

Propuesta metodológica para el análisis de la calidad visual del paisaje. El caso de la comarca de El Priorat¹

Y. Pérez¹, D. Azuara¹, E. Giralt¹, T.C. Márquez¹, R. Saladié¹, A. Vallina¹.

¹Departamento de Geografía, Universitat Rovira i Virgili. C/ Joanot Matorell 15, 43480 Vila-Seca (Tarragona).

myolanda.perez@urv.cat

RESUMEN: La Convención Europea del Paisaje, Florencia (2000), considera que el paisaje es “cualquier parte del territorio tal y como la percibe la población, cuyo carácter sea el resultado de la acción y la interacción de factores naturales y/o humanos”. No obstante, a esta definición se puede añadir la idea de que el paisaje es un elemento esencial del bienestar social, que acompaña a las personas en su vida cotidiana y un paisaje de buena calidad es necesario para el crecimiento sano e integral del ser humano. Pero no todos los paisajes son iguales, su percepción está sometida a la subjetividad del individuo y a su propia diversidad y calidad visual. Esta última dimensión, la de la calidad visual del paisaje, está condicionada por componentes como las formas del relieve, el agua, la vegetación, la estructura y los elementos artificiales introducidos por el hombre (tanto los de carácter positivo como los negativos). La participación de estos múltiples factores en la conformación de un paisaje, así como otros condicionantes como el campo visual, hace que la valoración de su calidad sea una tarea compleja. En este contexto, el método de Evaluación MultiCriterio (EMC) integrado en un Sistema de Información Geográfica se ha erigido en una herramienta de primer orden para el análisis de la calidad visual del paisaje que, en este trabajo, se aplica a la comarca catalana de El Priorat.

Palabras clave: Calidad Visual, Paisaje, Evaluación Multi-Criterio (EMC), Sistemas de Información Geográfica, Percepción.

1. INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS Y ÁREA DE ESTUDIO

El paisaje es un concepto integrador, que reúne en sí tanto procesos ambientales como sociales, económicos y/o culturales, que se pueden observar en un espacio y en un momento dado. También puede ser considerado como un recurso territorial, puesto que su configuración, composición, funcionamiento y dinámica, varían de un sitio a otro otorgándole particularidad y valor. Algunos autores lo definen como sinónimo de medio (Ruiz et al. 2006); no obstante, el estudio del paisaje casi siempre considera también al sujeto observador de dicho ambiente. De ahí que el Convenio Europeo del Paisaje (Consejo de Europa, 2000), lo defina como “una parte del territorio tal y como la percibe la población, cuyo carácter resulta de la acción de factores naturales y/o humanos y de las relaciones que se establecen entre ellos”.

En la realización de este proyecto se han tenido en cuenta dos aproximaciones a la hora de tratar el paisaje. La primera aproximación sería la de paisaje total, entendido como un conjunto de fenómenos naturales y culturales que hacen referencia a un territorio como una estructura ordenada, no reducible a la suma de las partes, y le dan su carácter intrínseco. La otra aproximación es la de paisaje visual, que hace referencia a lo que el observador es capaz de percibir en ese territorio; el paisaje como expresión espacial y visual del medio y, finalmente como realidad percibida, ya sea positiva o negativamente (Álvarez y Espluga, 1999; Martínez Vega et al., 2003).

¹ Esta investigación es una experiencia que deriva de la asignatura Sistemas de Información Geográfica y Teledetección aplicados a la planificación (2014-2015), del máster en planificación territorial: información, herramientas y métodos, de la Universidad Rovira i Virgili (URV) (http://www.ftg.urv.cat/ensenyaments/es_index.html). Asimismo, es una contribución al programa de Aprenentatge-Servei de la misma universidad y en colaboración con la asociación Prioritat (<http://prioritat.org/>) que promueve la candidatura de El Priorat como Paisaje Cultural Patrimonio de la Humanidad. Este trabajo se enmarca en el proyecto SAPTIUM-Los paisajes protegidos y construidos (CSO2014-52721-P) financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad.

En este trabajo se ha puesto el énfasis en la calidad visual del paisaje, entendida como “el grado de excelencia de éste, su mérito para no ser alterado o destruido o de otra manera, su mérito para que su esencia y su estructura actual se conserve” (Blanco, 1979 *cit. por* Solari y Cazorla, 2009). De ahí la importancia de evaluar el paisaje y su calidad visual para poder fijar de forma apropiada el establecimiento de determinados usos y actividades en un territorio, así como para garantizar su conservación en el tiempo, sobre todo cuando son paisajes de una gran singularidad. Bajo este enfoque, el objetivo planteado es evaluar los elementos característicos del entorno de la comarca de El Priorat para lograr un mapa de calidad visual de su paisaje, donde se vea representado dicho territorio según las áreas de mayor o menor calidad. Debido a la naturaleza y multiplicidad de los datos y los análisis necesarios, el abordaje metodológico se realizó empleando la Evaluación Multicriterio (EMC) con apoyo en Sistemas de Información Geográfica (SIG), en concreto, el *software* ArcGIS 10.1.

La comarca de El Priorat resulta de gran interés para un análisis como éste, puesto que se trata de un paisaje cultural agrario de montaña mediterránea, hasta ahora bien conservado, lo que le postula para la candidatura ante la UNESCO como Paisaje Cultural Patrimonio de la Humanidad.

El Priorat es una comarca ubicada al sur de Cataluña, perteneciente a la provincia de Tarragona y con una superficie de 498,6 km². Situada en la Sierra Prelitoral, limita con las comarcas de la Ribera d’Ebre, les Garrigues, la Conca de Barberà y el Baix Camp. Su relieve es muy accidentado, lo que le confiere belleza y heterogeneidad, con la Sierra del Montsant como elemento dominante, situada en el sector norte de la comarca. Se pueden distinguir cuatro regiones, una en la zona central formada de pizarras, donde se cultiva en abundancia la vid; la segunda en la zona del Montsant, donde el relieve es más complicado y los cultivos principales son el almendro y el olivo; una tercera región es el Baix Priorat, allí el relieve es más llano y los cultivos que se producen son vid y avellano; y, por último, la región noreste de la comarca, entre la Sierra del Montsant y las Montañas de Prades, con un relieve de grandes pliegues y donde los cultivos predominantes son la viña, los almendros y los olivos. En cuanto al paisaje de El Priorat, predomina el forestal, donde se ha mantenido la vegetación autóctona. También son importantes los mosaicos agroforestales, pero el más distintivo es su paisaje de cultivos de viña sobre terrazas de piedra seca. Sus valores culturales también son muy característicos, con sus núcleos urbanos tradicionales, que son un resguardo de la tradición y la vida rural, junto a las masías y las construcciones de piedra seca. Entre los elementos religiosos destaca la Cartuja de Escaladei, antiguo monasterio del siglo XII, y una variedad de ermitas de diferentes épocas.

2. LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO (EMC) EN LOS ESTUDIOS DE PAISAJE

En este apartado se analizarán, en primer lugar, conceptos y definiciones propios de la EMC y, en segundo lugar, se realizará una breve descripción de experiencias de aplicación de estas herramientas en la valoración del paisaje.

2.1. La EMC: conceptos y definiciones y su aplicación en la valoración del paisaje

La EMC se define como "un conjunto de técnicas orientadas a asistir a los procesos de toma de decisión, investigando un número de alternativas a la luz de los múltiples criterios y objetivos en conflicto" (Gómez y Barredo, 2005). La EMC selecciona aquella alternativa que "mejor" satisface las preferencias del que decide y descarta la posibilidad de alcanzar una solución óptima: la "mejor" alternativa está abierta a diversas interpretaciones más o menos racionales. La subjetividad forma parte de la decisión o resultado.

El primer paso de un proceso de EMC es definir los objetivos de la evaluación, estimando cada uno de ellos mediante la utilización de una serie de criterios o variables. Los criterios deben ser concebidos como elementos primarios del análisis y su combinación permite valorar analíticamente las diversas alternativas para cada uno de los objetivos (Santos, 1997).

Montoya et al. (2002) afirman que los "estudios de valoración del paisaje visual actualmente tienen un apoyo muy importante en el proceso de superposición de la información espacial y las técnicas de análisis multicriterio mediante la utilización de los Sistemas de Información Geográfica" como herramienta fundamental orientada a sintetizar gran número de variables, a proporcionar modelos y suministrar informes e instrumentos para el análisis y diagnóstico paisajístico (Martínez, et al. 2003).

La integración del análisis multicriterio en los SIG permite combinar y valorar simultáneamente los criterios (las bases para la toma de decisión) con sus factores (los aspectos que los hacen fuertes o los debilitan) a través del uso de sus atributos (las variables) dentro de unas determinadas reglas de decisión y

valoración (Barredo, 1996). La bondad del uso combinado de EMC y SIG para el análisis de distintos fenómenos geográficos, debido a su potencial para emular la toma de decisiones a la vez que para trabajar con volúmenes importantes de información geo-referenciada, aparece en múltiples trabajos. Así, Santos (1997) afirma que "la complejidad del medio natural, evidenciada por la intervención de múltiples variables de carácter interactivo, y en su respuesta a la acción humana, ha encontrado en la metodología de la EMC un modelo teórico de gran operatividad. El tratamiento masivo de información geográfica, implícito en un planteamiento de esta naturaleza, ha obligado a la utilización de los SIG, como herramienta informática capaz de organizar los datos de forma geo-referenciada y evaluar los resultados obtenidos, de manera eficaz en un tiempo record."

La EMC, según Santos y Cocero (2006), presenta una serie de conceptos que explican su composición y aplicación en este tipo de estudios o análisis.

El primer concepto es el de *objetivo*, se trata del hito, finalidad o propósito que se quiera conseguir con la actividad desarrollada. El contenido del objetivo varía con el campo temático en que esta actividad tiene lugar. Si se refiere al contexto medioambiental o territorial, el objetivo puede ser muy variado, desde la protección de un recurso natural de gran valor hasta la localización óptima de una actividad productiva.

Respecto al segundo concepto, denominado *alternativa*, éste hace referencia al conjunto de soluciones o caminos que satisfagan los objetivos planteados. La generación de alternativas o repertorio de posibles soluciones es una de las fases más importantes del proceso de evaluación y requiere un conocimiento profundo de la interacción que se produce entre las acciones y los elementos del medio afectado por las mismas. Los modelos de decisión espacial incorporan objetos o elementos geográficos como alternativas a considerar en el análisis.

Una vez definidos los objetivos y las alternativas de la evaluación, estas últimas deben ser estimadas y comparadas entre sí, mediante la utilización de una serie de criterios o variables. Estos *criterios*, tal y como se ha comentado anteriormente, deben ser concebidos como los elementos primarios del análisis; su combinación permite valorar las distintas alternativas para cada uno de los objetivos planteados. Así, estos criterios se pueden dividir en dos tipos:

- Factores: aumentan o disminuyen la valoración de una determinada alternativa como solución a un objetivo o problema.
- Criterios limitantes o restricciones: limitan la posibilidad de considerar alguna alternativa, ya que determinan qué alternativas son aceptables o válidas y cuáles de ellas no, como solución al problema.

2.2. La aplicación de la EMC en la valoración del paisaje

El uso combinado de los SIG y la EMC permite, por un lado, aprovechar el enorme potencial de la gestión, análisis espacial y modelado de datos relacionados con el paisaje que ofrecen los SIG y, por otro, la implementación de procedimientos eficientes dirigidos al análisis de las preferencias y las evaluaciones expresadas por los expertos y otras partes interesadas (Jankowski, 1995; Malczewski, 1999). Se pueden implementar diferentes procedimientos multicriterio en un entorno SIG pero, en particular, la combinación lineal ponderada (*WLC*, *Weighted Linear Combination*-) de las capas del mapa, con el apoyo de *AHP* (*Analytic Hierarchy Process*), es considerado el más directo y más frecuentemente empleado (Eastman et al., 1993; Malczewski, 2004).

En la actualidad, existen experiencias en las que se han realizado estudios de paisaje utilizando la EMC y los SIG, como es el caso del trabajo "Modelización del potencial de calidad paisajística" de Vizzari (2011). El objetivo específico de este estudio fue la validación de la metodología mediante la evaluación del potencial de calidad del paisaje en relación con los elementos físico-naturales, histórico-culturales y socio-simbólicos más importantes de la zona histórico-cultural en el territorio de Asís (Umbría, Italia) reconocida internacionalmente por su belleza paisajística. Los resultados demostraron que los gradientes espaciales de la calidad del paisaje se pueden modelar eficazmente mediante el uso combinado de los métodos de SIG y multicriterio. En el ámbito nacional se puede mencionar el estudio de Martínez Vega et al. (2003) que realiza una valoración del paisaje en la zona de especial protección de aves, carrizales y sotos de Aranjuez, en Madrid.

3. FUENTES

Las fuentes utilizadas para obtener las capas de los criterios que formarán parte del modelo de EMC de este caso de estudio han sido extraídas, en su mayor parte, del Departament de Territori i Sostenibilitat

(DTS) y del Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC). En la tabla 1 se detallan las características básicas de cada una de ellas aportando información como contenido, formato o escala.

Como base para la homogeneización de cada una de las capas de información se ha utilizado un mapa raster con el ámbito de la comarca de El Priorat, con una resolución espacial de 30 metros y una proyección-sistema geodésico de referencia UTM31N-ETRS89. Además del trabajo de homogeneización, ha habido una tarea previa de acondicionamiento de los mapas ajustando su extensión al área de estudio, creando mosaicos con las bases que estaban distribuidas en diversas hojas y rasterizando aquellas bases que se encontraban en formato vectorial.

Tabla 1. Fuentes utilizadas (elaboración propia).

<i>Descripción</i>	<i>Autor</i>	<i>Modelo</i>	<i>Formato</i>	<i>Escala / resolución</i>	<i>Proyección</i>
modelo digital de elevaciones (MDE)	DTS	Ráster	mmz	50 m	UTM31N-ED50
cubiertas del suelo	DTS	Ráster	mmz	10 m	UTM31N-ETRS89
usos del suelo	DTS	Ráster	mmz	30 m	UTM31N-ED50
red hidrográfica	DTS	Vectorial	mmz	1:50000	UTM31N-ED50
árboles y arboledas monumentales	DTS	Vectorial	mmz	1:50000	UTM31N-ETRS89
espacios naturales de protección especial	DTS	Vectorial	mmz	1:50000	UTM31N-ETRS89
espacios de interés natural (PEIN)	DTS	Vectorial	mmz	1:25000	UTM31N-ETRS89
espacios red Natura 2000	DTS	Vectorial	mmz	1:50000	UTM31N-ETRS89
geología de Cataluña	DTS	Vectorial	mmz	1:50000	UTM31N-ED50
hábitats de Cataluña	DTS	Vectorial	mmz	1:50000	UTM31N-ED50
carreteras principales	DTS	Vectorial	mmz	1:50000	UTM31N-ED50
carreteras secundarias	DTS	Vectorial	mmz	1:50000	UTM31N-ED50
ferrocarril	DTS	Vectorial	mmz	1:50000	UTM31N-ED50
límites comarcales	ICGC	Vectorial	Shp	1:25000	UTM31N-ED50
límites municipales	ICGC	Vectorial	shp	1:25000	UTM31N-ED50
unidades de paisaje de Tarragona	OP	Vectorial	shp	-	UTM31N-ED50

4. METODOLOGÍA

Tal como se ha comentado, para determinar el grado de calidad visual del paisaje de la comarca de El Priorat, la metodología aplicada será la de EMC. La selección de los criterios se ha adaptado de forma expresa a las características del ámbito de estudio y a la posibilidad de que éste se convierta en Paisaje Cultural Patrimonio de la Humanidad, dando, por ello mayor relevancia a aquellos criterios relacionados con el aspecto cultural del paisaje.

4.1. Selección de criterios

El primer paso en la implementación de esta metodología ha sido la selección de una serie de factores que determinan la calidad visual del paisaje. La selección de los criterios se realizó en varias fases. En primer lugar se efectuó una revisión bibliográfica con el objetivo de, por un lado, determinar qué aspectos son los más valorados de un paisaje y, por otro, qué criterios se habían utilizado en experiencias similares previas. En segundo lugar se realizaron varios debates en clase a partir de los cuales se realizó una primera lista extensa de criterios. En tercer lugar, se validó la propuesta inicial a partir de dos reuniones de trabajo: una con los técnicos del Parque Natural del Montsant y, la segunda, con diferentes miembros de la Asociación Prioritat.

La comarca de El Priorat es un territorio con una gran diversidad de paisajes, donde se mezclan elementos naturales y construcciones humanas, a veces de forma armónica y otras de forma algo caótica. La complejidad del mismo hace que, para la elección de los criterios que midan la calidad del paisaje de El

Priorat, sea necesaria una labor de reflexión y discusión entre los integrantes del grupo de trabajo junto con otros técnicos expertos en la temática y con un conocimiento profundo del territorio. Con el propósito de organizar los múltiples factores que participan en el modelo, se han definido tres grupos principales de criterios: calidad intrínseca, elementos antrópicos de incidencia paisajística positiva y elementos antrópicos de incidencia paisajística negativa, partiendo de trabajos realizados anteriormente sobre la evaluación de la calidad visual del paisaje, entre los que destaca el de Escribano y Frutos (1987). A continuación se presentan los tres grupos de criterios definidos:

- *Calidad intrínseca.* Calidad que deriva de las características que ofrecen los elementos endógenos del área de estudio. Factores naturales y culturales responsables del paisaje nativo de El Priorat, tan sólo perturbado por el paso del tiempo y los cultivos tradicionales.
- *Elementos antrópicos de incidencia paisajística positiva.* Corresponden a valores estéticos, religiosos e históricos incluidos en el catálogo del paisaje del Camp de Tarragona, los cuales aportan una percepción visual positiva.
- *Elementos antrópicos de incidencia paisajística negativa.* Corresponden a valores que modifican la calidad intrínseca del paisaje a partir de unas características visuales negativas, en el caso de que sean visibles. Se ha escogido como criterio clasificatorio la distancia a la cual son percibidos.

Estos tres grandes grupos de criterios permiten evaluar la calidad visual del paisaje de El Priorat sumando y restando, respectivamente, el grado de calidad visual de los elementos de incidencia positiva y el grado de calidad visual de los elementos de incidencia negativa a la calidad visual intrínseca del paisaje. En la Figura 1 se pueden consultar los factores que se han utilizado para medir la calidad visual del paisaje agrupados en diferentes categorías.

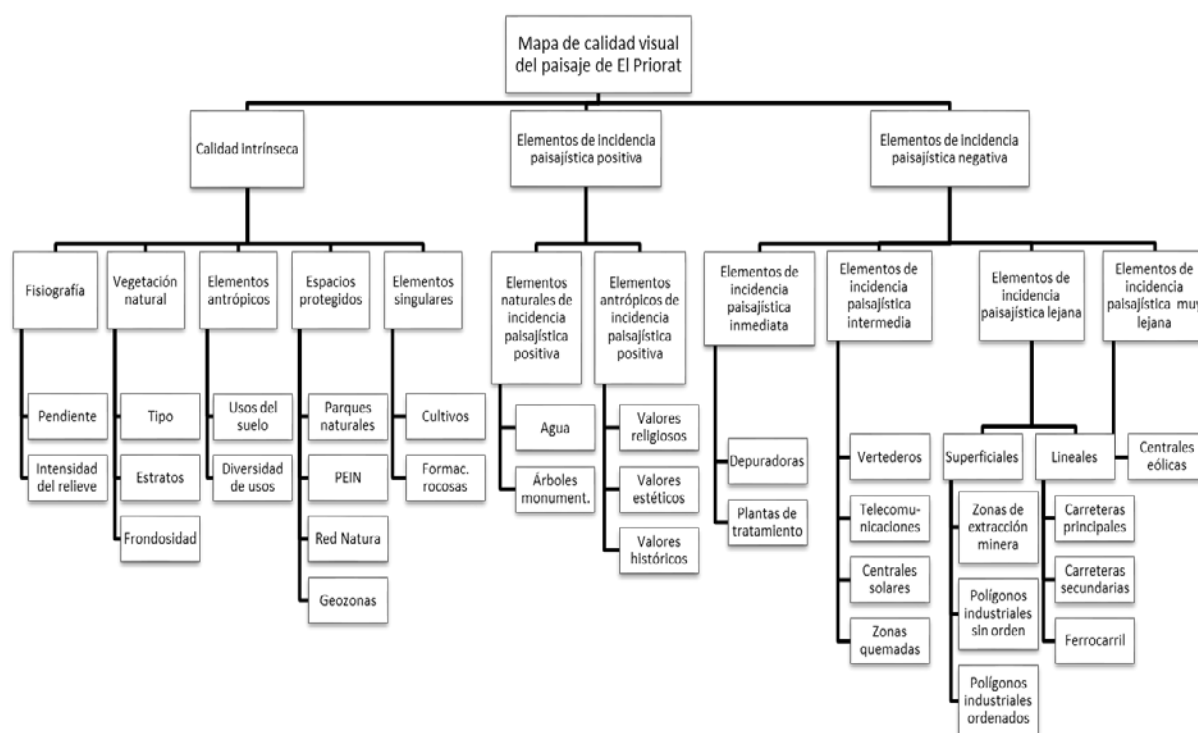


Figura 1. Modelo de criterios seleccionados (elaboración propia).

4.2. Normalización y valoración

Respecto a la normalización de los criterios y su valoración, se ha tratado de manera independiente cada uno de los elementos considerados. Para explicar el procedimiento se escoge como ejemplo los pasos aplicados para normalizar y valorar las capas que dan lugar a la valoración de la fisiografía, realizada a partir de la capa de pendientes e intensidad del relieve.

La fisiografía es uno de los aspectos que aporta una mayor distinción al paisaje, tal y como ha sido

considerado en trabajos como los de Ruiz et al. (2006) y Martín y Otero (2012). Generalmente este aspecto contempla la diversidad morfológica que, en este caso, es evaluada indirectamente a través de la pendiente y la intensidad del relieve. El mapa de pendientes se ha calculado a partir del MDE y, posteriormente, se ha realizado su reclasificación para reducir sus categorías a una misma escala de medida con el objetivo de que todos los factores sean comparables (escala de valores entre 1 y 10) (tabla 2). La asignación de valores se ha basado en la idea de que, a mayor pendiente, mayor calidad del paisaje. El concepto de intensidad del relieve se define como la diferencia media entre el punto más alto y el más bajo en una distancia específica del terreno (FAO, 2009). Para calcular esta capa se ha aplicado un filtro sobre una ventana móvil de 3x3 celdas calculando: una capa con el valor de mayor altitud de las 9 celdas, otra con el valor de menor altitud y, posteriormente, la resta entre ambas. Para estandarizar los valores se ha considerado que a mayor intensidad del relieve, mayor calidad del paisaje (tabla 3).

Tabla 2. Valores de normalización de la intensidad del relieve.

Desnivel del bloque	Valor de CV
0 m - 25 m	1
26 m - 50 m	2
51 m - 75 m	4
76 m - 100 m	6
101 m - 200 m	8
201 m - 300 m	9
301 m - 425 m	10

Tabla 3. Valores de normalización de las pendientes.

Tipo de pendiente	Pendiente %	Valor de CV
Plano	0,0 - 0,2	1
Nivel	0,21 - 0,5	2
Cercano a nivel	0,51 - 1,0	3
Muy ligeramente inclinado	1,1 - 2,0	4
Ligeramente inclinado	2,1 - 5,0	5
Inclinado	5,1 - 10,0	6
Fuertemente inclinado	10,1 - 15,0	7
Moderadamente escarpado	15,1 - 30,0	8
Escarpado	30,1 - 60,0	9
Muy Escarpado	> 60,0	10

4.3. Ponderación de los criterios

La ponderación de los criterios se define como el peso o importancia que se le atribuye a cada uno de los factores utilizados para el cálculo de la calidad visual del paisaje dentro del modelo diseñado para ello. Esta ponderación se ha llevado a cabo utilizando el método *Analytic Hierarchy Process (AHP)* o Método Analítico Jerárquico. Este método se caracteriza porque descompone y organiza el problema de forma visual en una estructura jerárquica. El método establece la importancia relativa de los elementos de cada jerarquía a partir de la matriz de comparación por pares de Saaty (1980). Esta matriz está compuesta por tantas columnas y filas como criterios componen el modelo, siempre introducidos en el mismo orden, lo que permite comparar cada factor con el resto. A cada par de variables se le asigna un valor de la escala entre 1/9 (extremadamente menos importante el primer criterio respecto al segundo) hasta 9 (extremadamente más importante el primer criterio respecto al segundo) (tabla 4). El cálculo de los pesos se obtiene de la suma de los valores de cada columna de la matriz. Después se divide cada elemento por el total calculado para su columna, obteniendo así la matriz de normalidad, y se calcula el promedio de los elementos de cada fila de esa matriz normalizada. Los valores medios son los pesos asignados a cada criterio.

En la tabla 5 se muestra el procedimiento llevado a cabo para obtener los pesos de los criterios que conforman la calidad intrínseca del paisaje. En la primera matriz se asignan los valores a cada par de variables que la componen. Por ejemplo, la fisiografía es fuertemente más importante que la vegetación natural de modo que su valor es de 7. Dado que las comparaciones son recíprocas, la vegetación natural será fuertemente menos importante que la fisiografía (1/7). En la segunda matriz se han calculado los valores de las fracciones y éstos se han sumado columna a columna. La tercera matriz es la matriz normalizada a suma 1, donde cada valor de una columna se divide por la suma de los valores de esa misma columna. Posteriormente se desarrolla el vector de prioridad de cada criterio calculando el promedio de cada fila de la matriz normalizada. Como resultado de este proceso se obtiene el peso de cada criterio.

Para facilitar las operaciones a realizar se ha utilizado la herramienta *Model Builder* de ArcMap. En la figura 2 se puede observar cómo se organizan los diferentes factores y los pesos que se han asignado a cada una de las agrupaciones.

Tabla 4. Escala de medidas para cuantificar las comparaciones entre factores.

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
extrema <i>menos importante</i>	fuerte	moderada	igual	moderada	fuerte	extrema <i>más importante</i>		

Tabla 5: Pesos de la calidad intrínseca calculados mediante la matriz de Saaty.

	<i>Fisiografía</i>	<i>Vegetación natural</i>	<i>Elementos antrópicos</i>	<i>Espacios protegidos</i>	<i>Elementos singulares</i>
<i>Fisiografía</i>	1	7	9	8	1
<i>Vegetación natural</i>	1/7	1	6	1/3	1/7
<i>Elementos antrópicos</i>	1/9	1/6	1	1/2	1/9
<i>Espacios protegidos</i>	1/8	3	2	1	1/3
<i>Elementos singulares</i>	1	7	9	3	1

	<i>Fisiografía</i>	<i>Vegetación natural</i>	<i>Elementos antrópicos</i>	<i>Espacios protegidos</i>	<i>Elementos singulares</i>
<i>Fisiografía</i>	1,00	7,00	9,00	8,00	1,00
<i>Vegetación natural</i>	0,14	1,00	6,00	0,33	0,14
<i>Elementos antrópicos</i>	0,11	0,17	1,00	0,50	0,11
<i>Espacios protegidos</i>	0,13	3,00	2	1,00	0,33
<i>Elementos singulares</i>	1,00	7,00	9	3,00	1,00
	2,38	18,17	27,00	12,83	2,59

	<i>Fisiografía</i>	<i>Vegetación natural</i>	<i>Elementos antrópicos</i>	<i>Espacios protegidos</i>	<i>Elementos singulares</i>	<i>Peso (%)</i>
<i>Fisiografía</i>	0,42	0,39	0,33	0,62	0,39	35
<i>Vegetación natural</i>	0,06	0,06	0,22	0,03	0,06	10
<i>Elementos antrópicos</i>	0,05	0,01	0,04	0,04	0,04	5
<i>Espacios protegidos</i>	0,05	0,17	0,07	0,08	0,13	15
<i>Elementos singulares</i>	0,42	0,39	0,33	0,23	0,39	35
	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	100,00

4.4. Algoritmo de EMC

Una vez normalizados los factores y calculados los pesos, se pasa a la integración de las capas a partir de la aplicación de un algoritmo de EMC. Entre los métodos de EMC aparecen las técnicas no compensatorias, las borrosas y las compensatorias. Las primeras suponen que los valores bajos de los criterios de las diferentes capas no pueden ser compensados entre sí; las técnicas borrosas tratan de procesar información borrosa e imprecisa y parten de la idea de que el mundo no está formado por partículas elementales indivisibles y discretas, sino que es un continuo con propiedades diferenciadas en diversas localizaciones; las últimas, las compensatorias, se basan en el precepto de que un valor alto de una alternativa en un factor puede compensar un valor bajo de la misma alternativa en otro factor. Entre ellas aparece la Sumatoria Lineal Ponderada, la utilizada en este trabajo (Gómez y Barredo, 2005).

La fórmula de la Sumatoria Lineal Ponderada es:

$$r_i = \sum_{j=1}^n w_j v_{ij} \quad (1)$$

Donde r es el nivel de adecuación de la alternativa, w es el peso del criterio y v es el valor normalizado del factor. Cabe añadir que n es el número total de criterios utilizados en la superposición ponderada que acaba ofreciendo el mapa final.

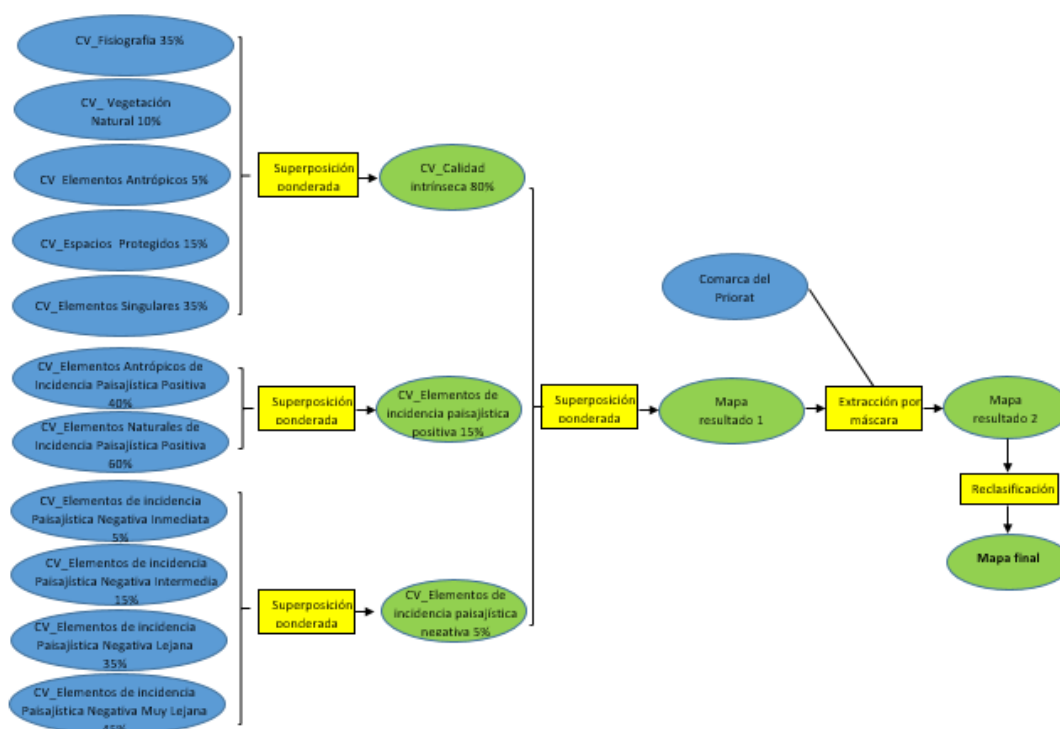


Figura 2. Model Builder del proceso de generación del mapa final de calidad visual.

5. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En la figura 3 se puede observar el mapa de la calidad visual del paisaje de la comarca de El Priorat, en Tarragona, resultado de aplicar el procedimiento explicado en este trabajo. Tal y como se puede observar, la calidad visual del paisaje se divide en cuatro categorías. La mayor parte de la comarca, hasta el 58,0% del territorio, tiene una valoración alta de calidad visual del paisaje. El 37,1 % corresponde a moderada, mientras que las valoraciones muy alta y baja suponen el 3,0 y 1,9%, respectivamente.

Si se relacionan estas valoraciones con las características propias de cada zona es posible afirmar que las valoraciones de calidad visual máxima, un total de 16 km², se sitúa en las zonas con mayor intensidad del relieve, las pendientes más acusadas, mayor cantidad de vegetación natural y, a la vez, una menor presencia de elementos antrópicos. Además, aparecen ubicadas en el entorno del Parque Natural de la Sierra del Montsant, así como en otros espacios protegidos dentro de los Planes de Espacios de Interés Natural (PEIN). Por el contrario, las zonas de calidad baja, con un total de 9,5 km², se encuentran en el sur de la comarca, cerca de la capital (Falset), y coincide con relieves planos y con la concentración de elementos antrópicos de incidencia paisajística negativa, sobre todo en relación a la presencia de las vías de comunicación más importantes.

Como consideraciones a la metodología aquí planteada cabe mencionar que es posible mejorarla haciendo un tratamiento más personalizado de los factores que explican la incidencia paisajística negativa. Ello supondría un incremento importante de la carga de trabajo puesto que habría que agruparlos en función de las afinidades derivadas de sus características, en vez de la distancia de influencia. Otra de las cuestiones que se podrían mejorar es la simplificación del modelo, de modo que se reduzca el número de factores que lo componen. En este sentido el análisis posterior de sensibilidad ayudará a ello. A pesar de todo ello, y como valoración general, es posible decir que las técnicas aquí presentadas son un soporte de gran importancia a la hora de valorar el paisaje.

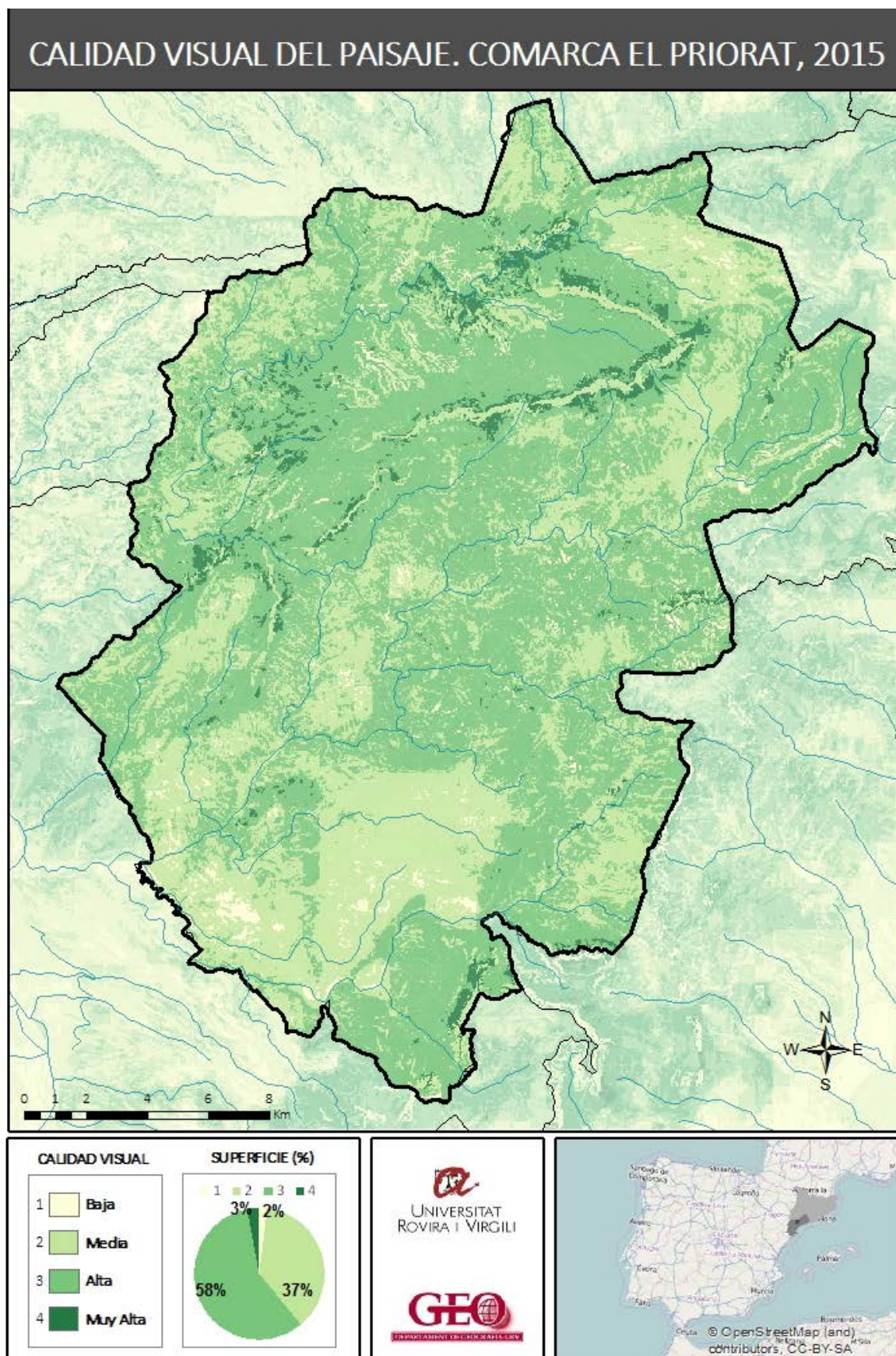


Figura 3: Mapa de calidad visual del paisaje de El Priorat, Tarragona (elaboración propia).

6. BIBLIOGRAFIA

- Álvarez, M. y Espluga, A. (1999): "Introducción al paisaje". En Otero, I. (Ed.): Paisaje, Teledetección y SIG. Conceptos y aplicaciones. Madrid, Fundación Conde del Valle de Salazar, 1-33.
- Barredo, J.I. (1996): Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio en la ordenación del territorio. Madrid, Ra-Ma.
- Consejo de Europa (2000): Conveni Europeu del Paisatge. Colección documents, 9. Barcelona, Generalitat de Catalunya.
- Escribano, M.M. y Frutos, M. (1987): El Paisaje. Madrid, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.
- Eastman, J. R., Kyem, P. A., Toledano, J. y Jin, W. (1993): Gis and Decision Making. Ginebra, United Nations Institute for Training and Research (UNITAR).
- FAO (2009): Guía para la descripción de suelos, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) 2009. <http://es.scribd.com/doc/20886047/19/Clasificacion-de-las-formas-de-las-pendientes>
- Gómez, M. y Barredo, J. (2005): Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio. Madrid, Ra-Ma Editorial.
- Jankowski, P. (1995): Integrating Geographical Information Systems and Multiple Criteria Decision Making Methods. *International Journal of Geographic Information Science*, 9, 251-273.
- Malczewski, J. (1999): GIS and Multicriteria Decision Analysis. New York, John Wiley & Sons, Inc.
- Malczewski, J. (2004): GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview. *Progress in Planning*, 62, 3-65.
- Montoya, R., Vía, M., Serrano, G. y García, J. C. (2002): "SIG, paisaje y visibilidad en la comarca Nordeste de Segovia". En X Congreso de Métodos Cuantitativos, SIG y Teledetección. Valladolid, Universidad de Valladolid-Asociación de Geógrafos Españoles.
- Martín, B. y Otero, I. (2012): "Mapping the Visual Landscape Quality in Europe Using Physical Attributes". *Journal of Maps*, Vol. 8, No. 1, Marzo 2012, 56-61.
- Martínez Vega, J., Martín M. P. y Romero, R. (2003): "Valoración del paisaje en la zona de especial protección de aves carrizales y sotos de Aranjuez (Comunidad de Madrid)". *GeoFocus*, 3, 1-21.
- Ruiz, M., Pascual, C., Velarde, M.D. Martínez, P., Cruz, F. y Flores, P. (2006): "Valoración cuantitativa de la calidad visual del paisaje agro-forestal mediante herramientas SIG". En XII Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica. El acceso a la información espacial y las nuevas tecnologías geográficas, Granada, 1223-1231. (http://age-tig.es/docs/XII_2/090%20-%20Ruiz%20Sanchez%20et%20al.pdf)
- Saaty, T.L. (1980): *The Analytic Hierarchy Process*. New York, McGraw Hill.
- Santos, J. M. (1997): "El planteamiento teórico multiobjetivo/multicriterio y su aplicación a la resolución de problemas medioambientales y territoriales, mediante los S.I.G. Raster". *Espacio, Tiempo y Forma, Serie VI, Geografía*, t. 10, 129-151.
- Santos, J. M., y Cocero, D. (2006): *Los SIG raster en el campo medioambiental y territorial: ejercicios prácticos con IDRISI y MiraMon*. Madrid, UNED.
- Solari, F. y Cazorla, L. (2009): "Valoración de la calidad y fragilidad visual del paisaje". *Cuadernos del Centro de Estudios de Diseño y Comunicación*, 30, 213-225.
- Vizzari, M. (2011): "Spatial modelling of potential landscape quality". *Applied Geography* 31, 108 -118.