problem solved by simulated annealing", *Journal of Environmental Management*, 37, pp. 127-145.
- Bozkaya, B., Erkut, E. y Laporte, G. (2003): "A tabu search heuristic and adaptive memory procedure for political districting", *European Journal of Operational Research*, 144 (1), pp. 12-26.
- CEOTMA (1981): *Plan Especial de protección de las Lagunas de Ruidera y su entorno*, Madrid, CEOTMA-MOPU.
- Crawford, D. (1994): "Using remotely sensed data in landscape visual quality assessment", *Landscape and Urban Planning*, 30, pp.71-81.
- Daniel, T.C. (2001): "Whither scenic beauty? Visual landscape quality assessment in the 21st century", *Landscape and Urban Planning*, 54, pp.267-281.
- De la Fuente, G., Atauri, J.A. y De Lucio, J.V. (2006): "Relationship between landscape visual attributes and spatial pattern indices: a test study in Mediterranean-climate landscapes", *Landscape and Urban Planning*, 77, pp.393-407.
- De Loë, R. y Wojtanowski, D. (2001): "Associated benefits and costs of the Canadian Flood Damage Reduction Program", *Applied Geography*, 21, pp. 1-21.
- DGCN (2003): *Lugares de la Lista Nacional. Red Natura 2000. (Dir. 92/43 CEE). Formularios Oficiales Red Natura 2000*. <http://www.mma.es> (consultado en Julio, 2007).
- Dibari, J. N. (2007): "Evaluation of five landscape-level metrics for measuring the effects of urbanization on landscape structure: the case of Tucson, Arizona, USA", *Landscape and Urban Planning*, 79 (3-4), pp. 308-313.
- Dramstad, W.E., Fjellstad, W.J. y Fry, G.L.A. (1998): "Landscape indices –useful tools or misleading numbers?", en Dover, J.W. y Bunce, R.G.H. (Eds.): *Key concepts in Landscape Ecology. Proceedings of the 1998 European Congress of IALE*. pp. 63-68.
- Errea, M. P. (1999): "Gestión territorial e investigación científica con sistemas de información geográfica en el Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC)", en Laín Huerta, L. (Ed.): *Los sistemas de información geográfica en los riesgos naturales y en el medio ambiente*, Madrid, Ministerio de Medio Ambiente-Instituto Tecnológico Geominero de España, pp. 177-189.
- Espeje, I., Fischer, D. W., Hinojosa, A., Garcia, C. y Leyva, C. (1999): "Land-use planning for the Guadalupe Valley, Baja California, México", *Landscape and Urban Planning*, 45, pp. 219-232.
- Falcucci, A., Maiorano, L. y Boitani, L. (2007): "Changes in land-use/land-cover patterns in Italy and their implications for biodiversity conservation", *Landscape Ecology*, 22: pp. 617-631.
- Fang, Q., Zhang, L., Hong, H., Zhang, L. y Bristow, F. (2008): "Ecological function zoning for environmental planning at different levels", *Environment Development and Sustainability*, 10, pp. 41-49.
- García-Abad, J.J. (2001): "Fitogeografía de la mancomunidad de Almoguera (Guadalajara) II: estudio especial de las formaciones de matorrales gipsícolas", *Estudios Geográficos*, 244, pp. 413-446.

Ontivero, M., Martínez Vega, J., González Cascón, V. y Echavarría, P. (2008): "Propuesta metodológica de zonificación ambiental en la Sierra de Altomira mediante Sistemas de Información Geográfica", *GeoFocus (Artículos)*, nº 8, p. 251-280, ISSN: 1578-5157

- Gibson, J., McField, M. y Wells, S. (1998): "Coral reef management in Belize: an approach through Integrated Coastal Zone Management", *Ocean and Coastal Management*, 39, pp. 229-244.
- Gómez-Sal, A., Belmontes, J.A. y Nicolau, J.M. (2003): "Assessing landscape values: a proposal for a multidimensional conceptual model", *Ecological Modelling*, 168, pp. 319-341.
- Gulinck, H., Múgica, M., de Lucio, J.V. y Aauri, J.A. (2001): "A framework for comparative landscape analysis and evaluation based on land cover data, with an application in the Madrid region (Spain)", *Landscape and Urban Planning*, 55, pp. 257-270.
- He, C., Zhang, Q., Li, Y. Li, X. y Shi, P. (2005): "Zoning grassland protection area using remote sensing and cellular automata model. A case study in Xilingol steppe grassland in northern China", *Journal of Arid Environments*, 63, pp. 814-826.
- Hong, S., Barry, H., De Zonia y Maldenoff, D.J. (2000): "An aggregation index (AI) to quantify spatial patterns of landscape", *Landscape Ecology*, 15, pp. 591-601.
- ICONA-COPLACO (1975): *Plan Especial de protección del medio físico de la provincia de Madrid*, Madrid, COPLACO, 129 págs.
- Kato, Y., Yokohari, M. y Brown, R.D. (1997): "Integration and visualization of the ecological value of rural landscapes in maintaining the physical environment of Japan", *Landscape and Urban Planning*, 39, pp. 69-82.
- Kennington, R. y Kelleher, G. (1995): "Making a management plan", en Gubbay, S. (Ed): *Marine protected areas: principles and techniques for management*. Londres, Chapman & Hall, pp. 85-118.
- Klaus, R., Jones, D.A., Turner, J., Simões, N. y Vousden, D. (2003): "Integrated Marine and coastal management: a strategy for the conservation and sustainable use of marine biological resources in the Socorra Archipiélago, Yemen", *Journal of Arid Environments*, 54, pp. 71-80.
- Kozlowski, J., Rosier, J. y Hill, G. (1988): "Ultimate Environmental Threshold (UET) method in a marine environment (Great Barrier Reef Marine Park in Australia)", *Landscape and Urban Planning*, 15, pp. 327-336.
- Lehmann, A., McC. Overton, J. y Leathwick, J. (2003): "GRASP: generalized analysis and spatial prediction", *Ecological Modelling*, 160, pp. 165-183.
- Li, X., Xiao, D., He, X., Chen, W. y Song, D. (2007): "Evaluation of landscape changes and ecological degradation by GIS in arid regions: a case study of the terminal oasis of the Shiyang River, northwest China", *Environmental Geology*, 52 (5), pp. 947-956.
- Liesa, C.L. y Simón, J.L. (2007): "A probabilistic approach for identifying independent remote compressions in an intraplate region: the Iberian Chain (Spain)", *Mathematical Geology*, 39, pp. 337-348.
- Margules, C., Pressey, R. y Williams, P. (2002): "Representing biodiversity: data and procedures for identifying priority areas for conservation", *Journal of Biosciences*, suppl. 2 (27), pp. 309-326.
- Martínez Falero, E. y González Alonso, S. (1995): *Quantitative Techniques in Landscape Planning*. New York. Lewis Publishers.
- Martínez Vega, J., Romero, R., García, J.A., Corrochano, P. y Martín, M.P. (2000): "Application of Geographic Information Systems to the management and conservation of Protected Areas", en Lois, R., Martín Lou, M.A., Mata, R. y Valenzuela, M. (Eds), *Living with Diversity. XXIX Congress of the International Geographic Union (Seúl 2000)*, Madrid, AGE, pp. 425-438.
- Martínez Vega, J., Martín Lou, M.A., Martín Isabel, M.P. y Romero Calcerrada, R. (2002): "Sistemas de Información Geográfica y cartografía digital en la gestión ambiental: el ejemplo de un

Ontivero, M., Martínez Vega, J., González Cascón, V. y Echavarría, P. (2008): "Propuesta metodológica de zonificación ambiental en la Sierra de Altomira mediante Sistemas de Información Geográfica", *GeoFocus (Artículos)*, nº 8, p. 251-280, ISSN: 1578-5157

Espacio Natural Protegido de la Red Natura 2000", en *VIII Congreso Internacional de Informática 2002*, La Habana, Asociación Cartográfica Internacional.

Martínez Vega, J., Martín, M.P. y Romero Calcerrada, R. (2003): "Valoración del paisaje en la Zona de Especial Protección de Aves Carrizales y Sotos de Aranjuez (Comunidad de Madrid)", *GeoFocus*, 3, pp. 1-21.

Martínez Vega, J. (2007): *Plan de Acción Comarcal de La Alcarria Conquense*. Madrid, CSIC, 197 pp.

Martínez Vega, J. y González Cascón, M.V. (2007): "Valoración paisajística y ecológica de la Alcarria Conquense: Su integración en un índice sintético de sostenibilidad". *XI Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica*, Luján, Universidad Nacional de Luján-SIBSIG.

Martínez Vega, J., Echavarría Daspert, P. y González Cascón, M.V. (2007a): "SIG y Cartografía Ambiental para el Desarrollo Sostenible de la provincia de Cuenca, España", en Rivas, R., Grisotto, A. y Sacido, M. (Eds.), *Teledetección: herramienta para la gestión sostenible*, Mar del Plata, Editorial Martin, pp. 566-573.

Martínez Vega, J., Romero Calcerrada, R. y Echavarría, P. (2007b): "Valoración paisajística y ecológica de la Comunidad de Madrid: su integración en un índice sintético de riesgo de incendios forestales", *Revista de Teledetección*, 28, pp. 43-60

McGarigal, K., Marks, B., Holmes, C. y Ene, E. (2002): *Fragstats 3.3. Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure*, Department of Natural Resources Conservation, University of Massachusetts.

McGarigal, K., Ene, E. y Holmes, C. (2007): *Spatial pattern analysis program for categorical maps*. University of Massachusetts.

<<http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>>

Meaza, G. y Cadiñanos, J.A. (2000): "Valoración de la vegetación", en Meaza, G. (Ed), *Metodología y práctica de la Biogeografía*, Barcelona, Serbal, pp. 199-272.

Moizo, P. (2004): "La Percepción Remota y la tecnología SIG: una aplicación en Ecología del Paisaje", *GeoFocus*, 4, pp. 1-24.

Muñoz-Martín, A., Cloetingh, S., de Vicente, G. y Andeweg, B. (1998): "Finite-element modelling of Tertiary paleostress fields in the eastern part of the Tajo Basin (central Spain)", *Tectonophysics*, 300, pp. 47-62.

Nakagoshi, N. y Kondo, T. (2002): "Ecological land evaluation for nature redevelopment in river areas", *Landscape Ecology*, 17 (Suppl 1), pp. 83-93.

Orella, J.C., Simón, J.C., Vaquero, J., Cuadrado, A., Matilla, B., Garzo, M. A. y Sánchez, E. (1998): "La lista Nacional de lugares de la directiva hábitats 92/43 CEE. Metodología y proceso de elaboración", *Ecología*, 12, pp. 3-65.

Peropadre, C. y Meléndez, N. (2004): "Las facies continentales del cretácico inferior en la zona meridional de la Sierra de Altomira (Cordillera Ibérica): estratigrafía, sedimentología y discusión sobre su correlación regional", *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 17, 1-2, pp. 117-135.

Remm, K. (2003): "Case-based predictions for species and habitat mapping", *Ecological Modelling*, 177, pp. 259-281.

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

Ontivero, M., Martínez Vega, J., González Cascón, V. y Echavarría, P. (2008): "Propuesta metodológica de zonificación ambiental en la Sierra de Altomira mediante Sistemas de Información Geográfica", *GeoFocus (Artículos)*, nº 8, p. 251-280, ISSN: 1578-5157

Roman, G.S.J., Dearden, P. y Rollins, R. (2007): "Application of zoning and "Limits of Acceptable Change" to manage snorkelling tourism", *Environmental Management*, 39, pp. 819-830.

Romero Calcerrada, R., y Martínez Vega J. (2001): Los sistemas de información geográfica en la planificación integral de los espacios naturales protegidos, *Actas del XVII Congreso de Geógrafos Españoles*, Oviedo, Universidad de Oviedo y AGE, pp 206-209.

Romero Calcerrada, R. (2002): "Metodología para la planificación y desarrollo sostenible en espacios naturales protegidos europeos: las zonas de especial protección para las aves", *GeoFocus*, 2, pp.1-32.

Rosier, J., Hill, G. y Kozłowski, J. (1986): "Environmental limitations: a framework for development on Heron Island, Great Barrier Reef", *Journal of Environmental Management*, 23, pp. 59-73.

Rushton, S., Ormerod, J. y Kerby, G. (2004): "New paradigms for modelling species distributions?", *Journal of Applied Ecology*, 41, pp. 193-200.

Sabatini, M.C., Verdiell, A., Rodríguez, R.M. y Vidal, M. (2007): "A quantitative method for zoning of protected areas and its spatial ecological implications", *Journal of Environmental Management*, 83, pp. 198-206.

Salomon, A.K., Waller, N.P., McIlhagga, C., Yung, R.L. y Walters, C. (2002): "Modeling the trophic effects of marine protected area zoning policies: a case study", *Aquatic Ecology*, 36, pp. 85-95.

Sancho, J., Bosque, J. y Moreno, F. (1993): "Crisis and permanence of the traditional Mediterranean landscape in the central region of Spain", *Landscape and Urban Planning*, 23, pp. 155-166.

Senes, G. y Toccolini, A. (1998): "Sustainable land use planning in protected rural areas in Italy", *Landscape and Urban Planning*, 41, pp. 107-117.

Store, R. y Jokimäki, J. (2003): "A GIS-based multi-scale approach to habitat suitability modelling", *Ecological Modelling*, 169, 1-15.

Tognelli, M. (2005): "Assessing the utility of indicator groups for the conservation of South American terrestrial mammals", *Biological Conservation*, 121, pp. 409-417.

Tse, R.Y.C. (2001): "Impact of comprehensive development zoning on real estate development in Hong Kong", *Land Use Policy*, 18, pp. 321-328.

Wang, Y.C. y Bong, C.W. (2001): "Compactness measurement using fuzzy multicriteria decision making for redistricting", en *Proceeding IEEE REGION 10 International Conference on Electrical and Electronic Technology*, IEEE Press.

Walther, P. (1986): "The meaning of zoning in the management of natural resource lands", *Journal of Environmental Management*, 22, pp. 331-344.

Zirlewagen, D., Raben, G. y Weise, M. (2007): "Zoning of forest health conditions based on a set of soil, topographic and vegetation parameters", *Forest Ecology and Management*, 248, pp. 43-55.

TABLAS

Tabla 1. Valor del Territorio de la Sierra de Altomira en función de las figuras de protección

Rango Cuantitativo	Rango Cualitativo	Superficie (ha)	Porcentaje
<0,51	Bajo	1.725,04	14,43
0,51-0,62	Medio	8.825,00	73,84
0,63-0,75	Alto	93,68	0,78
>0,75	Muy alto	1.307,28	10,94
TOTAL		11.951,00	100,00

Fuente. Elaboración propia a partir de análisis espacial en SIG.

Tabla 2. Valor Intrínseco del Paisaje de la Sierra de Altomira

Rango Cuantitativo	Rango Cualitativo	Superficie (ha)	Porcentaje
<0,19	Extremadamente bajo	755,30	6,32
0,19-0,34	Muy bajo	1.785,48	14,94
0,35-0,45	Bajo	2.747,53	22,99
0,46-0,54	Medio	4.327,46	36,21
>0,54	Alto	2.335,23	19,54
TOTAL		11.951,00	100,00

Fuente. Elaboración propia a partir de análisis espacial en SIG.

Tabla 3. Valor del Patrimonio Natural de la Sierra de Altomira

Rango Cuantitativo	Rango Cualitativo	Superficie (ha)	Porcentaje
<0,50	Bajo	1.923,44	16,09
0,51-0,66	Medio	8.689,32	72,71
>0,66	Alto	1.338,24	11,20
TOTAL		11.951,00	100,00

Fuente. Elaboración propia a partir de análisis espacial en SIG.

Ontivero, M., Martínez Vega, J., González Cascón, V. y Echavarría, P. (2008): "Propuesta metodológica de zonificación ambiental en la Sierra de Altomira mediante Sistemas de Información Geográfica", *GeoFocus (Artículos)*, nº 8, p. 251-280, ISSN: 1578-5157

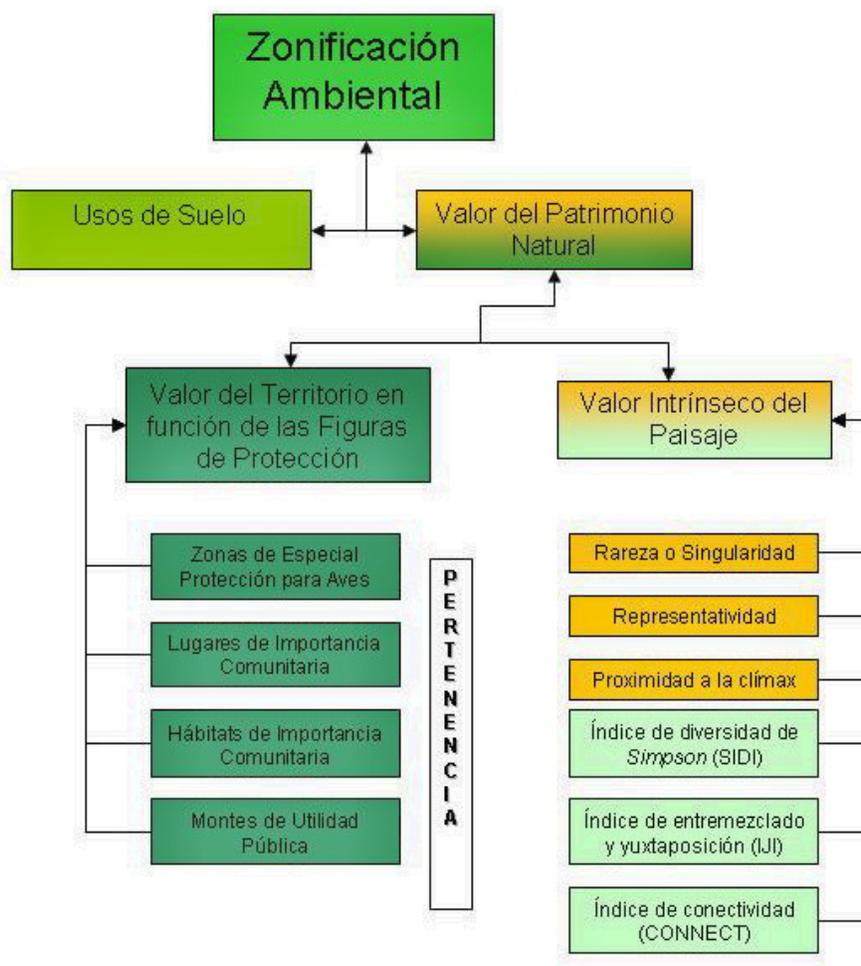


Figura 2. Esquema metodológico
Autores: JMV y MO

Ontivero, M., Martínez Vega, J., González Cascón, V. y Echavarría, P. (2008): "Propuesta metodológica de zonificación ambiental en la Sierra de Altomira mediante Sistemas de Información Geográfica", *GeoFocus (Artículos)*, nº 8, p. 251-280, ISSN: 1578-5157

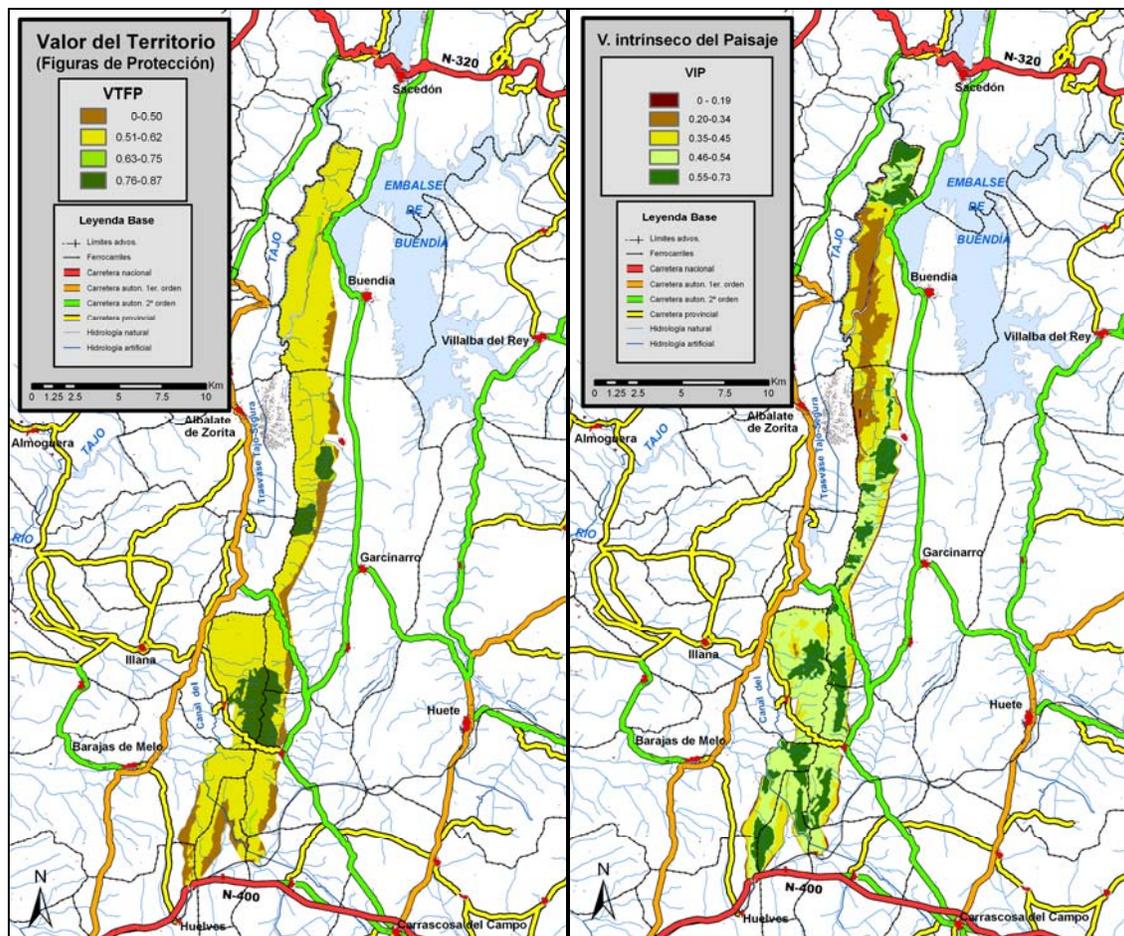


Figura 3. Modelos del Valor de Territorio en función de las Figuras de Protección (VTFP, izquierda) y del Valor Intrínseco del Paisaje (VIP, derecha) de la Sierra de Altomira
Autoras: PE, VGC y MO. Base cartográfica del Centro Geográfico del Ejército, simplificada.

Ontivero, M., Martínez Vega, J., González Cascón, V. y Echavarría, P. (2008): "Propuesta metodológica de zonificación ambiental en la Sierra de Altomira mediante Sistemas de Información Geográfica", *GeoFocus (Artículos)*, nº 8, p. 251-280, ISSN: 1578-5157

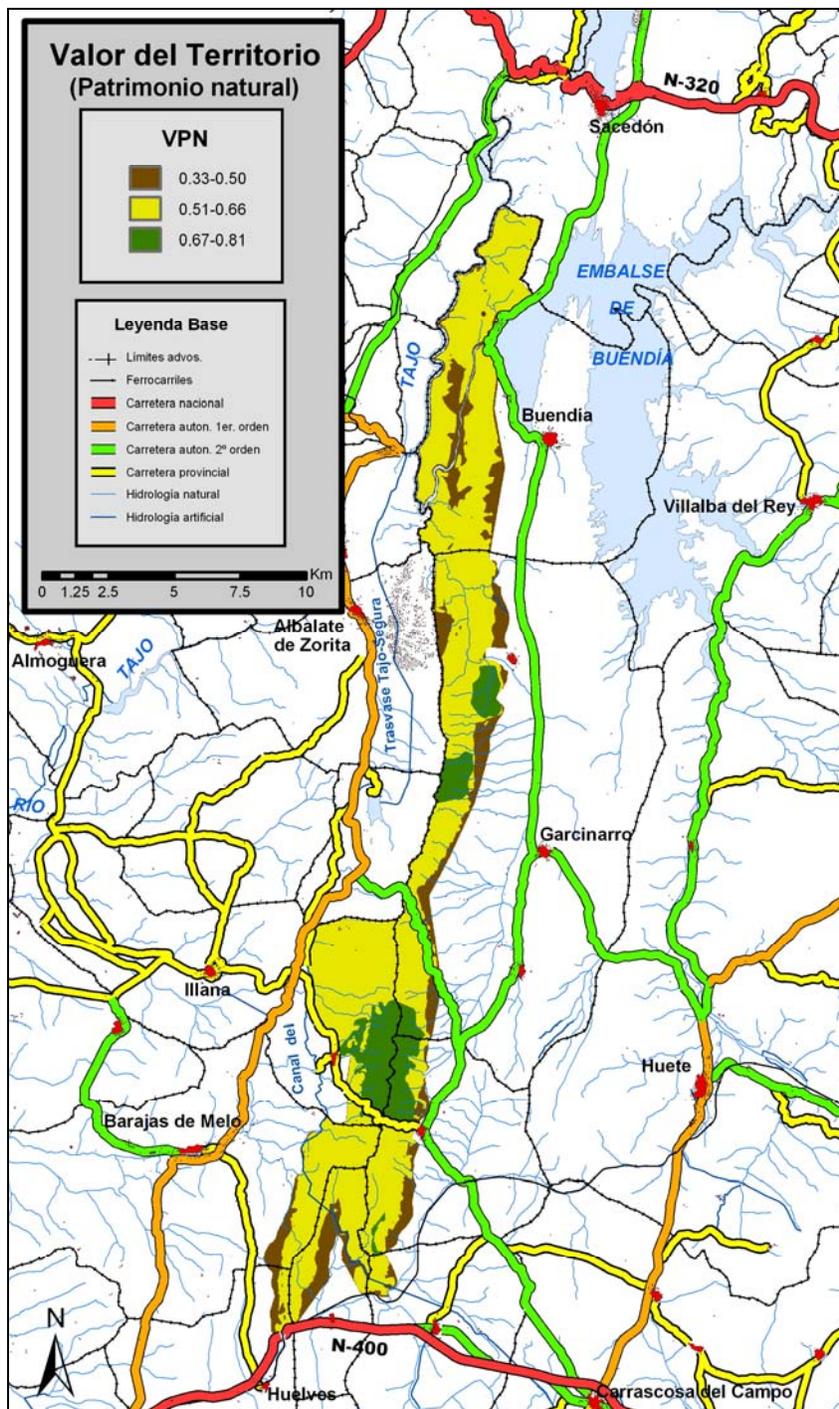


Figura 4. Modelo del Valor del Patrimonio Natural (VPN)

Autoras: PE, VGC y MO. Base cartográfica del Centro Geográfico del Ejército, simplificada.

Ontivero, M., Martínez Vega, J., González Cascón, V. y Echavarría, P. (2008): "Propuesta metodológica de zonificación ambiental en la Sierra de Altomira mediante Sistemas de Información Geográfica", *GeoFocus (Artículos)*, nº 8, p. 251-280, ISSN: 1578-5157

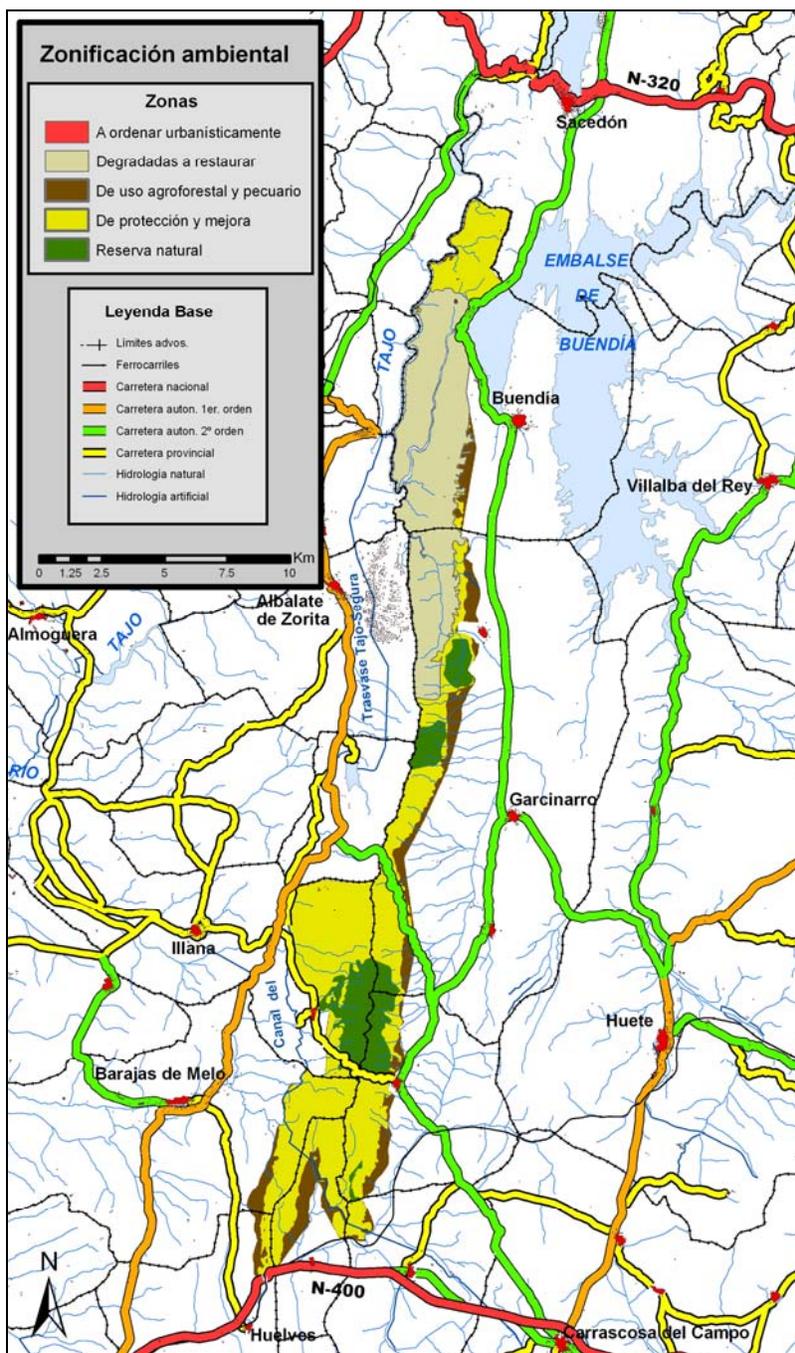


Figura 5. Propuesta de zonificación ambiental de la Sierra de Altomira
Autoras: PE, VGC y MO. Base cartográfica del Centro Geográfico del Ejército, simplificada.

Ontivero, M., Martínez Vega, J., González Cascón, V. y Echavarría, P. (2008): "Propuesta metodológica de zonificación ambiental en la Sierra de Altomira mediante Sistemas de Información Geográfica", *GeoFocus (Artículos)*, nº 8, p. 251-280, ISSN: 1578-5157

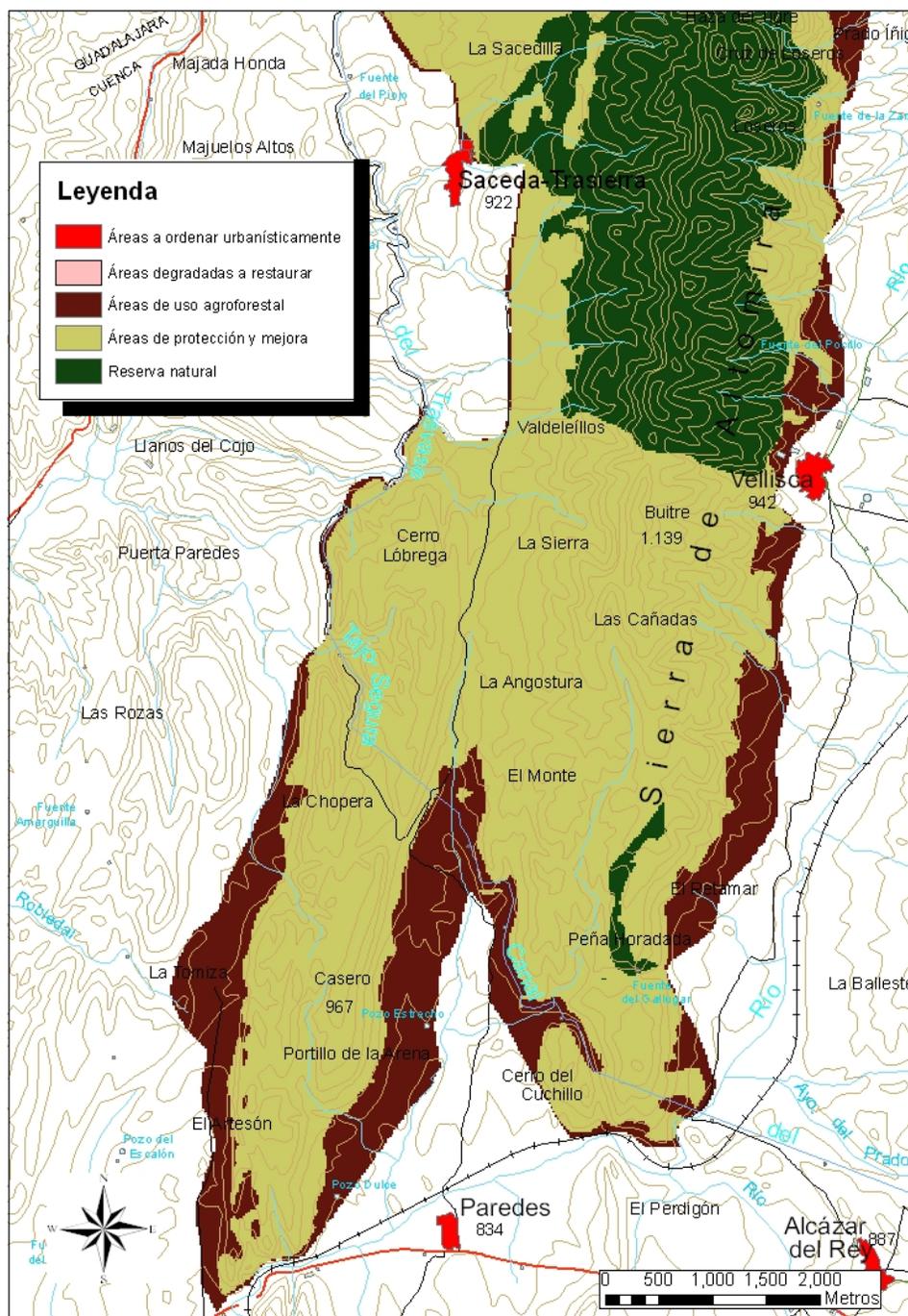


Figura 6. Detalle de la zonificación ambiental.

Autoras: VGC y MO. Base cartográfica del Centro Geográfico del Ejército, simplificada.

Ontivero, M., Martínez Vega, J., González Cascón, V. y Echavarría, P. (2008): "Propuesta metodológica de zonificación ambiental en la Sierra de Altomira mediante Sistemas de Información Geográfica", GeoFocus (Artículos), nº 8, p. 251-280, ISSN: 1578-5157

¹ Este artículo es una revisión y resumen del proyecto de fin de Máster en Tecnologías de Información Geográfica, realizado en el curso 2006-2007, por la primera autora, en la Universidad de Alcalá.

² Se ha consultado a los gestores de la Consejería de Medio Ambiente y Desarrollo Rural de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, a técnicos forestales y a agentes de SEPRONA.