

Valoración de la fragilidad visual del paisaje del Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama mediante evaluación indirecta por componentes

Vallina Rodríguez, Alejandro¹

¹ Departamento de Geografía /
Facultad Filosofía y Letras / Univer-
sidad Autónoma de Madrid
Calle Fco. Tomás y Valiente nº 1,
CP 28049- Madrid/ Comunidad de
Madrid/ España
alejandro.vallina@predoc.uam.es

RESUMEN

El paisaje, como espacio geográfico originado tras la conjunción de rasgos tanto naturales como antrópicos, lleva aparejada una inherente relación entre los seres humanos y el medio ambiente sustentada en la percepción cognitiva del espacio a través de la vista, por lo que su estudio deberá contextualizarse dentro de un grado de subjetividad relativo. Bajo este hilo argumental el paisaje visual se ha abordado tradicionalmente desde dos concepciones complementarias, la calidad y la fragilidad visual, ambos condicionados por los componentes naturales del paisaje y los elementos antrópicos exógenos que pueden inducir connotaciones positivas y negativas. La multiplicidad de componentes del paisaje, unido a la confluencia de otros condicionantes como el campo visual, hace que la valoración de su fragilidad, entendida como el perjuicio que sufriría un determinado paisaje ante la ocurrencia de cambios o actuaciones en él, sea una tarea compleja para la que el uso combinado de las metodologías de Evaluación MultiCriterio (EMC) y los SIG se ha erigido en herramienta básica del análisis de la fragilidad visual del paisaje. La investigación que aquí se presenta nace con la intención de valorar cualitativa y sistemáticamente el paisaje del Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama a través de un método indirecto de evaluación por componentes mediante la conjunción de la EMC y los SIG. El ejercicio de traducción e interpretación técnica de los diversos factores que configuran este paisaje finalizará con la consecución de una cartografía global del ámbito, que muestre detalladamente los valores de fragilidad visual de forma territorializada.

Palabras clave: Paisaje, SIG, EMC, fragilidad visual, apreciación.

ABSTRACT

The landscape, as a geographical space originated after the conjunction of both natural and anthropic traits, has an inherent relation between human beings and the environment based on the cognitive perception of space through sight, so that their study must contextualize within a relative degree of subjectivity. Under this plot line the visual landscape has traditionally been approached from the complementary conceptions, the quality and the visual fragility, both conditioned by the natural components of the landscape and the anthropic elements that can induce positive and negative connotations. The multiplicity of components of the landscape, together with the confluence of other conditions

such as the visual field, makes the assessment of its fragility, understood as the damage suffered by a given landscape before the occurrence of changes or actions in it, the sea one Complex task For the combined use of MultiCriteria (EMC) assessment methodologies and GIS, it has been established as the basic tool for the analysis of landscape visual fragility. The research presented here intends to qualitatively and systematically evaluate the landscape of the Sierra de Guadarrama National Park through an indirect method of component evaluation through the conjunction of the EMC and the GIS. The translation and technical interpretation of the various factors that shape this landscape ends with the achievement of a global cartography of the field, which show in detail the values of visual fragility in a territorialized way.

Keywords: Landscape, GIS, MCE, Visual Fragility, Appreciation.

I. INTRODUCCIÓN

El creciente interés que el paisaje ha adquirido en las últimas décadas se ha plasmado, de forma casi inevitable, en una producción científico-técnica muy extensa, que en la siguiente comunicación pone el acento en los renovadores enfoques interdisciplinarios sobre el paisaje desde una aplicación puramente práctica, integrando en la labor del paisajista el intercambio constante de métodos e ideas (Antrop, 2005), emanao todo ello de las corrientes emergentes en las ciencias que tradicionalmente se ocuparon del paisaje, tales como la ecología y la geografía. De este modo el paisaje ya no es visto y tratado como una combinación de ciencias, si no que se sitúa por encima de éstas para trocar en una forma universal de observar el medio. Es por ello que desde este trabajo el paisaje ha adoptado la concepción de paisaje realizada por (Cancer, 1994), que lo define como un conjunto de hechos visibles o invisibles, de los que el observador percibe, en un momento dado, un resultado global de un territorio. Es en este punto, donde el paisaje pasa a interpretarse desde el punto de vista perceptual, y por ello la presente investigación se inclina hacia una evaluación del grado de identificación de las personas con determinados paisajes y, derivado de ello, hacia una cuantificación de la fragilidad visual y estética de los mismos.

De este modo el paisaje ha ido percolando en el imaginario de las sociedades modernas como un bien territorial con entidad propia se ha de considerar el recurso desde el punto de vista de sus dos criterios inherentes: la capacidad del territorio que ocupa, su información ambiental; y el impacto que en la calidad ambiental tiene el uso del territorio, sus características visuales (Ormaetxea, 1997). En este viraje de la acepción del paisaje que aquí se trae a colación resulta tremendamente interesante el progresivo e imparable empoderamiento de la sociedad en las decisiones respecto a su entorno de vida, tanto privado como público. Indudablemente detrás de este proceso de toma de decisiones abierto se encuentra la relación entre el desarrollo de la sociedad moderna y su preocupación por la calidad ambiental, de forma que "las sociedades que perciben con mayor claridad el recurso paisaje dejan de residir o visitar zonas paisajísticamente degradadas" (Mérida, 1996). Dos son los componentes a los que se recurrirá generalmente en la determinación del valor global de calidad paisajística: la calidad visual y la fragilidad visual. Pudiendo ser ambas evaluadas mediante metodologías directas o indirectas. La presente investigación únicamente considerará una de las patas de la evaluación paisajística, la relacionada con la fragilidad. Asumiendo la tesis de que todo paisaje posee una serie de cualidades intrínsecas y extrínsecas residentes en sus elementos bióticos y abióticos, se puede afirmar que estos deberán ser advertidos por cada uno de los distintos observadores del territorio, esto es, el paisaje visual (y por ende su fragilidad) se valora de forma diferente según cada observador. En este sentido la valoración de la fragilidad visual de un determina-

do ámbito ha adquirido en las últimas décadas un papel trascendental de complementariedad en el estudio de los territorios, al aportar el papel de modulador de la calidad a partir de la predicción del impacto de las modificaciones planteadas sobre el carácter del paisaje analizado. Al igual que ocurre con el concepto de calidad visual, la fragilidad visual está sometida a una enorme diversidad de criterios y definiciones, aunque la bibliografía sobre la materia muestra un elevado consenso científico en torno al concepto de fragilidad visual del paisaje entendida como "la respuesta al cambio de sus propiedades paisajísticas o la susceptibilidad de un paisaje al cambio cuando se desarrolla un uso sobre él" (Cifuentes, 1979).

Ambas definiciones presentadas parecen indicar un sentido convergente en señalar que la fragilidad visual no es sino un método para valorar el perjuicio que sufriría un determinado ambiente (o paisaje) ante la ocurrencia de cambios o actuaciones en su seno.

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 10.2. La Evaluación Multicriterio (EMC) se ha convertido en las últimas décadas en unos de los procedimientos más utilizados (Galiana y Vallés, 2007). Las técnicas EMC han sido definidas 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 que influyen en la evaluación del valor de la fragilidad paisajística, así como los aspectos ambientales de mayor relevancia espacial y las actividades humanas que afectan de un modo u otro a la visión global (Valpreda, 2007).

Las alternativas adoptadas en el proceso de toma de decisiones se configuran como las más idóneas para el decisor y el objetivo, lo cual no está exento de un grado mayor o menor de subjetividad, la cual entra a formar parte del resultado. Las técnicas EMC, y más concretamente el uso del denominado Modelo analítico Jerárquico (AHP) ha sido de utilidad en este proyecto para descomponer las relaciones complejas de los componentes del paisaje, ordenándolos en una estructura jerárquica donde se obtienen valores numéricos válidos para la valoración de la calidad visual (Santos, 1997).

Por otra parte, 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. 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 (Santos y Cocero, 2006). Del mismo modo debe considerarse que dentro de las técnicas de Evaluación Multicriterio son diversas las combinaciones de procedimientos que pueden usarse, aunque en el caso concreto de la evaluación de los componentes del paisaje se ha estimado (Malczewski, 2004) la fusión de la llamada combinación lineal ponderada (WLC, Weighted Linear Combination) de las capas del territorio y la AHP (Analytic Hierarchy Process) como el modelo más adecuado y directo para la consecución de un modelo de gestión de la calidad visual (Pérez et al, 2015)

Esta modelización de la realidad paisajística del espacio y la cuantificación de sus características para los fines más variados en la gestión global del medio lleva desarrollándose de forma profunda más de dos décadas, por lo que se han tomado como referencia algunas investigaciones en las que se han realizado estudios de paisaje utilizando la EMC y los SIG, tales como los de (Orán et al., 2010) "Una propuesta complementaria de análisis de sensibilidad de un modelo basado en técnicas SIG y evaluación multicriterio" sobre la modelización del crecimiento urbano y la localización óptima de zonas residenciales, comerciales e industriales en la Comunidad de Madrid. Por último, se tomó como referencia el trabajo "Un Modelo de Aplicación de SIG y Evaluación Multicriterio, al Análisis de las Capacidad del Territorio en Relación a Funciones Turísticas" (Ocaña y Galacho, 2002), donde se desarrollaba un modelo evaluación multicriterio de la capacidad del territorio con relación a diversas funciones turísticas y enfocada a la planificación del territorio.

OBJETIVOS

El objetivo fundamental de la investigación que aquí se presenta pasa por la consideración del paisaje desde el punto de vista exclusivamente visual, centrándose en los aspectos derivados de la percepción para concretar una valoración de la fragilidad visual del paisaje de una de las zonas más emblemáticas de la geografía del interior de la meseta Ibérica. Dicha valoración se elaboró a partir de la descomposición del paisaje según sus elementos visuales principales para la generación de un método independiente de los usuarios del paisaje, en el que la valoración de la fragilidad visual del paisaje se realizó de forma directa por expertos, por lo que la subjetividad queda implícita y puede controlarse mediante un criterio uniforme, y la evaluación emana de la contemplación del paisaje. La disgregación del paisaje en componentes persigue la elaboración de una imagen completa de los valores tanto naturales como culturales (Fuente de Val, 2004) contenidos en el paisaje propio del Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama (España) y su ámbito de influencia más próximo. Esta selección de componentes o factores visuales del paisaje será la base de la generación del método que aquí se propone.

ÁREA DE ESTUDIO

Por otro lado, es necesario comprender que el área de trabajo, El Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama (Comunidad Autónoma de Madrid, España) y su zona de influencia más inmediata, se ha seleccionado por la presencia y calidad de sus valores naturales y socioculturales, ya que todo él es parte de la división natural entre las mesetas norte y sur en la zona centro de la Península Ibérica, convirtiéndose así en paso casi obligado entre las dos Castillas. Situada entre las sierras de Gredos y de Ayllón, este cordal se extiende como una sucesión de muros continuos de roquedos viejos en dirección suroeste-noreste por las provincias de Madrid, Segovia y Ávila, creando así un paisaje de enorme valor debido a la unión de

sus altas cumbres, sus aristas torreadas, sus circos y lagunas de origen glaciar, los amplios valles y laderas que los dominan y sus extensas arboledas y gargantas. A pesar de lo variado de sus elementos la Sierra de Guadarrama puede considerarse como una unidad homogénea desde el punto de vista orográfico, un cuerpo simple que se ha modelado a lo largo de milenios con una faceta natural y otra marcadamente humana, lo que ha imprimido en su fisonomía un fondo cultural perfectamente identificable a lo largo y ancho de sus valles, ríos y montañas. Su condición de frontera natural y estratégica ha hecho que, desde tiempos inmemoriales, sus habitantes trazaran distintas rutas para controlarla y franquearla.

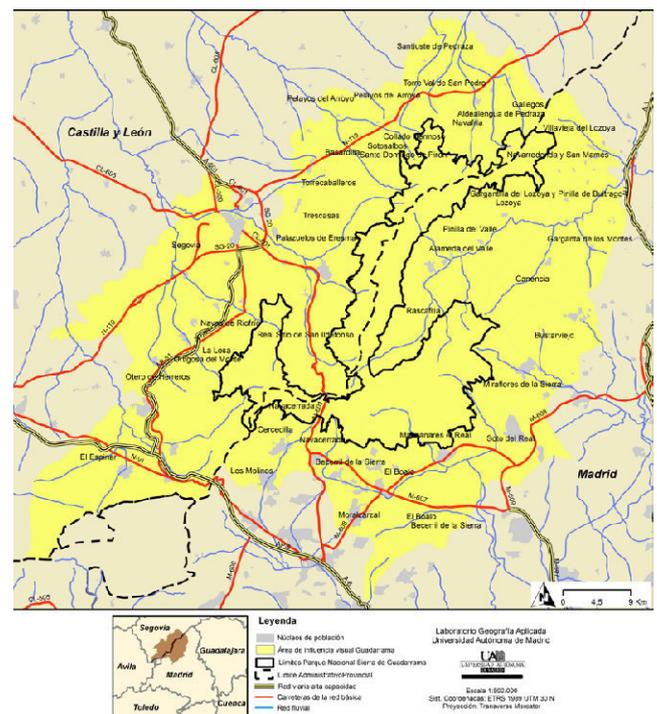


Figura 1. Mapa de situación del ámbito de estudio

Actualmente la Sierra de Guadarrama está atravesada por numerosos puertos de montaña, algunos de ellos con una altura superior a los 1.800 metros. Este hecho, unido a la proximidad de la ciudad de Madrid, hace que estas montañas tengan y hayan tenido una gran afluencia de montañeros y turistas, suponiendo una pérdida neta de valores del grandioso patrimonio natural, que por otra parte no ha hecho más que atraer a un creciente público desde la década de 1870, momento en el cual el paisaje se configura como el principio de mayor influencia para la toma de decisiones relacionadas con los usos y funciones históricas y actuales de la Sierra del Guadarrama (figura 1).

FUENTES

La presente investigación está fundamentada en el análisis perceptivo de los elementos del paisaje, para cuyo ajuste se ha procedido a trabajar previamente con información geolocalizada de tipo digital. En la conformación del modelo de decisión EMC han tenido una importancia capital las capas de criterios señaladas en la tabla I, donde se aporta información relativa tanto a sus características esenciales, el modelo de datos trabajado y la escala a la que se encuentra referenciada la información. Las capas, de libre acceso en las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDES), han sido descargadas del Instituto Geográfico Nacional (IGN) y el Ministerio de Agricul-

tura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (Magrama). La normalización de cada una de la información contenida en las capas referidas se ha elaborado de acuerdo a la referencia de la máscara de límites municipales, de resolución 1:25.000 y proyección en sistema geodésico UTM30N-ETRS89.

TABLA I
FUENTES DE DATOS UTILIZADAS

ELEMENTO	AUTOR	FORMATO	ESCALA/RESOL.	PROYECCIÓN
Lim. municipal	IGN	Vectorial/SHP	1:25000	UTM30N-ETRS89
Base cartog.	IGN/BTN100	Vectorial/SHP	1:100000	UTM29N-ETRS89
Modelo digital elevación	IGN/MTN25	Ráster/ASCII	25 m	UTM30N-ETRS89
Base ocupación del suelo	IGN/CLC12	Ráster/MMZ	1:100000	UTM30N-ETRS89
Mapa forestal español	MA-GRAMA MFES0	Ráster/SHP	1:50000	UTM30-ETRS89
Espacios naturales protegidos	MA-GRAMA	Vectorial/SHP	1:25000	UTM30-ETRS89

II. MÉTODO

La Fragilidad Visual del paisaje del Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama y el ámbito territorial de su entorno más inmediato se determinará, tal y como ya se ha comentado en los apartados anteriores, según una valoración directa del medio. En el proceso de valoración, que parte de la identificación de los elementos constituyentes del medio, se ha utilizado la metodología EMC para adaptar las decisiones procedimentales a las características del ámbito de estudio, otorgando para ello semejanza a los criterios paisajísticos naturales y a los de origen antrópico.

DETERMINACIÓN DE LOS COMPONENTES

El estudio de la fragilidad visual del paisaje es, de forma indiscutible, una valoración del medio en la actualidad partiendo de la selección de los elementos o componentes que lo integran. En la determinación de estos componentes llevada a cabo en esta investigación ha influido prioritariamente el conocimiento previo del ámbito de estudio a través de trabajos de campo, así como una lectura sobre los modelos y metodologías de investigación sobre la fragilidad del paisaje para comprender qué clase de componentes y criterios se habían utilizado en investigaciones previas. Con todas estas premisas se elaboraron una serie de modelos o esquemas de valoración jerárquicos, de cuyo desarrollo emanó un modelo final en el que cada nodo de la red corresponde a un componente de valoración del medio. Este modelo, capaz de organizar con detalle los componentes que integran la realidad paisajística del entorno, se ha elaborado entorno a dos grupos principales de criterios: fragilidad visual intrínseca del paisaje y fragilidad visual extrínseca, partiendo de trabajos realizados anteriormente sobre la evaluación de la fragilidad visual del paisaje. Los dos grupos de criterios propuestos presentan las siguientes características:

- Fragilidad visual intrínseca: Fragilidad que deriva de las características inherentes del paisaje, es decir, las propiedades constitutivas del medio, tales como sus cualidades fisiográficas o los usos del suelo.
- Fragilidad visual adquirida: Aquella fragilidad que no depende exclusivamente de los valores innatos del territorio, si no que estará determinada por los observadores en fun-

ción de elementos antrópicos fijos del ámbito, las figuras de protección existentes y la accesibilidad del mismo.

A través de estos dos grandes componentes se ha vertebrado el estudio de la fragilidad visual del paisaje de la Sierra de Guadarrama, en un sistema de jerarquización que divide los dos componentes principales en criterios paisajísticos más concretos y simples de cuantificar (figura 2).

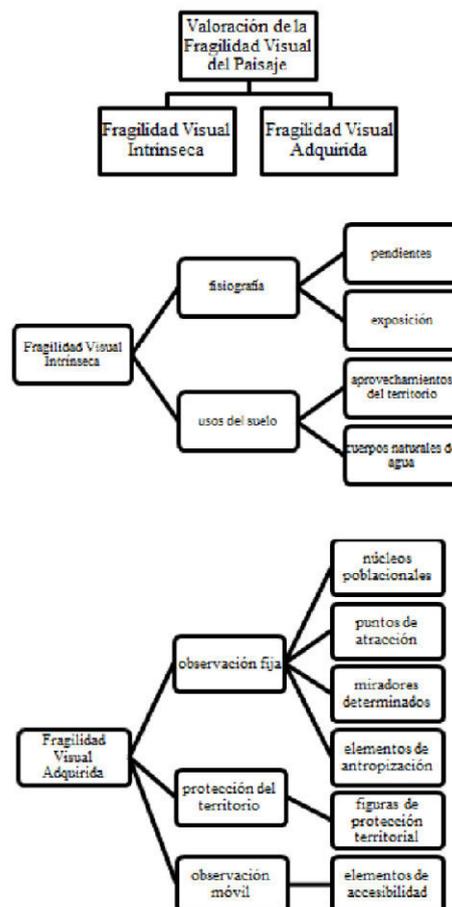


Figura 2. Modelo de valoración de la Fragilidad Visual

NORMALIZACIÓN Y VALORACIÓN

Una vez definido el modelo de componentes a considerar en el estudio de paisaje deben establecerse unas pautas de valoración de cada valor integrante del modelo. La valoración se efectúa en una escala jerárquica similar para todos los componentes, de manera que cada uno de ellos es tratado de forma independiente. La explicación acerca de la gestión de la valoración y normalización de cada uno de los componentes del modelo se realizará a partir del desarrollo metodológico de un caso concreto, esto es, sobre el proceso de valoración y normalización realizada para el criterio de los aprovechamientos del territorio, extraída y trabajada a partir de la información digital contenida en las capas de Corine Land Cover 2012. De este modo, se propuso un sistema de valoración y normalización de los componentes y sus criterios en el que los valores expresados son cuantitativos, por lo que son comparables. La escala de valoración es de 0 como valor mínimo de fragilidad a 4 como valor máximo, intentando de esta forma maximizar todo lo posible la coherencia de contenidos y de resultados entre las dos escalas de trabajo ya mencionadas. En esta escala quedan definidas las 4 clases de valor (tabla II).

TABLA II
NORMALIZACIÓN DE LOS VALORES DE FRAGILIDAD VISUAL

VALOR	FRAGILIDAD VISUAL
1	Reducida
2	Media
3	Alta
4	Muy alta/ Límite

TABLA III
ASIGNACIÓN DE VALORES DE FRAGILIDAD VISUAL SEGÚN USOS DEL SUELO DEL CORINE LAND COVER 2012

USOS SUELO CLC_12	DENSIDAD	ALTURA	CROMATIS- MO	TOTAL
Bosque mixto	3	3	4	10
Bosque coníferas	2	4	3	9
Bosque frondosas	3	3	4	10
Cultivos regadío	1	2	3	6
Esp. Agrícolas vegetación natural	2	2	3	7
Escasa vegetación	1	1	2	3
Mosaico seco/regadío	3	2	3	8
Matorral transición	2	2	2	6
Matorral medit. esclerófilo	2	2	2	6
Olivares	2	2	2	6
Pastizales supraforestales naturales	3	2	3	8
Prados y praderas	3	2	4	9
Sistemas agroforestales adhesionados	2	2	3	7
Tierras de labor en seco	2	1	3	6

Una vez acotado el campo de información al área de estudio de interés se evalúan los diferentes usos en función de tres indicadores visuales que ayudarán a determinar la fragilidad de cada aprovechamiento: densidad, altura y cromatismo de la vegetación. Cada uno de estos tres indicadores será puntuado según la escala 1-4 de acuerdo a las determinaciones observadas por el evaluador en trabajo de campo, posteriormente se sumarán los tres valores de cada uso del suelo y se obtendrá un valor global (tabla III).

Para el análisis del criterio de los aprovechamientos del territorio se han tenido en cuenta, como ya se ha dicho, las densidades apreciables en la vegetación, la altura media a la que puede ser visibilizado cada uso y el cromatismo (gama de colores y riqueza de tonalidades predominante en la vista como factores que inciden en la calidad visual del punto de observación y percepción de la fragilidad del paisaje. En la percepción visual del paisaje, la propia percepción de las formaciones y/o elementos vegetales que son visibles desde un punto de observación es fundamental para valorar la fragilidad de un paisaje. De este modo, se ha propuesto un sistema de valoración y normalización de los componentes y sus criterios en el que los valores expresados son cuantitativos, por lo que son comparables. La escala de valoración es de 0 como valor mínimo a 4 como valor máximo, intentando de esta forma maximizar todo lo posible la coherencia de contenidos y de resultados entre las dos escalas de trabajo ya mencionadas. En esta escala quedan definidas las 4 clases de valor (tabla IV).

TABLA IV
NORMALIZACIÓN DE LOS VALORES DE FRAGILIDAD DE LOS USOS DEL SUELO

RANGO DE VALORES	FRAGILIDAD VISUAL NORMALIZADA
≤3	1 fragilidad reducida
4-6	2 fragilidad media
7-8	3 fragilidad alta
9-10	4 fragilidad muy alta/límite

A esta metodología de valoraciones se adaptarán todas y cada una de las valoraciones que se realicen para todos los descriptores paisajísticos que el modelo de evaluación paisajístico propone para este trabajo.

PONDERACIÓN DE LOS CRITERIOS Y APLICACIÓN DEL ALGORITMO EMC

Cuando todos los criterios del paisaje objeto de esta investigación han sido evaluados según sus indicadores determinados, la labor del investigador consiste en discernir cuáles de estos criterios y componentes tienen predominancia sobre otros desde el punto de vista visual, ya que no todos tendrán la misma significancia/relevancia visual en el conjunto de la imagen paisaje analizada. Es en este punto donde surge la necesidad de clarificar, de un modo lo más sistemático y objetivo posible, de qué modo pasarán a ponderarse cada uno de los criterios y componentes del paisaje contemplados en el modelo de valoración. 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 fragilidad visual del paisaje dentro del modelo diseñado para ello.

La valoración sobre la fragilidad visual del paisaje relativo al Parque Nacional del Guadarrama estará supeditada, de forma indefectible, a la asignación de ponderaciones que se le aporte, realizada esta bajo criterios aceptados por buena parte de la comunidad científica, probados en numerosos estudios sobre la calidad visual del paisaje o de valoraciones de impactos ambientales y pulidas con el conocimiento del ámbito de estudio del componente humano de este trabajo.

La asignación de ponderaciones aquí diseñada se ha desarrollado mediante la utilización del 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).

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), expresados en la tabla V.

TABLA V
ESCALA DE MEDIDA EN LAS COMPARACIONES ENTRE FACTORES

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

En la primera matriz se asignan los valores a cada par de variables que la componen (tabla VI).

TABLA VI
MATRICES DE PONDERACIÓN DE LA FRAGILIDAD VISUAL INTRÍNSECA CALCULADOS MEDIANTE LA MATRIZ DE SAATY

	Observación fija	Observación móvil	Protección territorio
Observación fija	1	2	3
Observación móvil	1/2	1	2
Protección territorio	1/3	1/2	1

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.

	Observación fija	Observación móvil	Protección territorio
Observación fija	1	2	3
Observación móvil	0,5	1	2
Protección territorio	0,3	0,5	1
	1,8	3,5	6

	Observación fija	Observación móvil	Protección territorio	Peso (%)
Observación fija	0,55	0,58	0,5	50
Observación móvil	0,28	0,28	0,33	30
Protección territorio	0,17	0,14	0,17	20
	1,00	1,00	1,00	100

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 (Zube, 1984). En la segunda matriz se han calculado los valores de las fracciones y éstos se han sumado columna a columna.

Según las determinaciones del AHP, una vez se ha procedido a la normalización de los factores mencionada en las líneas anteriores se calculan los pesos porcentuales de los mismos, con el objetivo de concluir con una integración de las capas de información de cada criterio a partir de la aplicación de un algoritmo de EMC. La metodología EMC se sirve, entre otras, de las técnicas compensatorias, basadas 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.

La Sumatoria Lineal Ponderada, como una de las técnicas EMC compensatorias, será la utilizada en este trabajo (Gómez y Barredo, 2005). Esta técnica procede asignando el valor en cada componente como resultado de la función de los componentes del nivel inferior que en él confluyen, La fórmula de la Sumatoria Lineal Ponderada es: $R = \sum w * v$

Donde (r) es el nivel de adecuación de la alternativa, (w) es el peso del criterio y (v) es el valor normalizado del factor. Como puede apreciarse en la figura 3, en el primer nivel de los dos grandes componentes de la fragilidad visual del paisaje se han estimado unas ponderaciones del 60% en el componente relativo a la fragilidad visual intrínseca, es decir, que los valores consustanciales del paisaje, no vinculados ni a la acción del hombre en el territorio ni a su papel como observador del territorio, tienen una influencia sobresaliente en el modelo de fragilidad sobre el cual pivota la presente investigación. Ello viene a reforzar la tesis de que buena parte de la fragilidad visual que pueda ostentar un determinado paisaje están vinculados fundamentalmente a las realidades fisiográficas y de dominancia de usos del suelo en el mismo.

El 40% restante de la ponderación del modelo de fragilidad visual confeccionado atañe a los componentes visuales adquiridos del paisaje, ligados a la acción del hombre y a su percepción como observador del paisaje. Dentro de este gran componente de la fragilidad visual queda patente que las principales determinaciones de este valor vienen dadas desde los factores de observación fija del territorio, debido a su permanencia y visibilidad en el ámbito guadarrameño.

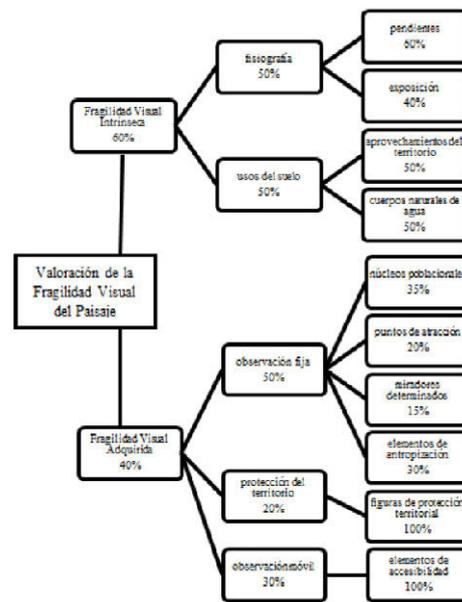


Figura. 3. Ponderación del modelo de Fragilidad Visual

III. RESULTADOS

Producto de la aplicación del modelo de fragilidad visual y de la ponderación de los elementos del paisaje reseñados en el apartado metodológico, consistente de manera sucinta en la agregación de los valores de fragilidad obtenidos para los componentes visuales intrínsecos y adquiridos analizados, se elaboró una cartografía de la fragilidad visual del paisaje del Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama y su área aledaña. En dicha cartografía quedó expresada la fragilidad visual del paisaje global de la zona mediante siete valores positivos, basándose en una escala valorativa que asignó a cada pixel del mapa de fragilidad visual una valoración positiva que iba desde el 4 al 10, siendo el 10 la máxima fragilidad visual obtenible en una cuadrícula del modelo ráster y 4 la mínima.

Con el objetivo de normalizar, estandarizar y hacer más legible el mapa resultante se procedió a realizar una última reclasificación del mapa, destinada a resolver los problemas de legibilidad derivados de un mapa que tenía una escala cromática de siete tonos, en la que las diferencias entre áreas de alta y las de baja calidad quedaban totalmente diluidas en una amalgama sin orden. Estas siete categorías, por lo tanto, se reclasificaron y agruparon en cuatro niveles de fragilidad visual, dando lugar al Mapa Final de la Fragilidad Visual del Paisaje del Parque Nacional de Guadarrama.

TABLA V
DISTRIBUCIÓN DE LAS CATEGORÍAS DE FRAGILIDAD VISUAL EN EL ENTORNO ANALIZADO

CATEGORÍA	SUPERFICIE (HA)	%
Baja	23935	12,6
Media	40651	21,4
Alta	51858	27,3
Muy alta/ Límite	73513	38,7
TOTAL	189957	100

Más allá de lo interesante que resulta analizar por separado cada uno de estos datos porcentuales (tabla V), lo cierto es que se ha considerado prioritario en este apartado realizar una síntesis acerca del porqué de esta distribución. La valoración de fragilidad visual máxima, correspondiente al 38,7% del Mapa de Fragilidad Visual del Paisaje, aproximadamente unos

735 km², tiene una distribución que abarca las intensidades de relieve menos acusadas, ya que de forma clara los datos de mayor fragilidad ocupan los piedemontes y áreas de fondo de valle o llanura meseteña, tanto en la vertiente de Madrid como en la de Segovia. Esta afirmación, si se relaciona la ponderación de la fragilidad intrínseca del paisaje con los resultados territorializados, viene reforzada por el hecho de que es precisamente en las zonas menos abruptas, con poca pendiente, áreas de llanura y fondos de valle, donde se ubican los aprovechamientos y usos del suelo de menor valoración paisajística, pues los elementos de máxima valoración de fragilidad, como pudieran ser los bosques o los pastizales de montaña tienen su ámbito geográfico enclavado en las estribaciones y macizos de la Sierra de Guadarrama. Atendiendo, por último, a las relaciones entre el modelo de fragilidad visual adquirida y la distribución de la fragilidad visual muy alta en el ámbito de estudio cabe destacar que son precisamente las zonas con una fisiografía más favorable las que poseen una mayor densidad y tamaño de los núcleos de población, mayores elementos de antropización del paisaje y mayor densidad de redes y elementos de accesibilidad, así como una menor densidad de puntos de atracción visual, miradores para la observación fija del paisaje y un menor grado de protección del territorio mediante figuras normativas. Atendiendo muy concretamente al área de delimitación del Parque Nacional (figura 4) puede apreciarse que el uso intensivo de actividades de gran impacto visual ejercen una enorme presión sobre el paisaje en áreas como el entorno de los puertos de Navacerrada y Coto, con elevadas presiones y antropización del espacio por su accesibilidad y fragmentación de áreas protegidas; y los pinares y montes de Valsaín (Segovia) y del valle del Lozoya (Madrid), debido en ambos casos a la presión antrópica de los puntos de accesibilidad, la presencia de grandes núcleos urbanos en el entorno, los usos del suelo intensivos de la zona y el menor grado de protección del territorio que presentan estas zonas circundantes al Parque Nacional propiamente dicho.

En cuanto a la fragilidad visual alta es importante comprender que la territorialización que ha resultado en el Mapa de Fragilidad Visual tiene detrás un claro reflejo emanado del modelo de análisis del paisaje. Esta afirmación se realiza por la clara vocación de mediación y conciliación entre los ámbitos que presentan una mayor fragilidad y los expuestos a una menor. Por eso la distribución concreta resultado del análisis global del ámbito de la Sierra de Guadarrama confirma que las fragilidades medias se encuentran, de forma muy general, en las inmediaciones de áreas con alta fragilidad, esto es, circundando núcleos urbanos, áreas deportivas de alta montaña, las infraestructuras y elementos de accesibilidad y conectividad. Al igual que ocurre con la distribución de los espacios con muy alta fragilidad, la fragilidad alta también se encuentra en gran medida repartida en las áreas de llanuras y penillanuras. Dentro de los límites del Parque Nacional (figura 4) se puede observar como los puertos de montaña, las estribaciones de la Mujer Muerta y el valle del Lozoya son áreas en las que predomina, al igual que en los enclaves de los montes de Valsaín, los Cotos y la línea de cumbres de la vertiente serrana de Madrid, debido fundamentalmente a las presiones visuales y de accesibilidad e intensidad de usos turístico-recreativos que se suceden en estas áreas concretas.

Al igual que en el análisis de los resultados extraídos para la distribución de las fragilidades visuales altas y muy altas, la interpretación que puede realizarse sobre la el reparto territorial de los valores de fragilidad media guardan una muy estrecha relación con las determinaciones especificadas en el modelo de toma de decisiones y la ponderación de los diferentes

componentes del paisaje analizados. Ello tiene un claro reflejo en cómo se distribuyen al áreas con fragilidad media en el ámbito de influencia paisajística del Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama, ya que, como puede apreciarse, se han definido como áreas de media fragilidad aquellas que poseen una cualidades fisiográficas pronunciadas y bien definidas, con un grado de pendiente y exposición solar/visual elevadas, y en las que comienzan a ser predominantes los usos silvícolas, de mosaico agroforestal y de pastizal. Como cabe esperar estas zonas de ladera y piedemontes o de cumbre soportan una menor presión antrópica, ya que la densidad y tamaño de los núcleos de población disminuye ostensiblemente en relación con las zonas de relieve más suave. Como consecuencia de ello también en estas zonas de fragilidad media se encuentran menores capacidades de accesibilidad y de otros elementos de distorsión y antropización visual del medio. Los datos volcados arrojan la cifra aproximada del 20% de territorio analizados bajo la consideración de fragilidad media, aunque su distribución en el mapa final esté concentrada en cuatro grandes ámbitos insertos dentro de la delimitación del Parque Nacional: el entorno de la Sierra de la Mujer Muerta y los bosques y Parques de San Ildefonso, el macizo de la Pedriza y la Cuerda Larga y sus estribaciones de los Altos del Hontanar y Collado Hermoso y, por último, el gran macizo central de las cumbres de Peñalara, Puerto del Reventón, y de Calderuelas.

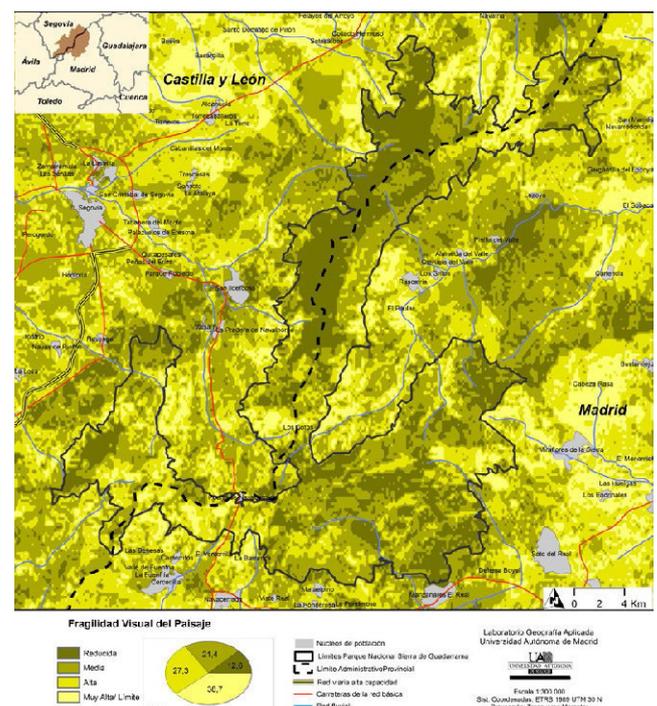


Figura 4. Mapa final de la Fragilidad Visual del paisaje

Para concluir, es necesario realizar un análisis de los resultados relativos a los valores de fragilidad visual baja medidos en el entorno del Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama (figura 4). Algo más del 12% del territorio analizado, unos 239 km², ha arrojado unos bajos indicadores de fragilidad, es decir, que la presión antrópica que soportan estos ámbitos territoriales es baja y que, por tanto, la tendencia la degradación de los paisajes desde el punto de vista ambiental y visual está muy limitada y sus amenazas son contenidas. Como podrá apreciarse las áreas que han arrojado menores valores de fragilidad visual coinciden, de forma casi íntegra, con las fisiografías más pronunciadas y abruptas, esto es, con zonas de cumbres serranas, valles internos, circos glaciares

y áreas periglaciares, laderas boscosas o zonas de fondo de valle, riberas de cursos fluviales u otras áreas y entornos protegidos como bosques, cotos de caza, embalses o montes de utilidad pública. Más concretamente en el área de delimitación del Parque Nacional se aprecian tres grandes entornos en los que los bajos valores de fragilidad visual denotan, de manera muy complementaria, áreas en las que también la calidad global de los entornos paisajísticos es muy elevada, tales como las zonas cumbreiras de Peñalara, Siete Picos, la Cuerda Larga, la Najara, un gran ámbito de los plegamientos y murallas graníticas de la Pedriza de Manzanares y algún área más difuminada en el sector oeste del Parque, ya en el entorno del macizo de la Mujer Muerta, en Segovia, todos ellos sin duda parajes de una muy limitada pero creciente afectación antrópica, con unos elevados estándares de calidad ambiental y visual, con claros y evidentes rasgos de atalaya desde los cuales apreciar y valorar los elementos de atracción visual del ámbito y en los que tienen un papel fundamental los componentes de observación fija y de protección del territorio del criterio de fragilidad visual adquirida del modelo propuesto.

IV. CONCLUSIONES

Desde el punto de vista de la aplicación, se demuestra una vez más que los estudios de calidad y de fragilidad visual del paisaje son fundamentales para una correcta ordenación del territorio, especialmente en espacios naturales en los que es prioritaria la política de conservación de la naturaleza, y en aquellos en los que son compatibles usos como las actividades turístico-recreativas o el uso público con la conservación de los recursos naturales. Sin duda estudios como este, vinculados a la percepción del paisaje, proporcionan información para disminuir la presión humana sobre determinados sitios de gran valor ecológico donde se concentra tradicionalmente el uso público, indicando parajes alternativos con una elevada atracción. En este sentido, la fragilidad visual del paisaje, junto a otros recursos, es frecuentemente empleada como criterio para señalar zonas que deben ser preservadas frente a actuaciones que suponen un cierto impacto ambiental.

En la actualidad es cierto que la inmensa mayoría de técnicas de evaluación de la fragilidad visual del paisaje son criticadas por su subjetividad, por el reducido y característico ámbito territorial o de conocimiento al que son aplicadas. Esta investigación ya partía de la premisa de que no existe una técnica de valoración del paisaje correcta que excluya a las demás y que la mayor parte de los trabajos se basan en métodos subjetivos pero sistemáticos. La parcialidad con respecto a la valoración del paisaje se hace aún más patente si cabe cuando variables de tipo estético y cultural, relacionadas con la percepción humana, entran a formar parte de la ecuación de la calidad/fragilidad visual. El desarrollo de la metodología indirecta de evaluación que aquí se presenta tiene un claro sesgo vinculado a la relevancia y grado de participación de los parámetros que constituyen su modelo. Dicho sesgo está indiscutiblemente asociado a la dirección y elección de los componentes del paisaje estudiados y los enfoques de fragilidad aportados. Únicamente mediante la exigencia de un mayor y más certero conocimiento del medio objeto de estudio por parte del equipo gestor y una incorporación más exhaustiva de parámetros paisajísticos y la importancia relativa dada por medio de las ponderaciones realizadas aportará una solución eficaz capaz de, por lado, ofrecer una alternativa menos sesgada y, por otro, ajustarse más a las exigencias y peculiaridades del complejo espacio analizado.

La propuesta metodológica aquí expuesta nace como aspiración de ser una pauta más que ayude a determinar el valor que

presenta el paisaje de un espacio tan concreto como puede ser el ámbito de la Sierra de Guadarrama dentro del Sistema Central Ibérico, pero en todo momento la investigación ha considerado necesaria la elaboración de un completo método de valoración con rangos y criterios bien establecidos, que sea una herramienta más en el campo de la valoración perceptual del paisaje desde el punto de vista de la disciplina geográfica.

REFERENCIAS

- Antrop, M. (2005). Why landscapes of the past are important for the future. *Landscape and Urban Planning*, 70, págs 21-34. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016920460300207X>
- Cancer, L. (1994). Aproximación crítica a las teorías más representativas de la ciencia del paisaje. *Geographicalia*, págs 17-34. <http://bddoc.csic.es:8080/detalles.html?tabla=docu&bd=GEOURBI&id=240949>
- Cifuentes, P. (1979): La Calidad Visual de Unidades Territoriales. Aplicación al valle del río Tiétar. Tesis Doctoral. E.T.S. de Ing. de Montes. Universidad Politécnica, Madrid.
- Fuente de Val L, G., Atauri, J.A. y De Lucio, J.V. (2004). "El aprecio por el paisaje y su utilidad en la conservación de los paisajes de Chile Central". *Ecosistemas*, nº2. págs 82-89.
- Galiana, F. y Vallés, M. (2007). La planificación del paisaje en la comunidad valenciana: análisis de la calidad y fragilidad visual. Universidad de Valencia. págs 111-125.
- Gómez, M. y Barredo, J. I (2005): Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio. Madrid, Ed. Ra-Ma. págs 37-53.
- Malczewski, J. (2004): "GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview". *Progress in Planning*, nº 62, págs 3-65.
- Mérida, M. (1996). El paisaje visual. *Baetica*(18), págs 205-222. <http://hdl.handle.net/10630/9334>.
- Ocaña, C. y Galacho Jiménez, F. B. (2002): "Un Modelo de Aplicación de SIG y Evaluación Multicriterio, al Análisis de las Capacidad del Territorio en Relación a Funciones Turísticas" Universidad de Málaga. Págs 58-71.
- Orán Cáceres, J.P., Gómez Delgado, M. y Bosque Sendra, J. (2010): "Una propuesta complementaria de análisis de sensibilidad de un modelo basado en técnicas SIG y evaluación multicriterio". En: Ojeda, J., Pita, M.F. y Vallejo, I. (Eds.), *Tecnologías de la Información Geográfica: La Información Geográfica al servicio de los ciudadanos*. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. Sevilla. Págs. 971-987
- Ormaetxea, O. (1997). Concepto y método en paisaje. Una propuesta docente. *Lurralde*(20), págs 333-344. Obtenido de <https://www.ingeba.org/lurralde/lurranet/lur20/20ormae/20ormae.pdf>
- Pérez Albert, Y. et al. (2015): "Propuesta metodológica para el análisis de la calidad visual del paisaje. El caso de la comarca de El Priorat" *Congreso Age-Unizar 2015*. Págs 797-806.
- Saaty, T.L. (1980): *The Analytic Hierarchy Process*. New York, McGraw Hill. págs 245-264.
- 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*, nº10, pp 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. Págs 89-103.
- Valpreda, C. (2007): "Sistema de Información Geográfica (SIG)-teledetección y evaluación multicriterio (EMC) en un estudio de evaluación de impacto ambiental (EIA)", *Memorias XI Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica*, págs 29-31.
- Zube, E.H (1984). "Themes in Landscape Assessment Theory". *Landscape Journal*, nº 3. pp.104-110.