

Valoración de los aspectos visuales del paisaje mediante la utilización de un sistema de información geográfica

Joaquín Bosque Sendra

Montserrat Gómez Delgado

Ana Esther Rodríguez Durán

Víctor Manuel Rodríguez Espinosa

Antonia Vela Gayo

Universidad de Alcalá de Henares. Departamento de Geografía.

C/ Colegios, 2. 28801 Alcalá de Henares (Madrid). Spain

Data de recepció: juny 1995

Data d'acceptació: abril 1996

Resumen

Los estudios del paisaje han sido siempre un tema que ha resultado de gran interés desde el punto de vista geográfico. Sin duda la valoración es una labor compleja y tediosa, ya que presenta un doble inconveniente: la subjetividad y el empleo de técnicas manuales. Para solventar estos problemas se ha establecido, mediante la utilización de un sistema de información geográfica, una propuesta metodológica válida e innovadora que permita dar una nueva orientación a los estudios del aspecto visual del paisaje, agilizando el proceso y abaratando el coste final del estudio.

Palabras clave: sistemas de información geográfica, valoración visual del paisaje.

Resum. *Valoració dels aspectes visuals del paisatge mitjançant la utilització d'un sistema d'informació geogràfica*

Els estudis del paisatge han estat sempre un tema de gran interès des del punt de vista geogràfic. No hi ha dubte que la valoració és una tasca complexa i tediosa, ja que presenta un doble inconvenient: la subjectivitat i la utilització de tècniques manuals. Per solucionar aquests problemes s'han establert, mitjançant la utilització d'un sistema d'informació geogràfica, una proposta metodològica vàlida i innovadora que permeti donar una nova orientació als estudis sobre l'aspecte visual del paisatge, agilitzant el procés i rebaixant el cost final de l'estudi.

Paraules clau: sistemes d'informació geogràfica, valoració visual del paisatge.

Resumé. *Évaluation des aspects visuels du paysage par moyen d'un système d'information géographique*

Les études du paysage ont toujours été un sujet fort intéressant du point de vue géographique. Sans doute, c'est l'évaluation la tâche la plus complexe et la plus ennuyeuse, car elle présente un double inconvénient: la subjectivité et l'emploi de techniques manuelles.

Pour essayer d'éviter ces problèmes on a tenté d'établir, à travers l'utilisation d'un système d'information géographique, une proposition méthodologique valide et innovatrice qui permettra de donner une nouvelle orientation aux études de l'apparence visuelle du paysage, en faisant plus agile son processus et en réduisant le prix final du projet.

Mots clé: système d'information géographique, évaluation visuelle du paysage.

Abstract. *Evaluation of the visual aspects of landscape using a Geographical Information System*

Studies of the landscape have always been a subject of interest in Geography. The evaluation of landscape has been complex and tedious and has had two shortcomings: subjectivity and the use of manual techniques. To solve these problems an innovative methodology based on GIS is proposed in an attempt to provide a new perspective on the visual study of landscape, saving time and economic cost in such studies.

Key words: Geographical Information Systems, visual evaluation of landscape.

Sumario

- | | |
|---|---|
| 1. Introducción | 4. Conservabilidad |
| 2. El estudio del paisaje.
Metodología y problemática | 5. Validez de la propuesta metodológica |
| 3. Los sistemas de información
geográfica en los estudios del paisaje.
Propuesta metodológica | 6. Conclusiones

Bibliografía |

1. Introducción

Las enormes posibilidades y ventajas que ofrecen los sistemas de información geográfica (SIG) ya han sido demostradas en varias facetas de la ordenación y planificación territorial (Bosque Sendra, 1992, p. 282-289). Sin embargo, el estudio del aspecto visual del paisaje no ha recibido un tratamiento integrador similar mediante el uso de esta herramienta de trabajo.

Este artículo tiene por objeto reflejar los resultados de una estrategia metodológica cuyo objetivo es abordar el estudio de los aspectos visuales del paisaje a través de la tecnología SIG.

En una primera parte se analiza el problema de cómo valorar las características visibles de un paisaje, exponiendo los diferentes métodos existentes, los criterios empleados en cada uno de ellos y los diversos problemas que plantean. Finalmente, se hace una descripción más detallada de los denominados *métodos indirectos de valoración* por considerarlos los más adecuados para llevar a cabo un estudio paisajístico de este tipo. Se completa esta primera parte con una breve alusión a la importancia de los análisis de las cuencas visuales en este tipo de estudios.

En la segunda parte del artículo se aplican los métodos indirectos a una zona concreta pero con la peculiaridad de emplear la actual y moderna tecnología de los SIG. Se explica detalladamente todo el proceso llevado a cabo hasta la obtención de los resultados finales: creación de la base de datos, delimitación de las unidades territoriales, valoración y cuantificación de los parámetros paisajísticos y elaboración de mapas finales.

2. El estudio del paisaje. Metodología y problemática

2.1. *El problema de la evaluación de la calidad visual*

En la actualidad hay un creciente reconocimiento por la importancia de la calidad estética del paisaje como consecuencia de la creciente humanización del medio natural, por lo que ha pasado a ser considerada como un recurso básico, siendo incluida en los estudios de planificación física y ordenación territorial.

El aspecto visual del paisaje, al igual que el resto de los recursos naturales, necesita de una protección acorde con su calidad y fragilidad frente a las actuaciones humanas. Son los valores de calidad y fragilidad los que van a determinar la necesidad de conservación de las características visuales de un paisaje (Andrés Orive y otros, 1992, p. 131).

La evaluación de la apreciación estética del paisaje es compleja, pues está condicionada por un alto grado de subjetividad. La percepción de un paisaje depende de múltiples factores relacionados con la personalidad del observador que lo percibe (mecanismos sensitivos y perceptivos inherentes al propio observador, condicionantes educativos y culturales, relación del observador con el paisaje, etc.).

Además del problema receptivo de la belleza paisajística surge una nueva complicación: la adjudicación posterior de un valor. Una vez que el individuo ha recibido una sensación y ha generado una respuesta estética, tiene que realizar una valoración de ese paisaje, lo que trae consigo nuevos problemas.

2.2. *Métodos de valoración*

La triple problemática de la calidad intrínseca del paisaje, de su respuesta estética y de la adjudicación de valores ha sido abordada de muy diversas formas por los profesionales encargados de la evaluación del paisaje y ha dado lugar a múltiples métodos de evaluación (Cátedra de Planificación, 1982, p. 399-416), entre ellos los siguientes:

- Métodos directos: la valoración se realiza a partir de la contemplación de la totalidad del paisaje.
- Métodos indirectos: la valoración se realiza a través del análisis de los componentes del paisaje. Se buscan los posibles componentes constantes de la

calidad, sin juicios de valor, o lo que es lo mismo, se trata de descomponer el paisaje según conceptos no subjetivos. Hay un consenso sobre algunos puntos: variedad, escasez, carácter específico, etc.

- Métodos mixtos: valoran directamente, realizando después un análisis de componentes para averiguar la participación de cada uno en el valor total.

Los métodos directos miden la calidad del paisaje *per se*, sin detenerse a averiguar qué componentes o elementos del paisaje son los causantes de su aceptación o rechazo estético. Se encuentran con un claro obstáculo: la subjetividad. Los intentos de controlarla o reducirla han dado lugar a una amplia tipología: métodos directos de subjetividad aceptada, de subjetividad controlada, de subjetividad compartida y de subjetividad representativa (Cátedra de Planificación, 1982, p. 401-405).

Pero además del problema de la subjetividad, estos métodos se encuentran con otro tipo de dificultades: los problemas que conlleva valorar fotografías y no los paisajes reales y la necesidad de que el equipo encargado de hacer la valoración tenga una buena educación ambiental y estética.

Los métodos indirectos son los más antiguos y forman el grupo más numeroso de técnicas de valoración de la calidad paisajística. Utilizan, para la desagregación de la calidad del paisaje, características físicas como, por ejemplo, la topografía, los usos del suelo, la presencia de agua. Son numerosos los autores que han seguido esta metodología en sus estudios paisajísticos: Steveson, 1970; Hebblethwaite, 1973; Fernández Cañadas, 1977; Gómez Orea, 1978; Ramos Fernández, 1979; Pellicer y Cancer, 1992; Sancho, Bosque y Moreno, 1993 a y b). La medición de estos elementos se realiza en razón de una determinada unidad de superficie.

Una de las críticas más extendida de este tipo de métodos radica en que, en aras de una pretendida objetividad, terminan valorando cosas que pueden no tener nada que ver con la calidad visual o la belleza del paisaje, mientras que los métodos directos, que sí pueden ser tachados de subjetivos, evalúan más claramente estos aspectos.

Como vemos, ambos métodos tienen sus ventajas pero también sus inconvenientes. La elección de uno u otro viene condicionada por una serie de factores como son los rasgos definitorios del territorio, las características del equipo que lo aplica (los métodos directos de evaluación a través de categorías estéticas, por ejemplo, requieren una cierta experiencia en el manejo de estos conceptos y un sentido estético muy desarrollado) y la disponibilidad de tiempo y de medios técnicos.

2.3. Unidades de paisaje

La división espacial de un territorio en unidades de paisaje, cuya respuesta visual sea homogénea tanto en sus componentes paisajísticos como en su respuesta ante posibles actuaciones, permite obtener una mayor información

sobre sus características y facilitar su tratamiento, además de suponer un importante punto de partida para cualquier evaluación, ya que permite una clasificación previa del territorio.

La delimitación de estas unidades dependerá de la escala de trabajo y del nivel de detalle que se quiere alcanzar, pudiendo adoptar una de las siguientes formas:

- Irregulares extensas.
 - Regulares.
 - Obtenidas por combinación de las anteriores.
1. Unidades irregulares extensas. Son divisiones del territorio que se establecen atendiendo a los aspectos visuales o de carácter de los factores que se han considerado como definitorios del paisaje (Escribano, 1987, p. 79). Pueden delimitarse casi libremente, con tal de mantener una homogeneidad relativa frente a la variación del conjunto de la zona de estudio y acorde con la escala de trabajo. Esta homogeneidad puede buscarse en la repetición de formas o en la combinación de algunos rasgos parecidos.

Las unidades irregulares están asociadas, generalmente, a factores naturales tales como cuencas hidrográficas, configuración topográfica, estructura geomorfológica, etc. Cuando el área objeto de estudio presenta características fisiográficas homogéneas en su conjunto, la división en unidades se suele hacer teniendo en cuenta los diferentes usos del suelo.

La homogeneidad interna de estas unidades implica que las características paisajísticas de todos los puntos que comprende son iguales o se han definido como equivalentes, ya que la homogeneidad total supondría una división excesivamente detallada.

2. Unidades regulares. Otra forma de delimitar unidades consiste en dividir el territorio mediante una malla poligonal, de forma que cada retícula actúe como unidad de paisaje.

El tamaño de la malla ha de adecuarse a la finalidad del estudio y a las características del territorio, mientras que la forma viene condicionada por la necesidad de construir un mosaico que recubra totalmente la superficie y las características territoriales. Las que más se utilizan son los cuadrados, los rectángulos y los hexágonos.

Aunque estas unidades regulares presentan muchas ventajas (proporcionan una superficie convenientemente graduada y su definición no exige un reconocimiento exhaustivo del territorio) tienen el principal inconveniente de ser muy difíciles de identificar en el terreno.

3. Unidades obtenidas por combinación de las anteriores. Son el resultado de hacer dos zonificaciones sucesivas: una primera irregular, que clasifique en grandes grupos atendiendo a las diferencias fisiográficas y otra, superpuesta a la anterior, constituida por los elementos de una malla poligonal.

2.4. Valoración global del paisaje. Parámetros paisajísticos

En la actualidad se ha avanzado mucho en el estudio de los aspectos visuales del paisaje comprendiendo desde la mera descripción hasta una clasificación en unidades y desde el estudio de la percepción visual hasta la determinación de la calidad y fragilidad visual del mismo. Generalmente los métodos desarrollados se encaminan a la obtención de estos dos valores de calidad y fragilidad por considerar que son los que mejor determinan la necesidad de protección o conservación de un paisaje.

Ya se ha comentado en apartados anteriores la dificultad que entraña la evaluación de la calidad por la subjetividad que ello conlleva y los diferentes métodos existentes para realizar dicha valoración.

A nuestro juicio, son los métodos indirectos de valoración la mejor forma de evitar todas esas apreciaciones subjetivas. Como ya se ha dicho, estos métodos consisten en la estimación objetivable de determinados parámetros con incidencia paisajística.

Una vez que se ha dividido el territorio en unidades de paisaje pasariamos a la toma de datos para poder alcanzar nuestro objetivo: definir cualitativa y cuantitativamente por medio de una combinación de valores o parámetros, el valor actual (calidad) y el valor potencial (fragilidad) del paisaje, a fin de facilitar la toma de decisiones en la planificación y en el proceso de desarrollo de la zona estudiada.

Ramos Fernández (1979) considera tres aspectos como descriptivos e influyentes en la calidad visual del paisaje: características del medio físico (diversidad, singularidad, naturalidad y escala), actuaciones humanas y relaciones visuales mutuas entre unas y otras unidades.

La elección de estos parámetros por parte de los estudiosos del tema es muy variada, dependiendo de múltiples factores. A continuación se exponen, siguiendo las ideas desarrolladas por Ramos Fernández (1979) y Pellicer y Cancer (1982), aquellos que se han considerado los más significativos y representativos de la calidad paisajística:

- **Singularidad:** término que hace referencia a la existencia de elementos raros o no habituales en un lugar, poco repetidos en el conjunto del ámbito analizado.
- **Diversidad:** hace referencia a la variabilidad de elementos y matices existentes en la unidad estudiada. También se le conoce con el nombre de variedad.
- **Naturalidad:** variable muy importante a la hora de determinar la calidad paisajística de una determinada zona, pues, como consecuencia de la creciente humanización del territorio, se valoran prioritariamente los parajes que conservan en un grado notable la situación previa a la acción del hombre.
- **Integración antrópica:** con ella se trata de determinar si los elementos artificiales que soporta ese paisaje están adecuadamente adaptados a los ele-

mentos naturales y no se destacan en exceso, ocultando con su fuerte presencia las otras características del paisaje. Es el concepto más difícil de objetivar y de medir con precisión.

Además de determinar la calidad estética de un paisaje también se han de detectar las zonas más o menos sensibles a la transformación del medio, para poder decidir cuáles necesitan de mayor protección y hacer, así, una adecuada planificación y ordenación del territorio. Se trata, en definitiva, de hallar su fragilidad o capacidad para absorber elementos extraños.

La fragilidad de un paisaje se presta mucho mejor que la calidad a la objetivación y cuantificación, pues, mientras la calidad visual de un paisaje es una cualidad intrínseca del territorio, no ocurre así con la fragilidad; ésta depende, en principio, del tipo de actividad que se piensa desarrollar.

El estudio de la fragilidad visual ha surgido y ha tomado importancia ante problemas concretos como la extracción de recursos mineros, nuevas urbanizaciones, plantas de energía, actividades agrícolas, forestales e industriales en general.

En su valoración se tienen en cuenta los factores biofísicos de cada unidad, tales como: vegetación (densidad, altura, variedad cromática, etc.), pendiente, orientación, etc., que constituirían la **fragilidad visual intrínseca**, y factores de visualización (posibilidad de que las futuras actuaciones sean vistas) y de accesibilidad (teniendo en cuenta el número potencial de observadores). Así, la afición paisajística será más nociva en un área más visitada que en otra más solitaria. Las zonas menos frágiles coinciden con las zonas no visibles desde el exterior.

El estudio del paisaje no estaría completo sino se incluyesen en él análisis de las cuencas visuales, muy útiles no sólo para determinar la fragilidad visual, sino también para cualificar el territorio en función del grado de visibilidad recíproca de todas las unidades entre sí.

Es muy importante en este tipo de análisis visual la determinación de la visibilidad existente desde el exterior hacia el interior de la zona estudiada (actividad o visibilidad convergente) y recíprocamente, la visibilidad existente desde la zona de estudio hacia el exterior (receptividad o visibilidad divergente), pues el valor del aspecto visual del paisaje correspondiente a cada unidad está influido en gran medida por las características de las zonas que la rodean.

Se valora la existencia de panorámicas amplias en el horizonte visual de cada unidad. Cuanto mayor sea el número de puntos que pueden divisarse desde cada unidad (su cuenca visual), mayor será la amplitud de sus vistas escénicas.

Otro aspecto influyente en las vistas escénicas es la posibilidad de observación de elementos visualmente atractivos: láminas de agua, masas arbóreas, afloramientos rocosos, etc.

La medida de la llamada intervisibilidad es clave a la hora de determinar el impacto visual de una determinada actividad; por una parte, posibilita la localización de las actividades que se desean más visibles y, por otra, oculta las

actividades necesarias para el territorio pero no deseadas visualmente (Bolós, M. de, 1992, p. 209).

El concepto de análisis visual no entraña ninguna dificultad, sin embargo, su realización a través de los métodos manuales resulta muy laboriosa. Afortunadamente, los sistemas de información geográfica aceleran y facilitan este proceso. Suponen un recurso metodológico muy importante y de extraordinaria capacidad para el análisis visual con un relativo bajo coste de tiempo y, restringiendo el ámbito de búsqueda (reducir la distancia máxima de visibilidad), determinan con facilidad la visibilidad existente desde cada unidad, es decir, su cuenca visual.

3. Los sistemas de información geográfica en los estudios del paisaje. Propuesta metodológica

Los sistemas de información geográfica (SIG) constituyen una tecnología muy potente en el manejo y gestión de datos espaciales, y, como se verá a continuación, unas herramientas válidas en la evaluación, rápida y económica, del paisaje.

Todo SIG precisa, para su posterior manipulación, la creación de una base de datos geográficos obtenida mediante la digitalización de las variables de interés al problema tratado, en este caso las siguientes: curvas de nivel, que han servido para construir el modelo digital del terreno (Bosque Sendra, 1992, p. 384-387), el cual muestra las elevaciones sobre el nivel del mar en

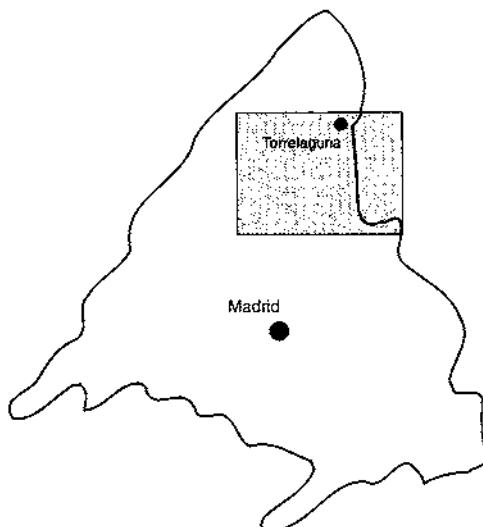


Figura 1. Localización de la zona de estudio.

cada punto del territorio; hidrografía, cauces y láminas de agua existentes; carreteras y vías de comunicación; núcleos de población; vegetación natural y usos del suelo y litología. En este estudio, las variables han sido digitalizadas usando como base la cartografía del Servicio Geográfico del Ejército, escala 1:200.000, en el área mostrada por la hoja número 509 (Torrelaguna) del Mapa Topográfico Nacional (figura 1), que se convertirá en la zona de aplicación de esta propuesta.

Comprende la zona una extensión considerable (más de 500 km²), que abarca una gran parte del noreste de la Comunidad de Madrid y que presenta marcados contrastes, sobre todo físicos y paisajísticos. La escala espacial (1:200.000) escogida resulta adecuada para llevar a cabo una primera aproximación al objetivo de determinar las grandes características visuales del paisaje. A partir del análisis a este nivel sería necesario profundizar en las diversas zonas establecidas, realizando nuevos estudios con mayor nivel de detalle espacial.

Debido a la gran extensión del área de estudio, la evaluación del aspecto visual del paisaje, utilizando los métodos tradicionales, resultaría una labor muy compleja y difícil; el empleo del SIG hará más simple este trabajo.

El programa informático SIG tomado como base en el presente estudio ha sido IDRISI (Eastman, 1994; Bosque y otros, 1994), un programa que realiza los análisis sobre un formato «raster» (Bosque, 1992, p. 65-66), una malla regular cuadriculada con un tamaño de celda, en este estudio, de 100 metros de lado; las variables previamente digitalizadas (curvas de nivel, hidrografía, vegetación, núcleos urbanos, red viaria) pasan al programa IDRISI como estratos temáticos independientes que posteriormente pueden ser manipuladas, combinadas, etc.

El fundamento de la cuantificación de los parámetros paisajísticos se encuentra precisamente en la estructura regular (formada por cuadrados iguales: tesselas) de la malla que organiza la base de datos; cada una de las celdas de la malla recoge información sobre las diferentes variables digitalizadas y a la vez facilita nuevas informaciones sobre ésta, por ejemplo, la extensión superficial de alguno de los hechos de interés. No obstante, no resulta imprescindible utilizar un SIG de tipo raster para llevar a cabo este tipo de análisis; sería posible, aunque con algunas modificaciones significativas, realizar los cálculos que se muestran a continuación en un sistema de tipo vectorial (Bosque, 1992, p. 56-57). En cualquier caso, sí que es importante subrayar la mayor facilidad del uso, para estas cuestiones, del modelo de datos raster.

3.1. Delimitación de las unidades

La definición de las unidades territoriales es importante en el proceso de medir la calidad visual del paisaje en una región. En este estudio se ha optado por usar exclusivamente criterios fisiográficos para delimitar unidades irregulares; en concreto, la altitud sobre el nivel del mar y la pendiente en cada punto, variables todas ellas disponibles con cierta facilidad en un SIG.

Un segundo problema, una vez resuelto el de la elección de los criterios, es cómo combinar éstos para que se genere una partición del espacio en un número apropiado de zonas homogéneas. El procedimiento concreto empleado en este caso ha sido muy sencillo: las dos variables anteriores (de carácter cuantitativo) se han convertido a variables binarias (dos únicos valores 1, 0) y se han ido aplicando de una forma jerárquica:

- La variable «pendiente» (considerando sólo dos posibilidades de ella: valores menores de 3 grados de inclinación, zonas planas y mayores de 3 grados, zonas inclinadas) ha permitido dividir el territorio en dos zonas (pero que están, cada una de ellas, formadas por varias parcelas, es decir, trozos del terreno contiguos y con el mismo nivel de pendiente): por un lado, las relativamente llanas, fondos de valles y algunas zonas elevadas y, por otro lado, las más inclinadas, en las laderas de las zonas montañosas.
 - La variable «altitud sobre el nivel del mar», igualmente con sólo dos variantes: más de 900 metros, zonas altas; menos de 900 metros, zonas bajas, se utiliza para separar las zonas relativamente planas en aquellas que están elevadas (a más de 900 m, que vienen a coincidir con los páramos) y las que están bajas (los fondos de valle). Se forman así tres grandes ámbitos: páramos, valles y laderas (pero, insistimos, formados por numerosas parcelas cada uno de ellos).

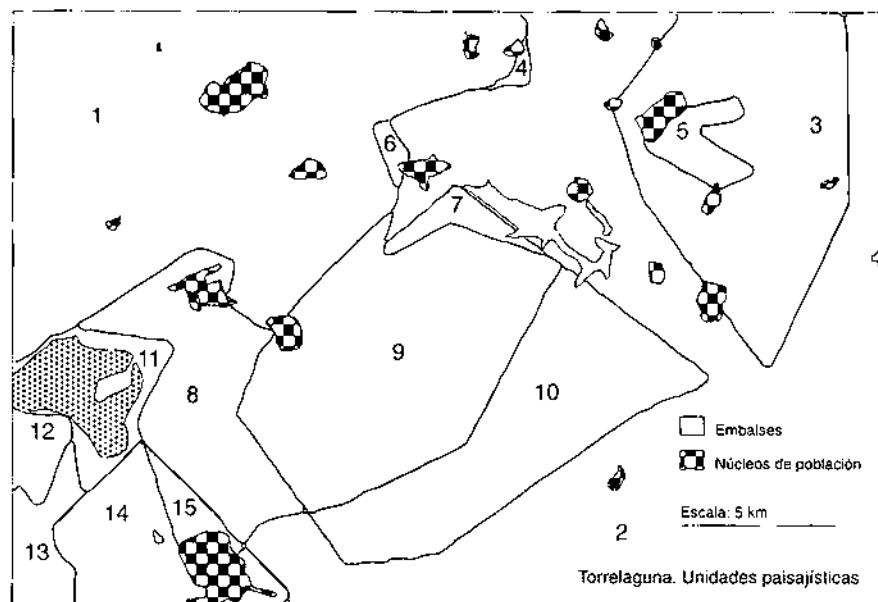


Figura 2. División en unidades paisajísticas de la hoja núm. 509 del Mapa Topográfico Nacional, correspondiente a Torrelaguna.

En todos los casos cada una de las zonas está formada por varias, incluso muchas, parcelas. El estudio de la calidad visual de cada una de éstas es posible pero muy laborioso incluso empleando los sistemas de información geográfica. Una alternativa es delimitar manualmente un conjunto de grandes parcelas homogéneas en relación con los dos criterios considerados. Esto es relativamente fácil mediante la digitalización en pantalla del mapa resultado del cruce de las dos variables anteriores, no respetando como parcelas separadas aquéllas de tamaño reducido y situadas en el interior de otras mayores de distinto carácter. Éste es el método empleado en este caso. Se forman de esta manera un número mucho menor de parcelas, en cantidad adecuada para el desarrollo del análisis posterior y diferenciando las distintas zonas fisiográficas existentes en el área (figura 2).

3.2. Cuantificación de los parámetros paisajísticos

Tras la revisión de la literatura existente sobre el tema (resumida en el apartado 2 de este texto), se optó por la utilización de dos conjuntos de variables: criterios paisajísticos estrictos y de visibilidad.

A. Criterios paisajísticos, propiamente dichos

A.1. Calidad

Muestra el estado actual del paisaje estableciendo su interés y atractivo estético. Está compuesta por tres elementos: naturalidad, variedad y singularidad.

- a) **Naturalidad.** El programa IDRISI permite realizar una sencilla medición de esta variable; el formato teselar de este SIG ayuda en el cálculo de las superficies naturales que aparecen en cada una de las unidades territoriales definidas. Los elementos o superficies que se han considerado como «naturales» (no afectadas o sólo escasamente por las actividades humanas) engloban un conjunto de elementos que (en este caso concreto del área de Torrelaguna) irían desde los cursos fluviales y los lagos hasta las masas arbóreas, pasando por lo que hemos denominado «cerros», zonas elevadas del territorio (más de 900 m de altitud) y con una fuerte pendiente (más de 5 grados de inclinación), porciones del territorio que son muy visibles desde casi cualquier zona del área de estudio y que determinan un fondo escénico muy atractivo.

La naturalidad de una unidad aparecería definida como el porcentaje de superficie que estos elementos ocupan en el conjunto de la superficie total de la unidad.

- b) **Variedad.** En este caso se ha considerado la variedad en función exclusivamente de la vegetación natural y de las formas de ocupación del suelo existentes en cada unidad paisajística. En relación con lo que la superficie de cada

una de las ocupaciones del suelo supone para el total de la superficie de la unidad, se puede determinar si dicha unidad destaca por su diversidad o monotonía: cuanto mayor sea el número de ocupaciones del suelo diferentes y más uniforme la proporción de superficie de todas dentro de cada unidad, más diversa será ésta.

En concreto, la variedad se ha medido dividiendo el número de tipos diferentes de vegetación natural y formas de ocupación del suelo (existentes en cada unidad) entre la superficie total de esa unidad paisajística.

- c) **Singularidad.** Lo que se trata de determinar con la singularidad es la cantidad de elementos no habituales o poco repetidos existente en el ámbito estudiado. En este caso se ha optado por elegir como elementos singulares los

Tabla 1. Valoración paisajística (unidades tipificadas z).

Unidad	Receptividad	Actividad	Calidad			
			Naturalidad	Singularidad	Variedad	Fragilidad
1	-0,75	-0,24	1,07	3,4	-0,64	-0,43
2	-0,7	-0,52	-0,83	0,27	-0,72	3,4
3	-0,65	-0,73	-1,23	-0,43	-0,6	0,72
4	2,84	-0,51	0,46	-0,46	3,44	-0,24
5	-0,22	-0,68	-0,79	0	-0,12	-0,027
6	1,62	-0,58	0,07	-0,45	1,19	-0,44
7	0,7	-0,44	-0,21	-0,44	-0,08	-0,4
8	0,41	-0,5	-1,27	-0,36	-0,49	0,45
9	-1,48	0,31	0,43	0,68	-0,66	-0,052
10	-0,51	0,43	0,47	-0,36	-0,58	-0,28
11	-0,46	0,31	0,47	0,035	-0,28	-0,48
12	0,11	2,57	1,65	-0,39	0,35	-0,028
13	-0,39	1,92	0,43	-0,12	-0,11	-0,48
14	-0,51	-0,61	-0,16	-0,42	-0,45	-0,25
15	0,12	-0,72	-1,57	-0,46	-0,22	-0,32

Tabla 2. Calidad y conservabilidad de las unidades paisajísticas.

Unidad	Calidad	Conservabilidad	Unidad	Calidad	Conservabilidad
1	3,85	2,43	9	0,45	1,72
2	-1,28	0,90	10	-0,47	-0,83
3	-2,26	-0,16	11	1,23	0,6
4	3,44	5,63	12	1,61	4,01
5	-0,91	-2,08	13	0,2	1,05
6	0,81	1,41	14	-1,03	-2,4
7	-0,73	-0,87	15	-2,25	-3,17
8	-2,12	-2,58			

siguientes: los que hemos denominado «cerros», las láminas de agua y aquellos tipos de vegetación que menos se repiten en el ámbito estudiado (dehesas, fresnedas y vegetación de ribera). El parámetro singularidad, de nuevo, se mide con un porcentaje, de tal forma que aquellas unidades territoriales con proporciones más elevadas de superficie ocupadas por estos tres elementos (en relación con su superficie total) serían las consideradas más singulares.

Estos tres parámetros (naturalidad, variedad y singularidad) constituyen los elementos que se han considerado más significativos para medir la calidad del paisaje; el cálculo de la calidad resultaría de la suma de los valores de dichas variables para cada unidad:

$$\text{Calidad} = \text{Naturalidad} + \text{Variedad} + \text{Singularidad}$$

Para obtener unos resultados finales coherentes, se convirtió a una misma escala el valor de los tres parámetros citados, con un sencillo procedimiento de tipificación de variables (unidades z), empleando para ello la siguiente fórmula:

$$z = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma_x}$$

Este mismo proceso se aplicó al cálculo de todos los parámetros que se consideran a lo largo de esta propuesta metodológica, como se recoge en las tablas 1 y 2.

El resultado gráfico de este proceso queda recogido en la figura 3. Se trata de un diagrama en el que aparecen representadas las unidades de análisis en función de su valor de calidad del paisaje (agrupada en tres niveles), sobre el modelo digital del terreno.



Figura 3. Unidades paisajísticas agrupadas según índice de calidad.

A.2. Fragilidad

Atendiendo a las características que definen este concepto (tal como se ha planteado en el apartado 2), a la hora de valorarlo en cada uno de las unidades de paisaje se ha establecido un índice de fragilidad, integrado a su vez por varios componentes: fragilidad intrínseca, visibilidad y accesibilidad.

Para la definición de la fragilidad intrínseca se hacía necesario, en primer lugar, realizar un inventario de ocupaciones del suelo que pueden presentar valores más elevados o menos elevados de fragilidad (en función del aspecto visual del paisaje), y, a continuación, determinar el porcentaje de superficie que las ocupaciones frágiles suponen en el conjunto de la unidad estudiada. Se consideran ocupaciones del suelo frágiles aquéllas en las que cualquier actividad del hombre se haría muy visible. Por ejemplo, desde este punto de vista, la construcción de una vivienda dentro de un bosque queda más oculta a la observación que al realizarla en una zona de matorral o en un área cultivada, los árboles pueden ocultar más la vivienda que una vegetación rala o de bajo porte.

La fragilidad es una variable que se relaciona igualmente con la visibilidad que se tiene desde el exterior de la unidad considerada, así como con el número potencial de observadores. El SIG IDRISI permite la generación de cuencas visuales, entendidas como zonas desde las que es visible un punto o conjunto de puntos (mirador) o, recíprocamente, la zona visible desde un conjunto de puntos (el mirador). El trazado de las cuencas visuales parte de un fuerte apoyo topográfico y el resultado es un conjunto de unidades homogéneas frente a la respuesta visual; IDRISI, sobre la base del MDT de la zona, generado a partir de las curvas de nivel, toma como «mirador» a las celdillas integradas en cada una de las unidades paisajísticas estudiadas, definiendo el área que se hace visible desde esos puntos.

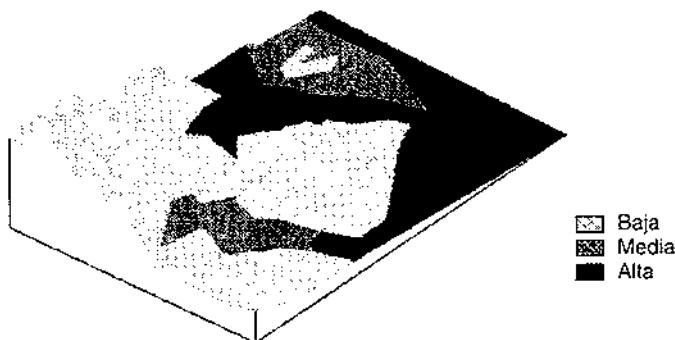


Figura 4. Unidades paisajísticas agrupadas según índice de fragilidad

El cálculo del porcentaje de superficie de otras unidades que percibe cada unidad integraría también el índice de fragilidad. Un índice que se complementaría al incluir en el mismo el porcentaje de superficie correspondiente a núcleos habitados y a tramos de vías de comunicación (todos ellos lugares muy concurridos por potenciales observadores) situados dentro de la cuenca visual de cada unidad paisajística.

Finalmente se multiplicarían los tres porcentajes establecidos. El porcentaje resultante ofrecerá de manera simplificada el grado de fragilidad de cada ámbito utilizando un criterio exclusivamente comparativo y válido sólo para la zona de estudio (figura 4).

B. Criterios de visibilidad

B.1. Receptividad

Se ha intentado cuantificar la receptividad poniendo en relación la visibilidad de zonas consideradas como naturales (ríos, vegetación natural, «cerros») frente a la observación de aquéllas que presentan signos de artificialidad (núcleos de población, carreteras).

De nuevo la generación de las cuencas visuales y la estructura teselar que nos ofrece IDRISI serán de enorme utilidad para la realización de los cálculos. El índice de receptividad de cada unidad de paisaje es un cociente en el cual el numerador sería la suma de la superficie de los diferentes aspectos del paisaje seleccionados por su significación paisajística natural en el ámbito de estudio: ríos y láminas de agua, vegetación natural, los altos relieves verticales, visibles desde cada zona, y el denominador la suma de las superficies de las áreas visibles ocupadas por núcleos de población o vías de comunicación, consideradas como elementos de degradación de la calidad del paisaje (ver resultados finales en figura 5).

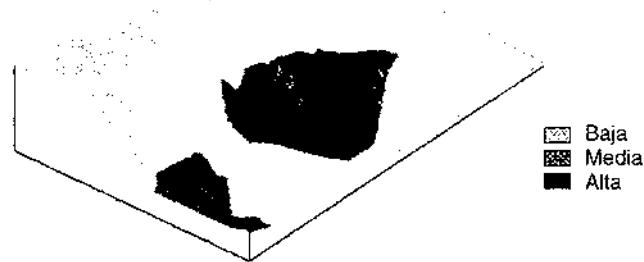


Figura 5. Unidades paisajísticas agrupadas según índice de receptividad.

B.2. Actividad

Esta variable se define como la visibilidad existente desde el exterior hacia el interior del ámbito estudiado. Haciendo uso de IDRISI se intentará equiparar la actividad a la superficie de la cuenca visual de cada una de las unidades paisajísticas; se trataría de comprobar la superficie de todo el ámbito que percibe o ve a cada unidad. Pero dado que en el resultado final de la cuenca visual influye la superficie de la unidad observada, en el cálculo de esta variable se ha de poner en relación la superficie que percibe a cada unidad con la superficie ocupada por la unidad observada (el mirador).

Como podemos comprobar en la figura 6, son escasas las unidades que resultan poco visibles. Esto es debido, fundamentalmente, a su menor extensión y a sus características topográficas, situadas a baja altura, por ejemplo.

4. Conservabilidad

Con el fin de poder integrar ambos conjuntos de variables, los criterios paisajísticos y los de visibilidad, y poder contar así con una evaluación mucho más global de las diferentes unidades en que se divide el territorio, se decidió establecer un nuevo parámetro: conservabilidad. Con él se pretendía determinar aquellas zonas que por sus características y calidad paisajística era conveniente preservar.

La conservabilidad se define como:

$$\text{Conservabilidad} = \text{Calidad} + \text{Fragilidad} + \text{Receptividad} + \text{Actividad}$$

Por lo tanto, una unidad de análisis será más conservable en la medida en que la calidad intrínseca de su paisaje sea más elevada, su fragilidad mayor y su receptividad y actividad más importantes. En esta definición de conserva-

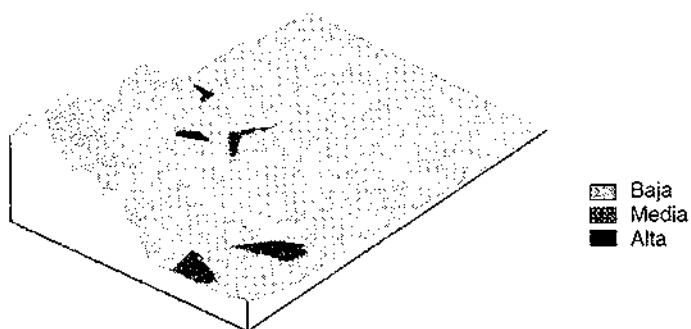


Figura 6. Unidades paisajísticas agrupadas según índice de actividad.

bilidad es muy discutible el hecho de asignar la misma importancia a las cuatro variables básicas mencionadas. Posiblemente sería más conveniente ponderar de modo desigual cada una de ellas, otorgando, por ejemplo, mayor peso e importancia a la calidad frente a la fragilidad o la receptividad y actividad. Esto queda a la elección del realizador del estudio. En esta ocasión no hemos ponderado de manera desigual los distintos factores, todos ellos se han considerado de la misma importancia en el establecimiento de la conservabilidad del paisaje visual de cada unidad territorial.

Las unidades paisajísticas con mayores índices de conservabilidad, resultaron ser las zonas más elevadas, áreas montañosas que ya de por sí cuentan con una alta estimación de calidad (figura 7).

5. Validez de la propuesta metodológica

Para confirmar de modo directo la validez de la propuesta se ha llevado a cabo trabajo de campo en el área sobre la que se ha realizado el presente estudio (hoja núm. 509 del MTN. Torrelaguna). La pretensión era realizar una valoración visual de las diferentes variables paisajísticas en cada unidad territorial, tal y como se viene realizando en los métodos tradicionales del estudio del paisaje, y comparar los resultados con los obtenidos por medios asistidos por el ordenador.

El ámbito estudiado posee una gran extensión y, debido a ello, intentar realizar una valoración paisajística pormenorizada de todo el territorio resultaría una tarea casi imposible. Por ello fueron visitadas y evaluadas sólo algunas de las unidades.

En una primera aproximación, se pudo constatar que las unidades que el SIG generó, teniendo en cuenta criterios físicos, tenían bastante lógica y presentaban una cierta homogeneidad en otros aspectos como ocupación o calidad.



Figura 7. Unidades paisajísticas agrupadas según índice de conservabilidad.

No cabe duda que los aspectos fisiográficos del terreno llevan implícitas connotaciones paisajísticas que los convierten en criterios adecuados a tener en cuenta en la división del territorio.

En la visita y el estudio realizados se observaron distorsiones mínimas entre los resultados de la valoración mediante SIG de los parámetros paisajísticos y los que se obtuvieron mediante el trabajo de campo; las pequeñas diferencias más bien eran achacables a la importante extensión de los intervalos de calidad, fragilidad, y otros parámetros que se establecieron en los mapas finales. Sin embargo, las diferencias de resultados entre una metodología y otra no son excesivamente importantes.

Algunas ideas concretas sobre las diferencias entre ambos métodos: en los estudios paisajísticos tradicionales la subjetividad adquiere una enorme influencia; el empleo de los SIG en estos estudios puede ayudar a salvar este inconveniente. Por ejemplo, la existencia en el territorio de elementos dispersos y poco integrados en el paisaje (un pequeño vertedero de basuras, por ejemplo), aunque con escasa extensión espacial, puede sugerir al evaluador y condicionar en sentido negativo la valoración global del paisaje de esa unidad. En los métodos asistidos por ordenador, el peso que dichos elementos pudieran tener en la valoración visual queda relegado ante la importancia que poseen otros elementos y en función de su reducida extensión superficial.

Sin embargo, un perfeccionamiento del método podría venir de la mano de una cartografía actualizada, que recogiera todos estos elementos y aspectos del territorio y que permitiera su posterior digitalización. Con ayuda de medios informáticos se podría generar áreas de influencia en torno a los mismos (cuencas visuales), reflejo de su mayor o menor integración en el paisaje; áreas que actuarían en el sistema de evaluación con signo negativo en cuanto a calidad.

Las desviaciones que pudiera presentar la metodología aquí presentada no sólo se relacionan con omisiones como la ya mencionada; la variación espacio-temporal de determinados elementos del paisaje también puede provocar cambios en la valoración del paisaje. Los embalses, por su enorme significación, fueron tomados en este estudio como elementos que influyan positivamente en la calidad paisajística de la unidad en la que se encontraran. No se consideró sin embargo que situaciones como la existente en el momento de llevar a cabo el trabajo de campo (Navidad de 1994), de sequía prolongada, que podrían cambiar el sentido de la calidad visual que otorgan a la unidad paisajística donde se integran; en ese momento no son elementos de calidad elevada sino todo lo contrario, constituyan un entorno desolador, vacíos de agua y con aspecto sucio y desordenado. Pero este resultado no puede invalidar la idea general de que estas zonas (los embalses y lagos) resultan más atractivas que repulsivas desde el punto de vista paisajístico.

6. Conclusiones

Se ha podido comprobar que la aplicación de los SIG al estudio paisajístico constituye un recurso metodológico de extraordinaria capacidad.

En primer lugar se podrían evitar muchas de las apreciaciones subjetivas al no tener que realizar la valoración del paisaje mediante encuesta, sino, simplemente, y con la ayuda del ordenador, intentando relacionar los elementos del paisaje con las posibles preferencias del público.

Pero el verdadero interés de la aplicación de los SIG a la evaluación paisajística reside en que ésta se puede llevar a cabo de una manera rápida y económica, lo cual facilita el estudio de grandes áreas. Los métodos tradicionales empleados en el estudio del paisaje requieren mucho tiempo y profesionales especializados en el tema, con experiencia en el manejo de todos estos conceptos. Obligan a realizar un análisis visual del área de estudio y un inventario de la ocupación del suelo, incluyendo vegetación, núcleos urbanos, elementos artificiales, etc. para poder investigar su rareza paisajística, su diversidad o su naturalidad.

Para ello, además de los citados profesionales, se precisan trabajos de campo y, sobre todo, un amplio y costoso material: fotografías aéreas, mapas, etc. La previa digitalización de las capas temáticas (variables con especial incidencia paisajística: áreas de vegetación, láminas de agua, altura del terreno, etc.) hace menos necesario todo el proceso anteriormente descrito, ya que los SIG permiten la integración de las múltiples variables que configuran el territorio, su almacenamiento, combinación y manipulación.

El tratamiento informático de la información seleccionada permitirá una constante actualización de la base de datos espacial tras cualquier modificación, mejorando las posibilidades de los estudios paisajísticos encuadrados dentro de una óptica temporal.

Los SIG ofrecen para el diagnóstico y valoración paisajística la posibilidad de integración de elementos georeferenciados. Esta capacidad facilita la capacidad de estudio del espacio geográfico y, consecuentemente, contribuye a racionalizar el proceso evaluativo de un paisaje.

En cualquier caso, siempre será necesario llevar a cabo trabajos de campo que permitan comprobar *in situ* los resultados proporcionados por el análisis asistido por el ordenador, pero la carga de esta actividad será mucho menor y más fácil de desarrollar. Creemos, por todo ello, que los SIG pueden constituir una interesante ayuda en las tareas de evaluación visual del paisaje.

Bibliografía

- ANDRÉS ORIVE, L.; BAÑÓN IRUJO, S.; CASADO PÉREZ, A.; LÓPEZ DE MATORANA RAHONA, A.; ROS GAMUZA, L. (1992). «Cartografía de paisajes para la conservación del territorio histórico de Ávila». En: *IV Jornadas sobre el paisaje*. Segovia 1992, edición policopiada.
- BOLÓS I CAPDEVILA, M. de (1992). *Manual de la ciencia del paisaje*. Barcelona: Masson, 273 p.
- BOSQUE SENDRA, J. (1992). *Sistemas de información geográfica*. Madrid: Rialp.
- BOSQUE SENDRA, J.; ESCOBAR MARTÍNEZ, F.J.; GARCÍA HERNÁNDEZ, E.; SALADO GARCÍA, M.J. (1994). *Sistemas de información geográfica: prácticas con PC ARC/INFO e IDRISI*. Madrid: Editorial RA-MA, 478 p. y dos discos de ordenador.

- CÁTEDRA DE PLANIFICACIÓN Y PROYECTOS DE LA ETESI DE MONTES. UPM (1982). *Guía metodológica para la elaboración de estudios del medio físico*. Madrid: Ceotma. Series manuales, núm. 3.
- EASTMAN, R. (1994). *IDRISI: A Grid-Based Geographic Analysis System. Version 4.1*. Worcester, Clark University.
- ESCRIBANO, M. del M. (1987). *El paisaje*. Madrid: Unidades temáticas ambientales de la DGMA. MOPU.
- FERNÁNDEZ CAÑADAS, M. (1977). *El paisaje en la planificación física. Aproximación sistemática a su valoración*. Tesis doctoral. ETSI de Montes. Madrid.
- GÓMEZ OREA, D. (1978). *El medio físico y la planificación*. Madrid: Cuadernos del CIFCA.
- HEBBLETHWAITE, R.L. (1973). «Landscape Assessment and Classification Techniques». En: Lovejoy (Ed.), p. 19-50. (Citado en la Guía metodológica para la elaboración de estudios del medio físico, p. 417.)
- PELICER CORELLANO, F.; CANCER POMAR, L. (1992). «El Galacho de Juslibol (Ebro medio): zonificación, valoración y propuesta de protección paisajística en un espacio de interés natural». En: *IV Jornadas sobre el paisaje*. Segovia 1992, edición polí-copiada.
- RAMOS FERNÁNDEZ, A. (1979): *Planificación física y Ecología. Modelos y métodos*. Madrid: Emesa.
- SANCHO COMINS, J.; BOSQUE SENDRA, J.; MORENO SANZ, F. (1993a). «La dinámica del paisaje: aplicación de un SIG raster al ejemplo de Arganda del Rey en Las Vegas de Madrid». *Catastro*, p. 35-51.
- (1993b). «Crisis and permanence of the traditional Mediterranean landscape in the central region of Spain». *Landscape and Urban Planning*, 23, p. 155-166.
- STEVESON, J. (1970). «Application of landscape evaluation». En: *Landscape Research Group Conference II*. (Citado en la Guía metodológica para la elaboración de estudios del medio físico, p. 418.)