

JOSÉ OJEDA ZÚJAR  
Geógrafo. Universidad de Sevilla

## LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y LA MODELIZACIÓN DEL PAISAJE\*

[\*]

Trabajo presentado en 2000

El término paisaje es claramente polisémico y, aunque desde diferentes disciplinas, incluso a veces desde la misma, se ha abordado desde enfoques epistemológicos diferentes, parece haber un relativo acuerdo en definirlo de forma genérica como el conjunto de aspectos perceptibles de un territorio, resultado de la interacción de factores naturales y antrópicos.

Los temas abordados en esta conferencia, más de carácter técnico/instrumental y aplicado que metodológico y conceptual (enfoque lógico ya que el autor no es especialista en paisaje), se centran en una presentación de las posibilidades que ofrecen los Sistemas de Información Geográfica – SIGs– como herramienta de trabajo para los especialistas en estos estudios de paisaje.

Los Sistemas de Información Geográfica se podrían considerar como el conjunto instrumental y de técnicas de análisis que permiten obtener información territorial, integrarla en una base de datos digital con referencia espacial, analizarla, representarla cartográficamente y modelizarla con la ayuda de un equipamiento informático y los programas adecuados. En definitiva, se trata de presentar algunas de las posibilidades que, para el análisis y estudio del paisaje, aportan lo que se está empezando a denominar tecnologías geoterritoriales, enfatizando el concepto de “tecnología” (ciencia de los medios). En este sentido, se incorporan las técnicas de teledetección –espacial, aérea y terrestre–, cuyo desarrollo en las últimas décadas proporciona una enorme cantidad de datos para el estudio del paisaje, los cuales, al obtenerse ya en formato digital (imágenes de satélite) o habiéndose facilitado su conversión desde el formato analógico convencional y su manipulación digital (el caso de fotografías aéreas), son fácilmente incorporables a una base de datos georreferenciada para su tratamiento en un SIG.

Una vez incorporados los datos territoriales necesarios para el análisis del paisaje en una base de datos con referencia espacial, los SIG aportan un variado conjunto de técnicas de análisis espacial, tanto si se utiliza un modelo de datos vectorial como raster. Adicionalmente a la conocida versión digital de las técnicas de superposición cartográfica –clásicas en los estudios de paisaje integrado–, los SIGs ofrecen un variado conjunto de técnicas de análisis aún no explorado en su totalidad por los especialistas en paisaje (análisis de intervisibilidad, correlación espacial, análisis de redes...).

La representación cartográfica/geográfica tanto de los datos territoriales como de los resultados de los análisis es una prestación ligada íntimamente a los SIG y de enorme utilidad en los estudios de paisaje.

Por una parte, los mapas siguen siendo el instrumento de planificación y ordenación por excelencia y, dado el enfoque de este seminario, su facilidad para ser generados por los SIGs se erige en una utilidad de enorme valor aplicado para los estudios de paisaje. A ello, habría que unir la incorporación de la tercera dimensión, hoy día prácticamente incorporada en cualquier SIG avanzado y escasamente utilizada en la cartografía convencional del paisaje, lo cual nos aporta, no sólo una visión más realista del territorio o de una cuenca visual, sino también una potente herramienta de trabajo en planificación.

Una última aplicación especialmente novedosa es la posibilidad de modelizar, de generar modelos. Esta función se entiende al menos desde dos puntos de vista: en primer lugar, la representación simplificada de la realidad perceptible, cuyas posibilidades ya se han puesto de manifiesto al hablar de la representación tridimensional del paisaje; la otra es, si cabe más interesante, ya que nos permite simular procesos y, por lo tanto, nos proporciona una herramienta de carácter prospectivo (¿qué pasaría si...?). Con las herramientas de modelización que podemos encontrar en los SIGs se abren posibilidades no sólo de evaluar los fenómenos y cambios paisajísticos pasados, sino también los posibles cambios/impactos futuros, otorgándole un enorme potencial aplicado ya que los resultados de estas modelizaciones pueden ser expresados cartográficamente e incorporados a los procesos de planificación y ordenación territorial.

Esta última función es la más integradora, pues generalmente necesita de los resultados de las anteriores y es la que justifica el título de esta intervención. Es decir, nos centraremos en las posibilidades de modelizar el paisaje, especialmente los aspectos perceptibles del mismo – fundamentalmente a través de la vista–; además la capacidad de modelizar procesos (la urbanización, por ejemplo) nos permitirá predecir impactos futuros (visuales, en el caso anterior), así como identificar los factores que controlan el aspecto formal/cultural del paisaje.

### 1. Las nuevas fuentes de información territorial y su manipulación en un SIG

Se puede decir, con toda seguridad, que durante las últimas décadas se ha producido una revolución en la cantidad y calidad de las fuentes de información territorial, así como en su tratamiento integrado dentro de un SIG, especialmente en algunas de ellas muy adecuadas a los estudios de paisaje por su carácter integral. Me refiero a las imágenes de satélite y a la fotografía aérea.

El carácter complementario de estas fuentes frente a la cartografía convencional se deriva, en primer lugar, de su carácter integral, es decir nos ofrecen una visión del territorio donde están integrados el relieve, la vegetación, los suelos..., si bien exigen un proceso de interpretación realizado por especialistas. Por otra parte, su periodicidad es elevadísima si la comparamos con los periodos de actualización de la cartografía clásica, es decir, podemos tener una imagen de satélite de primavera y otra de invierno de cualquier territorio con un nivel de detalle que se ha incrementado durante los últimos años hasta llegar a los 3-5 metros (satélites IRS...).

El carácter digital de la información la hace fácilmente integrable en un SIG y, en la actualidad, incluso manipulable por especialistas del paisaje no específicamente formados en el tratamiento digital de imágenes, dada la facilidad de uso de los nuevos programas.

En la fotografía aérea se ha producido una revolución similar. En principio, la disponibilidad de vuelos es muy abundante, a muchas escalas y con la posibilidad nada desdeñable paisajísticamente del color (e incluso del falso color).

La ventaja de las fotografías aéreas reside, adicionalmente, en la posibilidad de utilizar vuelos históricos, por lo menos desde los años 40-50, como fuente de información esencial para el estudio de la dinámica del paisaje. Pero, sin duda, en la actualidad estamos inmersos en otro cambio instrumental con la aparición de la fotografía digital y la disponibilidad de programas para su manipulación en asequibles ordenadores personales. Estos programas ponen a disposición del especialista en paisaje un conjunto de nuevas herramientas de trabajo como son la posibilidad de

generar ortofotos con la calidad geométrica de un mapa, anaglifos que permiten observar el territorio tridimensionalmente, modelos digitales del terreno, etc.

En realidad, si la fotografía aérea ya constituía una fuente de información esencial para los estudios de paisaje, el carácter complementario de las imágenes de satélite y la posibilidad de manejar ambas digitalmente y con la georreferenciación adecuada en un SIG, le proporcionan todavía un papel más relevante en los estudios de paisaje.

## 2. El tratamiento del relieve en un SIG. Su ampliación al estudio del paisaje

Un elemento siempre presente en los estudios de paisaje, y a todas las escalas, es el relieve, tanto si se trata de un enfoque sistémico, integrado, formal o perceptivo.

El tratamiento de la información altimétrica en un SIG aporta, en primer lugar, la posibilidad de representar el relieve como una variable continua, es decir pasar de la información discontinua existente en la cartografía convencional (curvas de nivel y cotas) a su representación como una superficie continua, aprovechando la posibilidad de utilizar diversos algoritmos de interpolación, o bien extrayendo directamente la información de la fotografía aéreas de forma casi automática (estereocorrelación). Al resultado de esta transformación es lo que se denominan modelos digitales del terreno (MDTs), elementos esenciales para trabajar en el paisaje en un contexto SIG. Una vez elaborado un MDT e integrado en la base de datos, las funciones de análisis incorporadas en los programas de SIG permiten eficientemente extraer variables derivadas de la altura, pero de gran significación paisajística. Entre ellas la pendiente, la orientación de cada parte del territorio, la extracción de la áreas de sombra, la cuantificación de la insolación, etc. A su vez, nos permiten la identificación, de forma automática, de elementos morfológicos del mayor interés paisajístico como las líneas de cumbres, las vaguadas, etc.

El análisis de esta información, y su integración con otras variables territoriales (vegetación, zonas urbanas, etc...), nos permiten modelizar, casi instantáneamente, los límites de una cuenca visual y su evaluación (extensión, fragilidad,...), así como simular los posibles impactos por nuevas intervenciones territoriales (carreteras, edificios, etc...) y darle expresión cartográfica.

En el aspecto de la expresión cartográfica del relieve, o de los resultados de un estudio paisajístico donde inevitablemente esta variable participa de forma notable, los avances técnicos llevados a cabo durante los últimos años han sido notables.

En primer lugar, la representación plástica del territorio ha mejorado sustancialmente; hoy es posible integrar en una imagen georreferenciada las alturas y las sombras, incluso una fotografía aérea y cualquier variable derivada de la altimetría, desde la propia altura hasta la pendiente o la orientación de cada píxel, obteniéndose imágenes de gran contenido paisajístico, pero que siguen siendo bases de datos georreferenciadas y, por lo tanto, con información alfanumérica accesible desde los SIG. Es decir, no sólo son imágenes plásticas del territorio, sino que poseen información que es posible interrogar o integrar en futuros análisis.

Finalmente, el hecho de poseer información altimétrica en un SIG en la forma de un MDT, permite la representación tridimensional no sólo del relieve, sino de cualquier otra variable paisajística integrada en el SIG y que comparta su sistema de coordenadas. De esta forma podemos “ver” tridimensionalmente una fotografía aérea desde cualquier perspectiva imaginable o podemos superponerle la vegetación y valorar su impacto desde la perspectiva de la intervisibilidad. Desde esta óptica, el paisaje urbano puede analizarse integrando visualmente la altura, una variable que

define por sí sola importantes aspectos paisajísticos del tejido urbano, y escasamente utilizada en los estudios paisajísticos de la ciudad en su dimensión real.

Además, estas representaciones tridimensionales se diferencian de las sintéticas, elaboradas por otros programas (de diseño gráfico por ejemplo), en que no pierden la información temática asociada a ellas, con lo cual podemos indagar cualquier elemento de las mismas o llevar a cabo a partir de ellas cualquier tipo de análisis usual en dos dimensiones (intervisibilidad, accesibilidad, etc...).

### 3. Consideraciones finales

Parece claro que los SIGs constituyen una potente herramienta para analizar y modelizar el paisaje; sus funciones analíticas permiten la integración espacial de las variables más utilizadas en los estudios paisajísticos, integración esencial en la mayor parte de los enfoques metodológicos habituales. Su utilidad en la fase de “inventario” de los elementos territoriales es obvia, si bien es necesario poseer una formación cartográfica adecuada, aunque sea básica, tanto desde la perspectiva métrica como semiológica. La facilidad de uso de estos programas en la actualidad no debería olvidar este principio básico, ya que el éxito de los análisis se basa en que todos los elementos compartan una misma geometría, así como su expresión cartográfica no es un proceso mecánico y automatizado sino que se debe regir por los principios de la semiología, es decir, los mapas son documentos dirigidos a la vista y deben transmitir la información de la forma correcta para ser interpretada adecuadamente (no son documentos exclusivamente estéticos).

Las funciones analíticas de los SIGs (interpolación, intervisibilidad, clasificación estadística, accesibilidad..) constituyen magníficas herramientas de análisis y evaluación para los especialistas en el paisaje, y el carácter digital de los datos permite la realización de modelos realistas del paisaje y la modelización de los procesos que controlan su dinámica.

La posibilidad de representar cartográficamente (en dos o tres dimensiones) tanto los elementos paisajísticos –individualmente o de forma integrada–, o los resultados de una evaluación de ellos (impactos visuales por ejemplo), enlaza directamente con su aplicación práctica en los procesos de planificación y ordenación. Los avances producidos desde la perspectiva técnica (ordenadores más potentes, nuevos programas, facilidad de uso...) se combinan en la actualidad con una creciente disponibilidad de información en formato digital (cartografía topográfica digital, DTMs, imágenes de satélite...), hecho de gran transcendencia para la difusión de los SIGs entre los especialistas del paisaje, ya que la generación de las bases de datos había sido hasta ahora una de sus principales limitaciones.

[fig. 1]

Representación tridimensional de la desembocadura del Guadiana.

[fig. 2]

Capas de información de un SIG.

[fig. 3]

Imagen de satélite IRS: tamaño píxel de 5 metros.

[fig. 4]

Fotografía aérea: escala 1:40.000.

[fig. 5]

Modelo digital con sombras: costa occidental de Huelva.

[fig. 6]

Representación tridimensional del pueblo de Olvera (Cádiz).

[fig. 7]

Representación tridimensional del centro histórico de Sevilla.

[fig. 8]

Delimitación automática de una cuenca visual.