

La dinámica del paisaje: aplicaciones de un SIG raster

Al ejemplo de Arganda del Rey en las Vegas de Madrid

JOSE SANCHO
COMINS
JOAQUIN BOSQUE
SENDRA
FERNANDO
MORENO SANZ

El paisaje ha sido, entre los geógrafos, un tema de permanente interés. Siempre fue contemplado como la expresión más fiel de la íntima trabazón que los elementos del marco natural y el propio quehacer de los hombres desarrollaron sobre la superficie de la tierra. En el paisaje se lee la historia. En el paisaje se manifiesta la fuerza de la naturaleza. Al fin, un monumento, auténtico patrimonio cultural y natural, se alza sobre la epidermis de nuestras tierras; sus cimientos quedan enraizados en la solera del tiempo y su cara vista nos relata, como en un espejo, nuestro propio devenir y el de los eventos naturales acaecidos. Allí quedaron impresas las huellas de una determinada decisión política; allí se percibe la honda entalladura que un río labró a lo largo de milenios o los soberbios taludes que un día la fuerza tectónica levantó desde el profundo mar dormido. El trabajo de los hombres y agentes físicos queda, en suma, reflejado en esa estampa, bella las más de las veces, que acompaña el devenir de la vida.

El aprecio por el paisaje ha crecido de modo extraordinario en los últimos tiempos. La propia Comisión de las Comunidades Europeas ha manifestado, una y otra vez, un interés por fomentar medidas que lo protejan: «La necesidad de mantener un tejido social en las re-

giones rurales, de conservar el medio natural y salvaguardar el paisaje creado a lo largo de dos mil años de agricultura, son motivos determinantes en la elección que la sociedad hace por una Europa Verde que al mismo tiempo que protege el empleo en la agricultura sirve los intereses a largo plazo de todos los ciudadanos europeos» (Comisión CE, 1985). Más recientemente, tanto en las directrices aprobadas en mayo de 1992 dentro del marco de la Reforma de la PAC, como en documentos posteriores (Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo y al Consejo de 23 de septiembre de 1992) se insiste en el gran interés por la salvaguardia del paisaje como patrimonio de la cultura europea.

A los tradicionales métodos y técnicas que durante decenios hicieron posible el conocimiento del paisaje por parte de los científicos, se suman hoy nuevas fuentes y procedimientos. Entre estos últimos cabe destacar dos: la teledetección y los Sistemas de Información Geográfica. En efecto, nuestros ojos ven ampliadas sus posibilidades al poder leer más finamente el paisaje con la ayuda de los sensores a bordo de los satélites artificiales; los SIG, por otra parte, ofrecen sus poderosos sistemas de tratamiento de la información territorial. Viejas inquietudes,

pues, revalorizadas hoy, y nuevas tecnologías se dan la mano para mejor comprender y mejor ordenar el territorio.

El paisaje tiene para nosotros un doble interés científico. Por un lado, queremos conocer su morfología actual y reciente evolución; por otro, nos preguntamos por su funcionalidad. De lo visible a lo estructural: éste es el procedimiento. Primero conocer los aspectos fisionómicos, puramente formales, que caracterizan un entorno; la ocupación del suelo se vuelve elemento decisivo. Después, adentrarse en la trama profunda del propio paisaje hasta desentrañar los sistemas que animan al mismo. No debe, en ningún caso, dejarse de considerar la propia percepción que el hombre tiene de su entorno. Una serie de mapas analíticos nos servirá para mostrar los diferentes aspectos morfológicos y funcionales; posteriormente, la evaluación sintética quedará plasmada en un solo mapa que, al mismo tiempo, exprese la dinámica acaecida, la transformación estructural y la propia valoración cualitativa y ambiental del paisaje.

La aplicación de un SIG en el proceso de análisis que venimos de perfilar tiene un triple sentido: docente, investigador y operativo. En el plano docente cabe destacar la idoneidad de este recurso técnico como instrumento o herramien-

ta que ayuda, decisivamente, a cumplir uno de nuestros objetivos: el aprendizaje de un método de análisis territorial. La generación de diferentes capas temáticas, susceptibles de ser puestas en relación, obliga a los estudiantes a extremar las medidas de la calidad de ejecución y, también, a reflexionar, profundamente, sobre el sentido de su creación. Un SIG exige que los productos introducidos en el mismo tengan el rigor necesario y cumplan a la perfección las estipulaciones técnicas; vano será el intento de pasar a la fase de análisis si las capas temáticas no están bien construidas. Por otra parte, la potencia de análisis de un SIG exige del usuario una capacidad de reflexión muy grande; la iniciativa del operador no puede quedar ahogada en las inmensas posibilidades ofrecidas por el soporte informático. Ese doble objetivo —rigor en la creación de las capas temáticas y desarrollo de la capacidad reflexiva— constituye la base de nuestro quehacer docente.

Desde el punto de vista de la investigación la aplicación de un SIG supone múltiples ventajas: rapidez, rigor y mayor capacidad de análisis, entre otras. La posibilidad de añadir a la percepción cualitativa las medidas numéricas incrementa la riqueza de las conclusiones. El conocimiento del territorio se objetiviza más al aumentar el propio SIG la cantidad y el tipo de información a tener en cuenta en el proceso de análisis. Corresponde, no obstante, al investigador ponderar el papel de una herramienta tan poderosa que de convertirse en protagonista puede alejar al hombre de la propia realidad.

Queda, por último, hacer mención del valor operativo de un SIG. Sobre este extremo es probada su eficacia; tanto en el ámbito urbano como en el rural, en la gestión de recursos, como en la planificación ambiental son numerosos los profesionales que utiliza esta herramienta; a las instituciones gubernamentales y los órganos de política territorial les resulta necesario. En el trabajo que a continuación desarrollamos se

proponen, de hecho, unas medidas que tiendan a corregir los desajustes paisajísticos que se han producido en un espacio muy concreto. El término municipal de Arganda del Rey, en las Vegas de Madrid, concita un interés muy grande por la evolución vivida en los últimos treinta años y la situación actual llena de incertidumbre.

Aspectos metodológicos para el análisis del cambio espacial y temporal desde un Sistema de Información Geográfica

Los Sistemas de Información Geográfica constituyen herramientas muy adecuadas para la descripción y la explicación de las distribuciones espaciales de los fenómenos de la realidad. Se asemejan a un mapa y, de hecho, algunas de sus funciones han sido imitadas de las construidas en la tradición cartográfica (Bosque Sendra, 1992, pp. 32-33).

Por el contrario, al igual que ocurre en la cartografía clásica, el análisis de la evolución temporal de un hecho, y más en concreto de la dinámica temporal de las distribuciones espaciales, presenta difíciles problemas que los SIG actualmente disponibles resuelven con dificultad.

No obstante, es necesario insistir en el hecho fundamental de que el tiempo constituye un elemento fundamental para el entendimiento de la realidad geográfica, incluso se ha podido decir que el factor que diferencia al espacio geográfico (el interesante para un SIG) del puramente geométrico es el tiempo, y los cambios de los fenómenos a lo largo de su transcurrir, para darle sentido y profundidad causal a los hechos que se producen en el espacio. Por ello, una de las cuestiones más acuciantes, para hacer aún más útiles los SIG, es el desarrollo de un tratamiento adecuado del

tiempo como una de sus funciones esenciales (Langran, 1992).

La resolución de esta cuestión plantea dos problemas; en primer lugar, crear un modelo de datos que sea capaz, de modo eficiente y económico, de representar el espacio geográfico y el tiempo en que se integra; por otra parte, la creación de nuevas funciones analíticas (búsqueda selectiva de información, modelado cartográfico, representación cartográfica...) que, simultáneamente, tengan en cuenta la existencia del hecho espacial y de su dimensión temporal.

SIG y Tiempo. Problemas generales

Una primera cuestión fundamental es la de cómo considerar, de manera genérica, el tiempo en relación al espacio. La solución más sencilla es tratarlo como una nueva dimensión cartográfica, que se debe añadir a las dos tradicionalmente consideradas en los mapas. Una nueva dimensión que, además, se superpone de manera independiente a las anteriores. De este modo el mapa espacio-temporal, que el SIG representa digitalmente, contiene tres dimensiones independientes (dos espaciales y una temporal), cada una de las cuales ofrece un nuevo valor para localizar la posición de un fenómeno, en este caso se trata de la localización espacio-temporal del hecho en cuestión. En otras palabras, la concepción básica del tiempo que subyace a este planteamiento sería la de un espacio-tiempo newtoniano, es decir un contenedor o caja de referencia, que permite localizar, los hechos del territorio (Langran, 1992, p. 28-29).

Partiendo de esta concepción del tiempo como nueva dimensión cartográfica, uno de los problemas derivados es cómo representarla digitalmente en el ordenador. Para resolver este tema es preciso considerar algunas definiciones fundamentales: la descripción espacio-temporal de un objeto geográfico se compone de estados, es decir, los valores temáticos adoptados por ese hecho en un momento del tiempo, junto a su posición en el espacio. Los pasos de un

estado a otro se producen por el ocurrir de unos eventos que indican, ya sea el cambio de los valores temáticos, ya sea de la posición espacial del objeto considerado. La cuestión básica reside en qué se debe representar digitalmente en un SIG, los estados o los eventos, o ambos a la vez.

Existen varias posibles soluciones relacionadas cada una de ellas con ciertos planteamientos sobre la más adecuada estructura conjunta del tiempo y del espacio. En la concepción denominada cubo espacio-temporal, planteada por primera vez en Geografía por el profesor T. Hagerstrand (Hagerstrand, 1991; Díaz Muñoz, 1991 y 1992), tanto los estados como los eventos aparecen de manera explícita, lo que facilita una comprensión cabal de muchas de las cuestiones básicas que el tiempo ocasiona, por ejemplo, el conocimiento completo de la secuencia temporal de los acontecimientos, etc. No obstante, a pesar de su gran interés intrínseco esta concepción del tiempo resulta muy difícil de transmitir con total fidelidad a una representación digital; por ejemplo, su carácter esencialmente continuo y analógico, hace muy complicada su traducción a una versión digital y discreta. Por ello, aunque puede constituir un punto de referencia todavía no alcanzado, no se ha reflejado aún en su utilización en el ámbito SIG.

Una segunda concepción del espacio-tiempo, es la que se puede denominar en secuencia de mapas (Langran, 1992, p. 38), ahora solo se recogen los estados alcanzados por los hechos geográficos a lo largo de la dimensión tiempo, los eventos no se representan y quedan implícitos en la variación de los estados. En esta forma, mucho más simple que la anterior, resulta más sencillo y asequible elaborar una representación digital del espacio-tiempo. Como veremos más adelante, en este caso es muy fácil su representación en un SIG de tipo raster.

En Langran (1992, p. 39-42) se plantean otras dos formas de concebir el es-

pacio-tiempo y sus componentes, las denominadas: mapa inicial con modificaciones y composición espacio-temporal. Ambas parten de una representación vectorial del espacio, considerando los distintos estados como nuevos atributos temáticos de cada objeto geográfico representado. En la obra mencionada se defiende, como la más adecuada, la composición espacio-temporal, la cual se basa, en gran medida, en una ampliación de la representación vectorial-topológica del espacio, de modo que se tiene que desarrollar, y representar en la base de datos, una topología de los acontecimientos temporales. No obstante, su indudable interés, dado que en este trabajo no se ha utilizado, y que de hecho no existen programas comerciales (que nosotros sepamos) que la hayan implementado en la práctica, no continuamos su discusión.

La secuencia de mapas es la concepción del tiempo más adaptada a su tratamiento en un SIG raster. Como ya hemos indicado, cada estado de los hechos geográficos se representa como un mapa o estrato temático de la base de datos. Una cuestión crucial en esta situación es el período de tiempo entre dos estados de la base de datos; la elección de este parámetro es fundamental, si se elige demasiado amplio no todos los estados podrán ser captados, perdiéndose la posibilidad de observar todos los eventos que se produzcan. Por el contrario, la consideración de un período de observación entre estados muy reducido, conduce a bases de datos muy voluminosos y difíciles de manejar. Se trata, por lo tanto, de una cuestión semejante a la elección del tamaño del pixel de un SIG raster (Bosque Sendra, 1992, p. 295-296), que determina la resolución espacial de los fenómenos que se podrán observar en la base de datos. La problemática es, por lo tanto, semejante y su resolución puede consistir en emplear la misma lógica que en el caso puramente espacial. Establecer la mínima unidad temática temporal que se desea observar en la base de da-

tos, es decir, cuál es el tiempo más corto existente entre los eventos que se desean señalar, a partir de ello, el tiempo entre estados se podría fijar en la mitad de ese período de observación, para tener cierta seguridad de que todos los eventos pertinentes se incluyen en la base de datos.

El cambio espacial

Una vez aceptada una forma de representación digital de los hechos espacio-temporales, en concreto la denominada secuencia de mapas, representada en un SIG raster, la siguiente cuestión es plantear funciones analíticas y de cartografía que nos permitan explorar la base de datos así construida y entender de modo más perfecto sus características. Se han dado algunos pasos en este sentido, como es la definición del llamado cambio espacial, que se puede considerar una aproximación al conocimiento de los eventos que han afectado a la realidad geográfica representada en el SIG (Eastman y McKendry, 1991).

Una definición muy simple de este concepto sería la siguiente: Cambio espacial es la diferencia significativa, en las características temáticas de una región, entre dos fechas. Dada la existencia de errores en la medición de cualquier variable temática en cada momento, parece conveniente precisar esta definición de modo que se considere que el cambio espacial es una diferencia temática que es distinta de la variación normal (derivada, como ya se ha indicado, de las dificultades de la medición o de fluctuaciones menores en las variables) que tienen los valores temáticos de la región.

Una combinación de más de dos estados en una base de datos produce una serie temporal, la cual permite la observación del cambio espacial en una secuencia de fechas.

Las técnicas para establecer el cambio espacial varían en función del nivel de medida (variables cuantitativas y cualitativas) de las características estudiadas en la región (Bosque Sendra, 1992, pp. 34-38).

Mapa 1. Situación del municipio de Arganda en la Comunidad de Madrid



entre dos momentos temporales. Para separar el cambio real de la variación normal, los citados autores proponen llevar a cabo un histograma de las variaciones encontradas, comprobar si se aproxima a la curva de Gauss, y usar la media y la desviación típica para generar un umbral de significación (media + 3 desviaciones típicas y media - 3 desviaciones típicas), solo las variaciones que superen estos umbrales (y que, de acuerdo con la teoría estadística, es poco habitual que se produzcan) se podrán considerar un cambio espacial verdadero, no una simple fluctuación aleatoria.

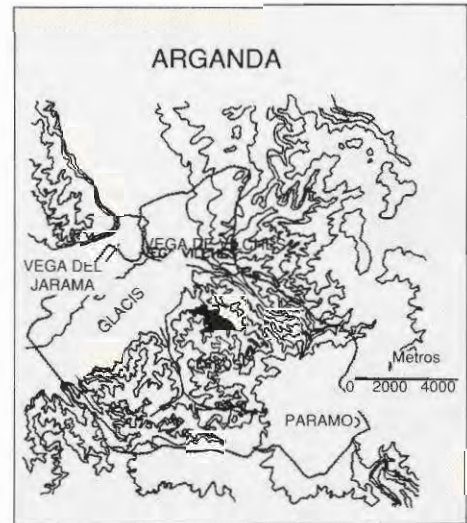
El análisis del cambio espacial en variables cualitativas

En el caso de tratarse de variables nominales u ordinales, justamente las implicadas en este estudio sobre la dinámica del paisaje del municipio de Arganda, el cambio espacial a determinar se refiere a la naturaleza del fenómeno observado en los dos estados temporales (1956 y 1990) y no a su magnitud numérica. Por ello, en estas situaciones la diferenciación del cambio real frente a la fluctuación normal es más sencilla, ya que un cambio que afecta a la naturaleza del fenómeno no parece posible sea producido por una variabilidad normal de base aleatoria, sino, por el contrario, debe estar relacionado con la acción de factores causales definidos (Bosque Sendra y otros, 1991).

El procedimiento usualmente recomendado para estudiar el cambio espacial en esta concreta situación es la denominada tabulación cruzada e intersección de los dos mapas (Bosque Sendra, 1992, pp. 320-321). Una precaución importante, que facilita en gran medida la interpretación de los resultados es que ambos mapas/estratos de la base de datos del SIG raster, tengan la misma o muy parecida leyenda.

La tabulación cruzada genera una tabla de doble entrada, en las filas se sitúan las variantes existente en la leyenda de uno de los dos mapas, en las columnas las variantes del otro mapa. Cada casilla de es-

Mapa 2. Areas fisiográficas

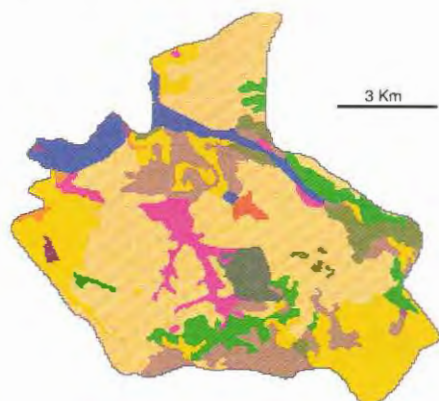


ta tabla indica la superficie del área que se encuentra en ese cruce de variantes de las dos fechas. Las casillas de la diagonal principal muestran la estabilidad de las situaciones entre las dos fechas o estados, el no cambio. Las casillas fuera de la diagonal muestran el cambio espacial ocurrido entre los dos estados, justamente el aspecto que deseamos medir. La intersección de los dos mapas/estratos de la base de datos origina otro mapa (un nuevo componente de la base de datos), donde se combinan cada una de las variantes de un mapa con cada una de las del otro.

Finalmente, puede resultar muy útil emplear algunos índices estadísticos para medir la amplitud espacial del cambio. Existen para ello numerosas posibilidades, una muy conocida es la prueba de la J_i^2 , que permite decidir si el cambio espacial ha afectado a un ámbito mayor o menor que la estabilidad (Bosque Sendra, 1992, pp. 153-154).

La utilización de estos procedimientos permite establecer conclusiones de gran interés sobre la evolución de los valores temáticos de una región a lo largo

Mapa 3. Ocupación del suelo.
Arganda 1956



del tiempo, existen ya algunas contribuciones interesantes a este tipo de estudios, en especial referidos a la dinámica temporal del paisaje, por ejemplo, entre otros, los siguientes: Castro Ríos y García-Abad (1993); Otero Pastor (1993); Sancho Comins y Bosque Sendra (1991).

Arganda del Rey: un municipio de las Vegas de Madrid

El término municipal de Arganda se halla situado al SE de la Comunidad de Madrid, distando su núcleo urbano 27 km de la capital (mapa 1). Su superficie es de 79'7 km² sobre los que se asienta una población de 28.878 habitantes (marzo 91).

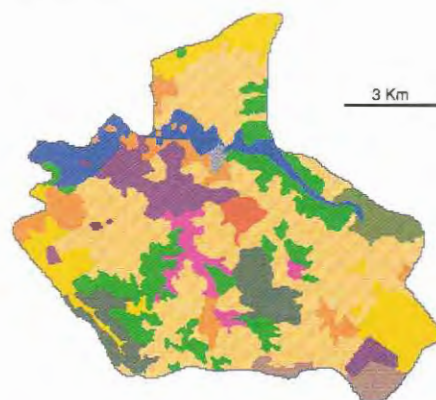
El relieve, en una primera aproximación, presenta tres unidades claramente

diferenciadas y fáciles de apreciar en un recorrido NO-SE, coincidente con el trazado de la carretera N-III: La primera unidad es la llanura que se extiende desde el cauce del Jarama, a unos 530 m sobre el nivel de mar, por su margen izquierda y se prolonga en un suave glacis hasta las proximidades del pueblo (580 m), con una anchura total del conjunto de unos 3 km. La segunda unidad es la más accidentada. Se trata de las vertientes y cerros que, conforme se avanza hacia el SE, sirven de enlace, a lo largo de otros 3 km aproximadamente, con la tercera unidad, una plataforma extensa que, con una altitud de 750 m, es también prácticamente llana como la primera unidad descrita. Esta última comprende todo el sector suroriental del término, oscilando su anchura entre los 3 y 4 km.

Fisiográficamente, la parte más baja y llana de la primera unidad corresponde a la vega del Jarama que comprende el fondo de valle y la llanura de inundación, mientras la suave rampa de ascenso hacia el SE, o sea, la parte inferior del glacis, enlaza ya con la vertiente y cerros de morfología escalonada debida a continuos procesos de erosión, encajamiento fluvial y deposición (restos de terrazas medias y altas) durante el Cuaternario. Por último, la superficie culminante -el páramo- se alcanza mediante el ascenso, a veces brusco, desde la unidad anterior. Corresponde a una superficie estructural formada en el Plioceno y modificada por la erosión, con acusadas entalladuras debidas a los arroyos remonantes que la acometen por su borde (mapa 2).

En ese hipotético recorrido del término, de NO a SE, los materiales van siendo más antiguos conforme avanzamos. Primero la vega, con un amplio desarrollo de la terraza baja del Jarama, instalada sobre el substrato sedimentario de la cuenca terciaria (Cuenca de Madrid), presenta materiales detríticos con predominio de arenas y limos, gravas y arcillas. En esta llanura aluvial holocena, los materiales de mayor granulometría se

Mapa 4. Ocupación del suelo.
Arganda 1990



extraen profusamente como áridos para la construcción.

El glacis bajo, tendido, que limita la vega hacia el SE, sobre el que se instaló el polígono industrial, presenta en superficie gravas poligénicas, arenas y limos de la terraza pleistocena que confiere a esta zona una abundante pedregosidad. Y bajo estos materiales, nuevamente los materiales del Mioceno medio, con arenas finas y niveles de yesos que, al ascender a las vertientes y cerros de enlace con el páramo, afloran junto con margas, calizas y dolomías correspondientes al Aragoniense medio y superior.

A mayor altitud, pero sin alcanzar aún la superficie del páramo, se aprecian los conglomerados, arenas y arcillas del Mioceno superior (Vallesiense) que, finalmente, dan paso a las calizas y mar-

gocalizas del páramo (Vallesiense-Turoliense-Plioceno inferior). Estas calizas, con potencia que supera los 15 m son explotadas en grandes canteras localizadas al SE del término, destinándose a la fabricación de cemento y cal, además de utilizarse como árido en la construcción. Su aspecto rojizo, debido a las arcillas de decalcificación, nos habla de su intensa fracturación y karstificación lo que, por otra parte, favorece la aparición de surgencias donde la topografía corta el substrato margoso o arcilloso impermeable, como es el caso de los manantiales de Vilches y Valtierra, permanentes todo el año.

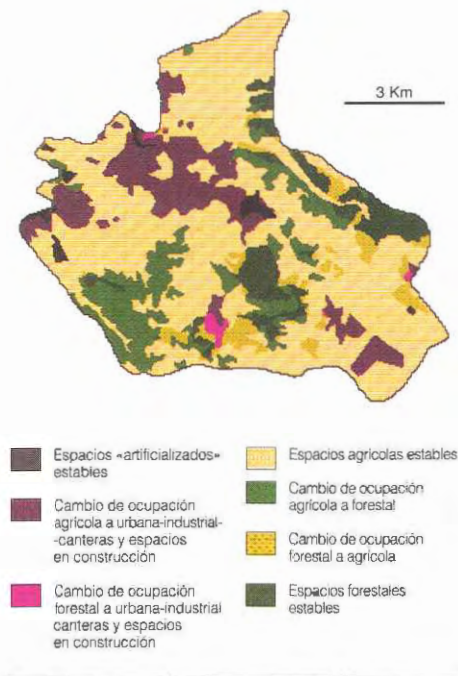
Un clima Mediterráneo Templado Seco, con inviernos frescos, caracteriza el ámbito geográfico en el que se encuentra Arganda del Rey. La precipitación, alrededor de 430 mm anuales, se concentra en torno a los equinoccios, con máximos en noviembre y febrero y mínimos estivales muy acusados (cuatro meses con menos de 30 mm mensuales, de los que julio y agosto sólo reciben entre 5 y 10 mm cada uno, en alguna tormenta).

La temperatura media anual apenas llega a 14°C, alcanzando y superando las medias mensuales de junio, julio y agosto, los 20°C. La media de las máximas de mayo a octubre supera los 30°C, destacando julio con 39°C como el mes más caluroso, pudiendo ocasionalmente alcanzarse los 40°C.

Respecto a las temperaturas mínimas hemos de señalar la importancia de las inversiones térmicas, frecuentes en otoño, invierno y principios de la primavera en la parte baja (fondo del valle) del término. Son debidas al fuerte enfriamiento nocturno, con acumulación de aire frío que hace que se alcancen con frecuencia temperaturas en torno a 5°C negativos, especialmente en diciembre, enero y febrero, bajando ocasionalmente (en diciembre, que es el mes más frío) hasta -8°. La estación libre de heladas es, por tanto, de sólo 5 meses, aunque en el entorno predominen los lugares con 6.

El aire frío muy estable, que se pega contra el suelo, estancándose en las áreas

Mapa 5. Dinámica - estabilidad global, 1956-1990



de menor cota, provoca además nieblas que limitan la radiación solar. Por eso, aunque Arganda se encuentra en un área cuya radiación se mantiene entre 4 y 4'3 kwh/m²/día, el sector de «las lagunas» junto al Jarama, recibe sólo un valor entre 3'7 y 4.

Por la variación de humedad, al agotarse la reserva hídrica más de 45 días en los cuatro meses siguientes al solsticio de verano, los suelos son xéricos, predominando (según la soil taxonomy) los siguientes órdenes:

- Entisoles, modernos y poco evolucionados en la vega. Son permeables, profundos y, lógicamente, su origen está en los aportes fluviales. La poca profundidad que en ellos alcanza la capa freática, permite el desarrollo de especies riparias de tipo atlántico, fundamentalmente salicáceas (sauces y álamos) en un entorno que pertenece en su totalidad al piso bioclimático Mesomediterráneo.

- Aridisoles, pobres y con serias limitaciones para los cultivos, localizados en las vertientes de enlace con el páramo y en los cerros. Una formación de garriga poco espesa, con pastos ralos, estepa, tomillo, romero, esparto y alguna coscoja arbustiva, representan la cubierta vegetal xerófila, bien adaptada a la prolongada sequía estival.

- Inceptisoles, de evolución intermedia y profundidad muy variables, aunque escasa en general y con rodales de roca aflorante, en el páramo. Es el dominio del encinar como especie arbórea y arbustiva (carrascal) típicamente mediterránea.

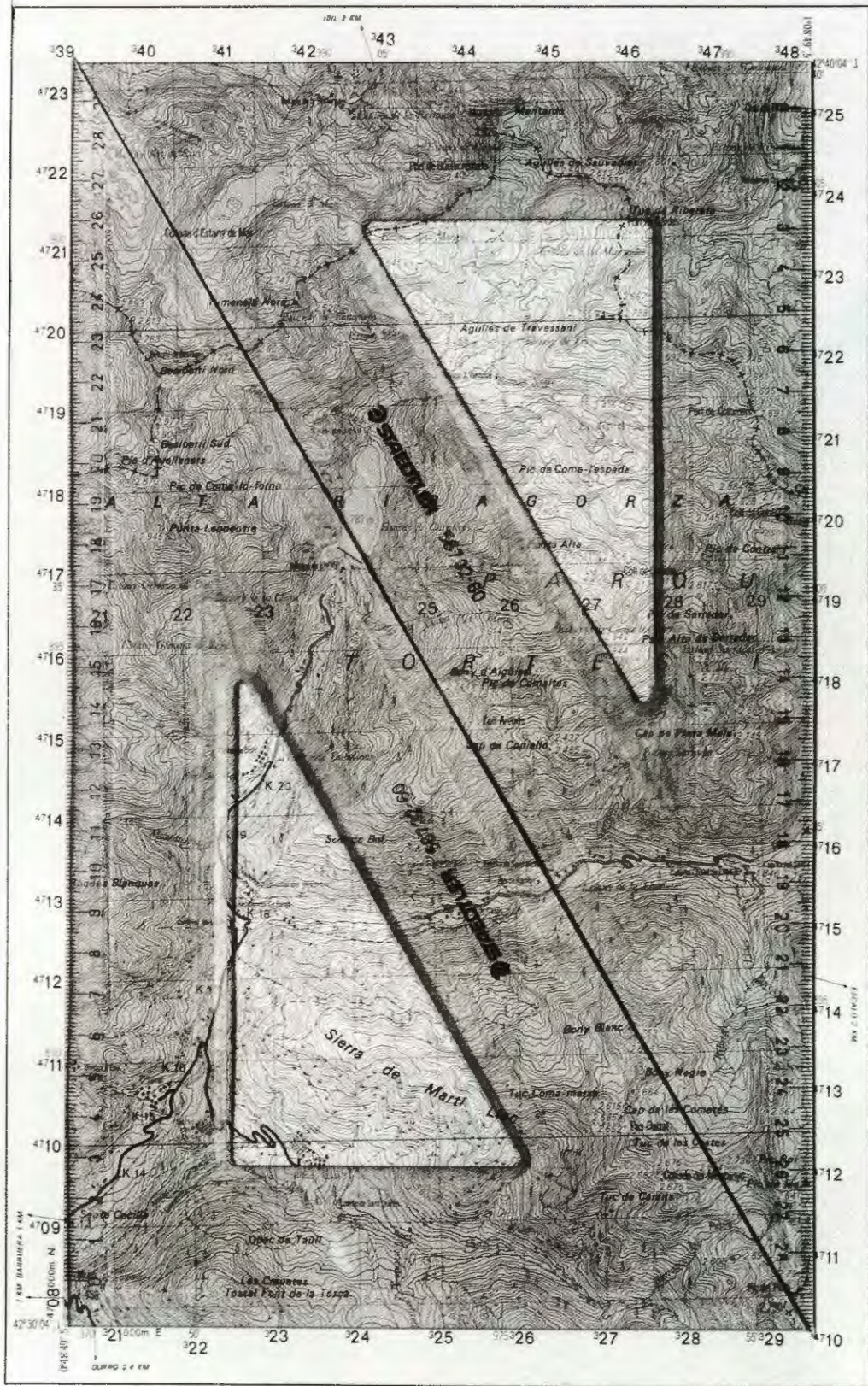
La dinámica morfológica del paisaje

Desde el punto de vista paisajístico, el cambio operado en los últimos treinta años en el municipio de Arganda del Rey ha sido muy significativo. La elaboración de sendos mapas de ocupación del suelo, correspondientes a dos momentos representativos de la evolución acaecida, se hacían necesarios; ellos debían convertirse, de hecho, en elementos fundamentales del proceso de análisis que se proponía describir cualitativamente y medir cuantitativamente la transformación aludida.

Las fuentes utilizadas fueron los fotogramas del Vuelo Nacional de 1956 (1) y la ortoimagen del sensor TM del satélite LANDSAT de 1990 (2). Mediante la fotointerpretación de estos documentos, y teniendo como herramienta de clasificación la nomenclatura CORINE LAND COVER (Sancho 1988-89), se obtuvieron las primeras minutas de los dos

(1) El vuelo se realizó en marzo de 1956, habiéndose utilizado en este estudio los siguientes fotogramas: R-1 (del 20 al 25); R-344 (del 35138 al 35143).

(2) La imagen es de 11 de agosto de 1990. Se corresponde a una composición en falso color que combina las bandas 4-5-3 en la que el tamaño del pixel se ha remuestreado a 10 m. Publicada por la Comunidad de Madrid, se identifica con el número 583 y tiene una escala de 1:50.000.



Autocots Camions Radial Nacional Conursa F.C. anillo normal electrificado Camión Camión carretero

mapas de ocupación del suelo. Éstas fueron sometidas a la verificación pertinente con el fin de conocer el grado de certidumbre y cuáles habían sido las claves de la leyenda que tenían mayor dificultad en la asignación. Para ello se creó una rejilla regular sobre la zona interpretada mediante la densificación de la cuadrícula UTM; cada cruce de la malla quedó identificado numéricamente con el fin de utilizarse como punto de control. Por muestreo aleatorio simple se eligieron 53 de aquéllos, cantidad suficiente para la extensión del área a verificar. Una vez realizada la matriz de confusión se detecta una fiabilidad global del 75%, un porcentaje relativamente bajo que, sin embargo, encuentra una explicación en la propia dificultad de la leyenda utilizada y en el documento sobre el que se llevó a cabo la fotointerpretación (su escala resulta excesivamente pequeña para obtener una cartografía de ocupación del suelo al nivel de detalle exigido). En el caso de Arganda del Rey debe señalarse la difícil asignación de algunas claves de la leyenda: zonas de extracción minera (canteras y graveras)-escombreras y vertederos; cultivos anuales asociados a cultivos permanentes-mosaico de cultivos anuales y permanentes -terrenos principalmente agrícolas pero con importantes espacios de vegetación natural; pastizales-matorrales subarborescentes o arbustivos poco densos-grandes formaciones de matorral denso y medianamente denso. Ello nos obligó a realizar las agrupaciones necesarias con el fin de evitar la ambigüedad señalada; los mapas que aparecen en este trabajo son el resultado de ese proceso de agregación.

Uno de los dos documentos, el correspondiente a 1956, no había sido realizado sobre un soporte de valor cartográfico. Los fotogramas aéreos tienen una escala aproximada de 1:33.000 con significativas variaciones entre las distintas pasadas, además de las diferencias internas en el propio fotograma. Se hacía necesario llevar a cabo una transferencia a un segundo documento de valor carto-

gráfico. Para ello se utilizó un estereo transferidor (3). Este instrumento tiene la capacidad de alargar, rotar y trasladar fotografías aéreas estereoscópicas u otros soportes con información espacial de entrada. A su vez, éstos se pueden superponer visualmente a un mapa o imagen con el fin de transferirle la información contenida en ellos. Por otra parte, el transferidor puede comprimir o estrechar la información de los fotogramas con el objeto de obtener una cuasi perfecta superposición con la base cartográfica. Cuenta, además, con un módulo de control de zoom, que le permite realizar cambios de escala entre las aerofotos y la base cartográfica.

Por último, el control de rotación de la imagen permite trasladar o rotarla en 360°, hasta que ajuste adecuadamente sobre el documento destino. También dispone de un módulo de control de «stretching» mediante el cual podemos cambiar el tamaño de las aerofotos en un eje o en ambos al mismo tiempo.

En nuestro caso se intentó, en primer lugar, operar con la ortoimagen TM como referencia básica; la dificultad de establecer un determinado número de puntos de control con garantía suficiente nos llevó a utilizar la cartografía básica del Mapa Topográfico Nacional 1:50.000. Por otra parte, advertimos sobre la conveniencia de trabajar en la opción MONO y no en la STEREO, valiéndose tan sólo del área central del fotograma. Sugerimos, por último, encontrar el justo equilibrio en el manejo de la iluminación con el fin de no perder visión sobre el fotograma ni sobre la base cartográfica que soporta el dibujo transferido.

El mapa de ocupación del suelo correspondiente a 1990 tenía ya valor cartográfico al haberse realizado sobre la ortoimagen TM, restituida geométricamente y a una escala 1:50.000. Efectuada la transferencia del primer documen-

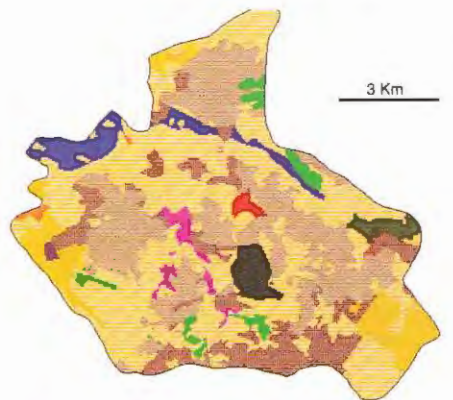
(3) Zoom Transfer Scope (Z.T.S.) de Cambridge Instruments.

to, podíamos entrar en la siguiente fase: la digitalización. Se procedió, en primer lugar, a redibujar los dos mapas en papel poliéster con el fin de tener una base estable, con el menor sesgo de dilatación; posteriormente se revisaron todos los polígonos que los constituían, procurando que estuvieran cerrados y colocando marcas sobre los arcos en la siguientes situaciones: cuando los arcos eran demasiados largos con el fin de facilitar el descanso en la etapa de digitalización, en los vértices de los polígonos para facilitar la identificación de la intersección, en los arcos de polígonos islas para evitar que una parte se digitalice dos veces. La superposición de los dos mapas en una mesa de luz, permitió identificar los arcos comunes y marcarlos previamente con el fin de identificarlos en la digitalización de forma diferente para poderlos copiar a la cobertura de 1990 y así garantizar que estos arcos fueran iguales, en ambas coberturas.

El procedimiento de digitalización tipo «spaguetti» (Guevara, 1988) de Arc-Info, permite al operador ingresar los elementos sin restricciones; no obstante, es importante fijar las tolerancias de distancias de ajustes entre vértices, nodos y arcos, especificadas en unidades de la mesa digitalizadora (pulgadas). La distancia mínima, fijada entre los vértices de arcos (Weedtolerance) fue de 0.01, para evitar, la formación de pequeños polígonos, la distancia de ajuste entre arcos (Arcsnap) en 0.06 y la distancia de ajuste de nodos (Nodesnap) fue de 0.01. Estos valores funcionaron bien en la digitalización y sólo hubo necesidad de variarlos, en algunos casos, en la etapa de edición. Junto a los elementos anteriores se especificaron en una AML los comandos de creación de cobertura y los elementos de despliegue, facilitándose el proceso de digitalización.

Concluido el ingreso de los arcos para los dos mapas, se digitalizaron las etiquetas con los identificadores dispuestos, previamente, en los mapas. Finalizada esta primera fase, se procedió a crear la topología arco-nodo de polígo-

Mapa 6. Areas de ocupación estable, 1956-1990 (junio 1993)



nos en ambos mapas detectándose problemas e identificándose errores, como polígonos abiertos, con doble o sin etiquetas y excesos de seudonodos. Corregidos algunos de éstos se reconstruyó la topología, para asegurar la correspondencia entre los polígonos y la tabla de atributos.

Los errores más comunes, fueron los arcos colgantes (Overshoot) y polígonos con doble etiqueta; es de hacer notar que fueron mínimos, lo que confirmó las distancias de ajustes utilizadas en la digitalización. En la visualización final aparecieron los mapas con un único asterisco central, correspondiente al polígono universo, lo cual indica que la cobertura se encuentra sin errores.

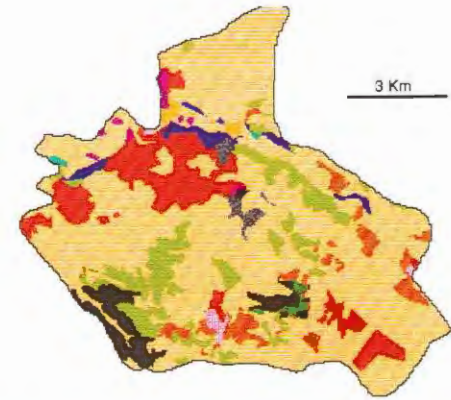
Corregidos los datos y establecida la topología se transformaron las coordenadas de pulgadas de mesa a coordenadas UTM. El resultado manifestó un error medio cuadrático (RMS) de 0.004 de input y 4.9 m para una rotación de 0.036 grados y un error menor de 3.8 m. en los cuatro tics, lo que da cuenta de una buena relación entre los datos digitalizados y el mundo real, en proyección UTM.

La fase de análisis iba a ser efectuada en un SIG ráster (4). Con tal fin se realizó la transformación de formato mediante la aplicación del programa denominado Poligrad. Este programa convierte las coberturas vectoriales de polígonos y líneas a mallas. En este caso se realizó una transferencia en 8 bits, para un rango de valores temáticos entre 1 a 45, con un tamaño de celda de 50 metros de ancho y 50 de largo. El total de filas se definió en 260 y 270 columnas, proyectadas en coordenadas UTM. Resultado de lo anterior es un archivo ERDAS, el cual fue convertido finalmente a formato del programa Idrisi.

Como puede observarse en el mapa de ocupación del suelo de 1956 (mapa 3), cuatro tipos de terrazgos se diferenciaban nítidamente: vegas, secanos leñosos sobre glacis, cerros y páramo. Dentro de las primeras destacaban las de Valtierra y Vilches, y en menor medida la del Jarama. Los manantiales seguros de pie de páramo daban agua a los primeros; un sistema de cultivo intensivo en el que rotaban hortalizas en apretada sucesión en medio de un sinfín de árboles frutales caracterizaban a la vega de Vilches; su finalidad primordial era el autoabastecimiento familiar y tan sólo marginalmente eran utilizados sus productos para la venta. En Valtierra, por el contrario, los cereales y la remolacha dominaban netamente, acupándose de continuo la tierra sin dejar apenas tiem-

(4) Se utilizó el programa IDRISI diseñado por Eastman (1992).

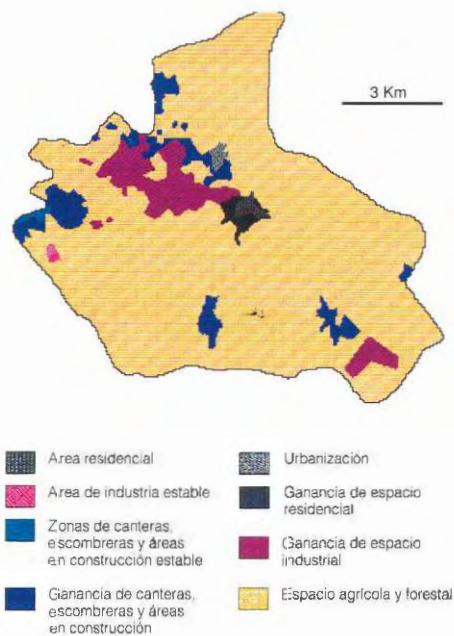
Mapa 7. Espacios dinámicos de la ocupación del suelo (junio 1993)



pos de barbecho (5). Una extrema parcelación y una propiedad diminuta caracterizaban a estas vegas; un promedio de 3.000 metros cuadrados y nunca más de 25.000 era la cantidad de tierra detenida por los agricultores. Agua, cuidados esmerados y una fertilización orgánica suficiente hacían posible la obtención de rendimientos elevados (3.600 kgrs/ha de cebada) y un número de cosechas superior a la de otros espacios de secano. Junto al Jarama algunas tierras recibían los riegos necesarios con agua extraída de pozos o bien apro-

(5) Téngase en cuenta la existencia de una azucarera en la Poveda que tuvo gran incidencia, obviamente, no sólo en la propia Arganda, sino en un amplio radio de la región central española. Su funcionamiento se prolongó desde el segundo decenio hasta mediados de la presente centuria.

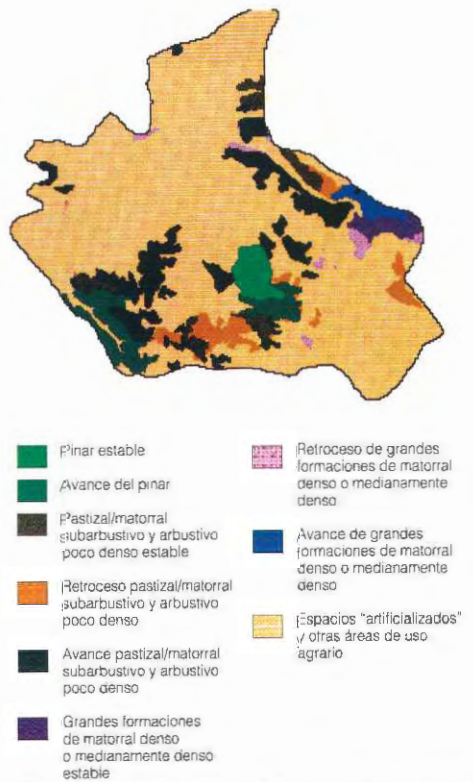
Mapa 8. Dinámica-estabilidad de los espacios "artificializados" (junio 1993)



proliferación de bodegas familiares en el propio asentamiento urbano y constitución de una cooperativa en 1927 son prueba del significativo valor de este cultivo del que se llegaron a cosechar más de diez millones de kgrs de uva al año. El olivo acompañó al viñedo en «mosaico», o asociándose ambos en una misma parcela; muy frecuente fue la plantación de pies de olivo en «rosario» que circundaba las parcelas de vides o cereal, afirmando así la tenencia de la tierra. A las cinco almazaras que, tradicionalmente, sirvieron para molturar la aceituna se unió más tarde la propia cooperativa que en los momentos de mayor auge llegó a prensar más de un millón de kgrs al año. Rendimientos medios alrededor de los 3.000 kgrs por hectárea fueron habituales a mediados de la presente centuria. La explotación tipo vitícola-olivarera se mantenía entre las 12 y 14 hectáreas, no rebasándose nunca una tenencia superior a las 30 hectáreas.

Los cerros, concejiles la mayor parte, realizaron una importante función dentro del sistema de uso tradicional que pervivió hasta los años sesenta. Ellos recibían la demanda de tierras cuando la población lo requería; las roturaciones pudieron avanzar hasta que las limitaciones topográficas hicieron imposible el cultivo. En todo caso, la ganadería utilizó profusamente los pastizales que sobre ellos se asentaban; cerca de 2.000 cabezas de ovino se repartían por los cuarteles de arrendamiento a lo que había que añadir los aprovechamientos forestales (esparto y espliego). En el límite con el páramo, al sureste del asentamiento, quedaba la dehesa, denominada del Carrascal en clara alusión a la especie vegetal dominante, aunque ya a mediados de la presente centuria los pinos fueran prácticamente los únicos árboles que la poblaban. El derecho a la tala de leña para el hogar y al pasto durante los días más crudos del invierno fue ejercido secularmente por los vecinos hasta su interrupción en los años cuarenta.

Mapa 9. Dinámica-estabilidad de las áreas forestales (junio 1993)



Sobre el páramo el olivar proliferaba en compañía de otras parcelas dedicadas al cereal, y en menor medida al viñedo; también permanecieron yermos extensos espacios que por el tipo de propiedad detenida o el eventual uso para la obtención de piedra caliza no albergaron cultivo alguno. En todo caso, el régimen de las tierras de labor era el de año y vez con rendimientos entre 11-12 Qm/hectárea para el trigo y unos 20 Qm/ha para la cebada.

En los últimos treinta años los cambios morfopaisajísticos han sido ostensibles. Unos derivan de la propia dinámica del sistema agrario y otros obedecen a la implantación exógena. El mapa de ocupación del suelo de 1990 (mapa 4), muestra claramente el cambio operado. En efecto, el propio casco urbano

vechando la concesión del canal del Porcal por la que durante dos días en el invierno determinadas parcelas podían recibir agua. Estas tierras bajas fueron, tradicionalmente, pastizales que el propio Ayuntamiento arrendaba a ganaderos; solamente en tiempos de mayor presión sobre la tierra se efectuaron roturaciones y división en suertes entre los vecinos más necesitados como ocurriera en los años treinta.

Las suaves rampas de la campiña, desde los sotos del Jarama hasta los cerros, soportaron cultivos permanentes, notablemente vid y olivo. Mucho más escaso, fue el cereal que tan sólo se cultivaba, sobre todo, por las necesidades de la alimentación animal.

La crisis filoxérica dio su primera señal en 1927 (VV.AA., 1985), destruyéndose el viñedo con rapidez hasta que, después de la guerra civil, se repuso con los nuevos pies resistentes. La

Cuadro 1
Tabulación cruzada de los mapas de ocupación del suelo

*1956 1990	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
1	176				23			216				415
2		148		644	55	197	609	549			15	2.217
3			156	478	185	40	377	114		168	8	2.027
4				2.247	6	11	77	1.105		116	4	3.566
5				215	1.315	77	157	128			90	1.982
6						495	1	418		54		968
7				533			238					771
8				1.382	154	493	1.712	8.186		735	386	13.048
9				68		18	141	990	743	154		2.114
10				168	61	289	295	2.133		730	320	3.996
11				3				32		303	420	758
12				59			60					119
	176	148	156	6.297	1.799	1.620	3.667	13.872	743	2.260	1.244	31.981

* 1956 (columnas), 1990 (filas). Las cifras hacen referencia al número de pixels.

1: Tejido urbano continuo. 2: Zonas industriales y/o comerciales. 3: Zonas de extracción minera, escombreras, vertederos y áreas en construcción. 4: Cultivos herbáceos de secano. 5: Regadío. 6: Viñedo. 7: Olivar. 8: Cultivos anuales y permanentes en mosaico o asociación, pero con importantes espacios de vegetación natural. 9: Pinar. 10: Pastizales y matorrales subarborescentes o arbustivos poco densos. 11: Grandes formaciones de matorral denso o medianamente denso. 12: Estructura urbana Laxa (urbanizaciones exentas y/o ajardinadas).

amplió notablemente la mancha edificada, añadiéndose otros espacios residenciales como los Villares y la ampliación de la Poveda; la industria se asentó sobre el antiguo glacis olivarero, junto a la carretera nacional Madrid-Valencia, siendo el año 1962 el que marca el comienzo con la primera instalación industrial, que a partir de 1977 ya seguirá el ordenamiento previsto en el polígono. En el fondo de la vega del Jarama se abren numerosas canteras para la extracción de gravas y arenas, lo mismo que sobre el páramo para la obtención de caliza. Las tierras de labor, olivares y viñedos que, de manera salteada, salpicaban las laderas de los cerros son abandonadas en su mayoría, agrandándose el espacio de matorral al mismo tiempo que la repoblación de coníferas avanzaba con rapidez. Por último, en el seno del propio terrazgo labrado se producen cambios significativos al perder imprevista el viñedo y ganar tímidamente el cereal, manteniéndose el olivar, aunque

en un equilibrio de todo precario. Por último, las vegas del regadío tradicional no soportan ya las ocupaciones tan intensivas de antaño, cambiando, también, hacia una orientación eminentemente cerealista.

La superposición automática de ambos mapas, mediante tabulación cruzada e intersección (cuadro 1), dentro del SIG nos permite detectar las áreas de ocupación estable y dinámica; en este sentido se puede establecer una matriz de ganancias y pérdidas y sacar una serie de mapas que valoren en términos generales o puntuales la transformación realizada. En efecto, la mayor parte del término municipal ha sufrido un cambio de ocupación entre las dos fechas utilizadas como referencia temporal. Los tipos de ocupación estable con espacios más extensos se corresponden con el secano herbáceo y leñoso, destacando la superficie de canteras, la industria, el bosque de coníferas y los matorrales más o menos densos y pas-

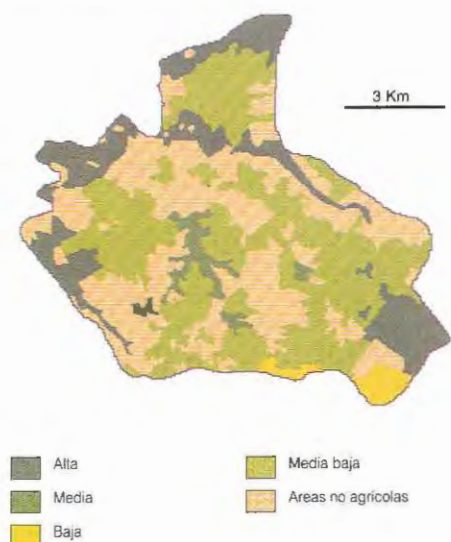
tizales como las cubiertas que han experimentado mayor ganancia. En el mapa 5 presentamos un mapa global del trasvase operado, partiendo de categorías muy generalizadas pero que permite hacer un primer balance entre los grandes grupos de ocupación: espacios construidos u ostensiblemente artificializados, terrazgo agrícola y tierras forestales arboladas, arbustivas y herbáceas. En sendos mapas (mapas 6 y 7) de ocupaciones estables y dinámicas se presentan, respectivamente, los diferentes tipos de cubiertas según leyenda original en el primer caso y con una ligera agregación en el segundo (se han sumado las categorías de pastizales y matorrales subarborescentes y arbustivos poco densos y grandes formaciones de matorral). Las imágenes resultan altamente expresivas. El análisis puede continuar con el estudio de temas específicos como en nuestro caso los «espacios artificializados» (6) y las áreas forestales (mapas 8 y 9). Los mapas soportan una leyenda exhaustiva en la que se da información de la situación anterior y actual de cada una de las partes que integran este tipo de ocupación. La industria, espacio residencial y zonas de extracción se asentaron, mayormente, sobre secanos leñosos y regadíos y, en menor medida, sobre las cubiertas forestales. Estas últimas acogieron antiguas parcelas cultivadas y sufrieron en su interior una transformación muy significativa al ser repobladas con pinos una buena parte de los antiguos matorrales y pastizales.

La dinámica estructural del paisaje

Detrás de lo aparente —la ocupación del suelo— se esconde el conjunto de decisiones que el hombre ha ido tomando según la disponibilidad tecnológica

(6) Esta es una denominación utilizada por la nomenclatura CORINE LAND COVER que no parece del todo adecuada. A pesar de ello, en este caso es empleada por nosotros.

Mapa 10. Aplicación tecnológica de las áreas agrícolas



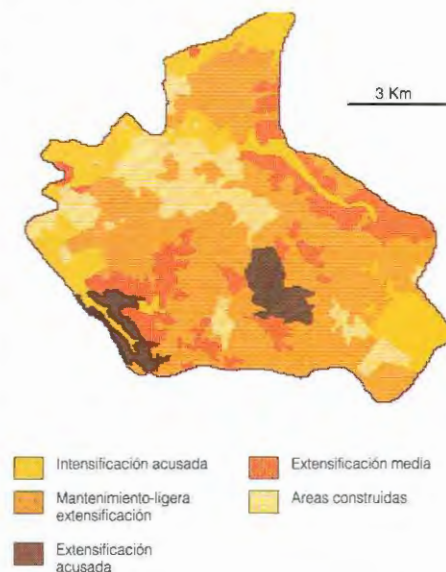
avena de antaño le ha sucedido hoy la dominancia neta de la cebada, que es acompañada en los últimos años por el girasol. En los regadíos de Vilches la alternancia de cereal-judía-remolacha se ha visto sustituida por la de cebada-maíz. El espacio vitícola y olivarero, aparte el retroceso en extensión, mantiene unas pautas de uso similares, aunque tienden a desmerecer las atenciones. Las vegas no soportan la presión de tiempos pasados, observándose una ligera extensificación hasta el punto de pasar algunos espacios a tener un aprovechamiento cerealista, perdiéndose así la apretada rotación de especies hortícolas y los cultivos de vuelo. Por último, los matorrales y pastizales no tienen una carga ganadera como la de los años cincuenta, habiendo disminuido ésta, aproximadamente, unas diez veces; tampoco se efectúa sobre ellos la recolección de esparto y espliego, aprovechamientos generalizados hace treinta años.

El bosque, integrado por coníferas de repoblación, ocupa en la actualidad tierras sobre las que ya no se realiza, prácticamente, ningún aprovechamiento agrario; la extensificación, por consiguiente, es máxima.

- Vegas de regadío: Extensificación ligera
- Cultivos herbáceos de secano: Intensificación acusada
- Vid-Olivo: Mantenimiento-ligera extensificación
- Matorral-Pastizal: Extensificación media
- Bosque: Extensificación acusada

La aplicación tecnológica, obviamente, no se ha llevado a cabo por igual en todo el terrazgo agrícola. Las limitaciones físicas, la condición del propio cultivo y los alicientes económicos han diversificado el comportamiento de este aspecto. Las labores agrícolas que se realizan en los espacios cerealistas están completamente mecanizadas, habiendo supuesto una disminución del 80% en la inversión del tiempo requerido para el cultivo de

Mapa 11. Intensificación-extensificación de uso agrario (junio 1993)



(mapa 10), orientación productiva de cara al mercado y los propios límites estructurales. Un primer aspecto que hemos querido cartografiar es el proceso de intensificación-extensificación de uso de los diferentes terrazgos agrarios (mapa 11). Entendemos que un espacio se intensificó cuando de él se obtiene un mayor número de cosechas o los rendimientos crecieron ostensiblemente; por el contrario, se extensifica cuando los aprovechamientos tradicionales se abandonan, siguiendo, normalmente, una etapa de reconstrucción climática, o bien el número de cosechas decrece o los cuidados son menores.

En el área piloto cabe distinguir un comportamiento diferenciado al respecto. Parece claro que los terrazgos cerealistas han sufrido una intensificación acusada al pasar de un sistema de aprovechamiento de año y vez a otro en el que se obtienen dos cosechas de cada tres años, barbechando, por lo tanto, un tercio del tiempo frente a la mitad bajo un ordenamiento tradicional. Por otra parte, a la rotación de trigo, cebada y

estas especies. Estos mismos terrazgos han recibido una mejora varietal evidente que, junto a los fuertes consumos de fertilizantes y la realización de los tratamientos fitosanitarios requeridos, han supuesto un incremento ostensible de los rendimientos medios; de los 20 Qm/ha que se obtenían de cebada a mediados de la presente centuria en el secano se ha pasado a los 36 Qm/ha de la actualidad y a los 70Qm/ha en los regadíos de Vilches.

Frente al espacio cerealista, que ha mantenido una tendencia alcista en los últimos años, queda el resto del secano con cultivos permanentes, especialmente vid y olivo. Del primero se puede decir que la recesión le acompaña en los últimos decenios, siendo notable en el momento presente el efecto de la directiva comunitaria que alienta el arranque de cepas. Las explotaciones vitícolas tienen serios problemas de supervivencia por su escasa o nula ren-

Cuadro 2
Apreciación cualitativa de la aplicación tecnológica

	Mecanización	Mejora varietal	Fertilización/ Tratamiento	Evolución de rendimientos
Vegas de regadío	Plena	Positiva	Plena	Positivos
Secano herbáceo	Plena	Positiva	Plena	Positivos
Vid	Media	Nula	Media	Nulos
Olivo	Media	Nula	Baja/Nula	Nulos

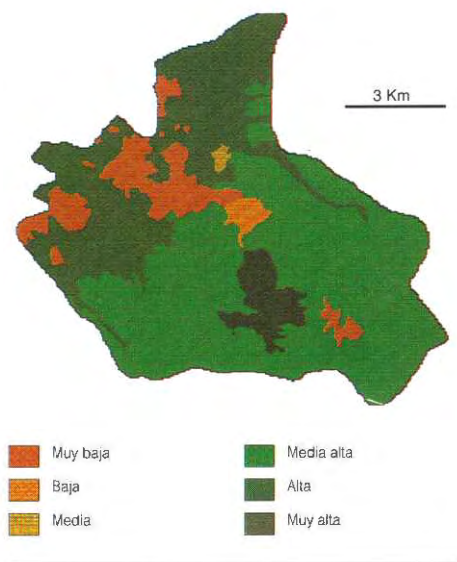
tabilidad (7). A pesar de ello, la mecanización avanzó de modo significativo, efectuándose el 70% de las labores con ayuda de la maquinaria, lo que ha supuesto una disminución de la demanda de tiempo requerido en su cultivo del 50%. La fertilización y tratamientos con herbicidas y fungicidas son prolijos y adecuados a las necesidades, habiéndose experimentado un notable incremento respecto a decenios anteriores. Los rendimientos se mantienen en 5-6 kgrs de uva por cepa, no apreciándose mejora alguna en este sentido.

El olivo (8) vive hoy momentos de incertidumbre junto al viñedo. Han decrecido las atenciones necesarias para que se diera un buen rendimiento, notándose tanto en la disminución de la producción global, como por pie de olivo; la adición

de abono químico es prácticamente inexistente al igual que los tratamientos fitosanitarios; el laboreo de la tierra cuenta con la ayuda de la maquinaria y más recientemente se han introducido vibradoras para la realización de la cosecha. Ello ha supuesto la disminución en un 50% del tiempo invertido en el mantenimiento del olivar y que las labores mecanizadas sean, aproximadamente, el 80%. En el cuadro 2 se resume la apreciación cualitativa de la aplicación tecnológica.

En resumen, se detecta una clara oposición entre el secano de cultivos anuales

Mapa 12. Valoración del paisaje



(7) En la contabilidad realizada por una explotación vitícola los costes variables de una hectárea ascendieron en 1992 a 148.380 pesetas, habiéndose obtenido unos ingresos de 166.800 pts. Si a las primeras les sumamos los costes fijos (impuestos, renta de capital y amortización) el balance es claramente negativo. La directiva comunitaria que promueve el arranque de cepas parece enlazar económicamente con esta situación precaria, concretándose ayudas por valor de 300.000-400.000 pesetas por hectárea de viñedo arrancado.

(8) La viabilidad económica de la explotación olivarera todavía se presenta más dura al contabilizar costes variables por valor superior a los ingresos. Los gastos concretos nos hablan de 78.600 pts. por hectárea en los primeros y 62.400 en los segundos. La subvención, en este caso, quiere mitigar el desfase evidente.

y el terrazgo vitícola y olivarero. El primero, más dinámico y progresivo, ha recibido una aplicación tecnológica plena, redundando en unos rendimientos notablemente mejorados. El segundo, menos mecanizado, con aportes de abono escasos y una pérdida generalizada de cuidados culturales se ve abocado a la reconversión o el abandono, manteniendo todavía una cierta vitalidad por razones no del todo explicables desde el punto de vista económico. Quizá la diversificación productiva (cereales, vid, olivo) atenúe o reequilibre los déficit económicos de algunas partidas y con ello el agricultor pueda seguir manteniendo sus tierras. Las tierras de cultivo sufren, por consiguiente, una bipolarización clara que ha conducido a la fuerte presión sobre unos espacios, los cerealistas, frente a la relajación de otros, los ocupados por cultivos permanentes. Todo ello queda a expensas del nuevo marco de la Reforma de la PAC y la posible competencia con otros usos no agrícolas.

Evaluación ambiental y paisajística

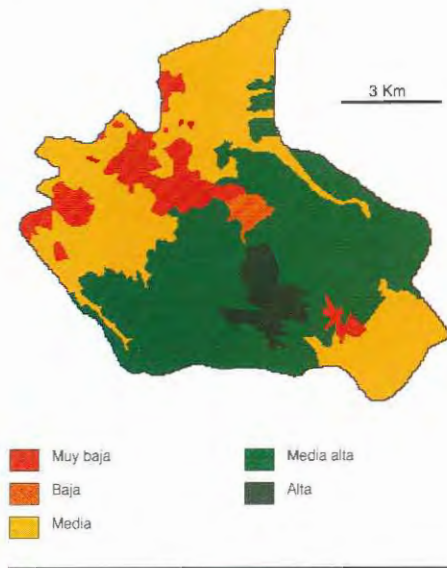
Este es un aspecto de primordial importancia. Hasta ahora hemos estudiado la movilidad externa y funcional del paisaje, utilizando, en el primer caso, la ocupación del suelo como manifestación más fiel de los cambios operados y, en el segundo, los procesos de intensificación de uso y nivel de aplicación tecnológica. Detengámonos ahora en el estudio de las implicaciones ambientales y la valoración cualitativa del paisaje. Quizás esta nueva aproximación nos permite tener una percepción más global e integrada; su realización no es sencilla y, en cualquier caso, subyace una fuerte subjetividad en los resultados. No por ello el resultado final carece de sentido, pues la valoración de un paisaje (mapa 12), sentida por el propio hombre que lo habilita o por aquellos que temporalmente lo viven, tiene, a nuestro entender, una importancia muy grande.

La principal afección ambiental es la originada por las industrias extractivas: canteras, plantas machacadoras y de clasificación y lavado de áridos, así como el transporte derivado de estas actividades y su transformación industrial (escayolas, óxido de cal, etc.)

Dado que el valor económico de los áridos viene determinado en gran medida por el coste del transporte, la localización en Arganda de canteras de caliza en el páramo y de graveras y areneras en las terrazas bajas de la vega, se justifica plenamente por la proximidad y buena comunicación con la capital. La proximidad es aún mayor con la cementera «El Alto» (Portland Valderribas) del vecino término de Morata.

Aunque la producción de arenas y gravas no alcanza en la vega de Arganda el medio millón de toneladas/año (en el vecino San Martín de la Vega, se supera el millón y medio) son numerosas las huellas de esta actividad. Al igual que la extracción de piedra caliza del páramo, se trata de actividades altamente mecanizadas cuyo impacto ambiental es muy alto: pérdida de suelo (muy grave en la vega);

Mapa 13. Valoración ambiental (junio 1993)



Cuadro 3
Valoración visual del paisaje

Áreas diferenciadas	1	2	3	4	5	6	Total	Valoración ambiental
Canteras	0	0	-10	-6	-7	-3	-26	Muy Baja
Vegas	0	6	8	6	2	8	30	Media
Glacis	2	0	8	6	5	8	29	Media
Cerros	8	2	0	2	-2	8	18	Media-Alta
Páramo	0	2	7	2	2	6	19	Media
Industria	2	0	-10	-9	-9	-2	-28	Muy baja
Casco urbano	5	0	-6	-2	-2	4	-1	Baja
Urbanización	2	0	-1	2	1	1	5	Media-Alta
Bosque	6	8	0	2	9	6	31	Alta

pérdida de vegetación y fauna asociadas; generación de desmontes y vaciados (pérdida de calidad paisajística), que se rellenan con residuos sólidos y basuras con riesgo de contaminación de los acuíferos; alteración drenaje superficial y subterráneo; formación de áreas encharcadas (problemas de tipo sanitario por eutrofización); y finalmente, generación de polvo y ruidos molestos.

Arganda es, con San Martín de la Vega, el corazón de estas actividades en la Comunidad de Madrid, destacando en el páramo los problemas de alteración del paisaje y formación de grandes huecos con posibles corrimientos, y en la vega la pérdida de suelo fértil y la formación de lagunas. Estas lagunas artificiales constituyen uno de los Espacios Naturales catalogados del término (el otro es la Dehesa Carraşcal). En ellas (las de la Asperilla) una vez agotados los áridos, se han iniciado labores específicas para su recuperación paisajística, con introducción de fauna y flora apropiadas, suavizado de taludes y creación de áreas de recreo.

También en las graveras y areneros secos, y en las canteras de lo alto del páramo, han comenzado las labores de recuperación paisajística, con suavizado de taludes y plantación de álamos en los fondos que, en el caso del páramo, pueden encontrar serios problemas para desarrollarse.

Por último, otro problema medioam-

Mapa 14. Mapa sintético



biental es el derivado de las situaciones de inversión térmica antes aludidas, donde, si hay humedad, la difusión de contaminantes se hace muy lentamente, permaneciendo varios días en una atmósfera que no se renueva. A este respecto, el emplazamiento del polígono industrial no es la más adecuada.

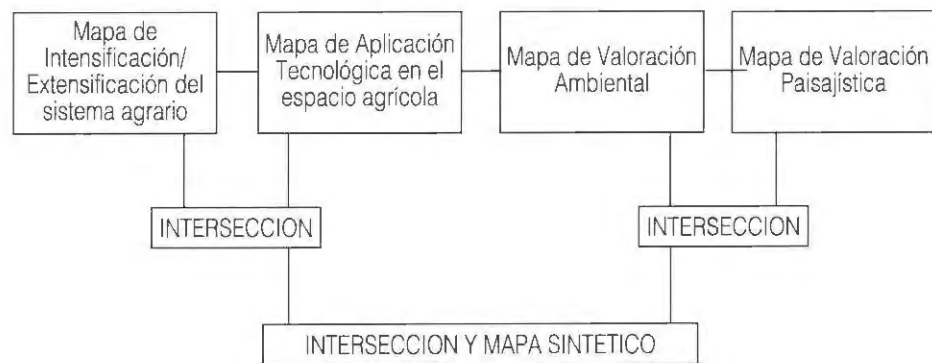
En el espacio agrario parece diferenciarse, a nivel de suelo y cubierta vegetal, un comportamiento diferenciado. Las tierras de cereal están soportando una fuerte presión en aras de obtener buenos rendimientos; los consumos de fertilizantes son cuantiosos, incrementándose las cantidades según pasan los años; los procesos de mineralización edáfica y contaminación del acuífero no deberán resultar extraños de seguir la tendencia actual. Los espacios vitícolas reciben los tratamientos fitosanitarios precisos, siendo mucha menor la adición de fertilizantes químicos. El olivar se mantiene en un «medio menos artificializado» lo que produce implicaciones menos notorias desde el punto de vista ambiental. Por último, la cubierta forestal, arbolada o arbustiva-herbácea, gana cada día en biomasa, recomponiéndose lentamente el dominio climático, cuando no han sido introducidas especies diferentes al mismo. En este sentido su estatus ambiental adquiere, en general, una consideración más positiva.

La valoración paisajística se ha realizado en su estado actual y no según su dinámica reciente. Esta segunda posibilidad nos hubiera llevado a establecer un balance de pérdidas y ganancias cosa que, evidentemente, no se ha hecho. Los estudios sobre el paisaje, en la perspectiva que ahora nos movemos, gozan ya de una larga tradición y son numerosos los trabajos y ensayos realizados (9).

Los pasos metodológicos seguidos en nuestro caso fueron los siguientes:

(9) Entre otros estudios cabe referir los de BOLOS, M. de (1992), RAMOS, A. (1979), ARAMBURU, P. y otros (1982), ESCRIBANO, M. (1987), DIAZ, A. y RAMOS, A. (1987), VILLARINO, M.T. (1984) y RAMOS, A. (1980).

Gráfico 1
Integración de distintos documentos en un solo mapa sintético



discusión sobre los criterios a tener en cuenta en la calificación del paisaje y modo de objetivación (puntuación entre +10 y -10) según el valor cualitativo percibido; definición de las áreas objeto de valoración; trabajo de campo por parte de un equipo integrado por diversas personas. De esta manera se procuró tener un acuerdo básico sobre las variables objeto de estudio y, sobre el terreno, se contrastaron las opiniones con el fin de ponderar las decisiones finales. Seis fueron las variables a tener en cuenta: dos referidas al medio físico (relieve y cubierta vegetal, 1 y 2 en la tabla), una relativa a la actuación humana (ocupación agraria del suelo y construcciones, 3 en la tabla) y tres conceptuadas como apreciaciones globales (singularidad, actividad y receptividad, 4, 5 y 6 en la tabla). En el relieve se tuvo en cuenta su contraste/monotonía; la cubierta vegetal será valorada según su estado de desarrollo, densidad, calidad y aspecto visual; las huellas de la actuación humana marcan decisivamente la morfología del paisaje, percibiendo en ocasiones sus repercusiones (contaminación, por ejemplo); la singularidad persigue calibrar el valor ecológico, científico, histórico o docente del área; la actividad se mide por la incidencia que esa unidad tiene en las veci-

nas (podrá ser mucha o poca, de carácter positivo o negativo); por receptividad se entiende la posibilidad de que el observador perciba otros paisajes desde el área objeto de análisis (en el mismo sentido que el anterior concepto es posible percibir horizontes más o menos amplios con un valor muy heterogéneo). Los resultados quedan reflejados en el cuadro 3 y el mapa 13.

Del análisis a la expresión sintética: las nuevas posibilidades del SIG

El mayor interés del análisis precedente radica en la posibilidad de descubrir las coordenadas clave que nos den una explicación de la evolución acaecida y nos puedan ofrecer un marco operativo para la toma de decisiones. Ese marco puede quedar mucho más claro con la ayuda de una cartografía sintética que englobe en el mismo documento la información sustancial de todo el proceso analítico.

En este epígrafe se quiere ahondar en esa línea. El manejo de la información espacial en un SIG puede facilitar la labor, ya que la correlación entre los elementos que se crean de interés puede ser automática e inmediata. A modo de ejemplo se presenta el intento de inte-

grar en un solo mapa todas aquellas notas definitorias de las diferentes áreas en orden a la dinámica estructural y valoración ambiental y paisajística del espacio estudiado (10).

La elaboración de la tipología expresada en la leyenda del mapa sintético ha seguido un procedimiento no exento de dificultades. Dentro del SIG hemos llevado a cabo la tabulación cruzada de los mapas de intensificación/extensificación y aplicación tecnológica, resultando un tercer documento que sintetizaba los dos precedentes. Del mismo modo, se efectuó la correlación entre los mapas de valoración ambiental y paisajística. La puesta en relación, a su vez, de los dos nuevos documentos dio como resultado el mapa que más adelante presentamos (gráfico 1).

Detrás del procedimiento automático yacía un planteamiento teórico que buscaba catalogar las áreas de progresivas, regresivas o con un equilibrio precario según hubiera sido su evolución reciente y situación actual. Cada uno de los mapas temáticos precedentes contenía respuestas o las preguntas clave que ahora se desea puedan ser contestadas desde un único documento: ¿se intensificó el uso tradicional del espacio?, o bien, ¿se produjeron rupturas ostensibles?, ¿se potenció la vocación natural o climática en los espacios no labrados?, ¿quedó gravemente afectado el paisaje por las acciones antrópicas?, ¿se deterioró el medio ambiente?, ¿persisten problemas estructurales?. Un área es progresiva cuando en ella se intensificó su uso tradicional o potenció la reconstrucción del medio natural; bien es cierto que ello ha podido ir acompañado de problemas (deterioro edáfico, riesgo de incendios, etc.). Un espacio se cataloga de regresivo cuando ha perdido cuidados culturales o se produjeron en él

cambios significativos en el paisaje que supusieron una nítida ruptura con su arquitectura tradicional; todo pudo estar acompañado de un deterioro ambiental más o menos grave. En equilibrio precario permanecen aquellos terrazgos que, aun teniendo una continuidad con las características morfológicas y paisajísticas de siempre, están acosados por problemas importantes.

El mapa sintético (mapa 14) muestra los contrastes entre las áreas netamente progresivas, agrícolas (espacio cerealista) o forestales (pinares y matorral más o menos denso), y las regresivas (explotación de áridos y canteras, polígono industrial y el propio casco urbano). Entre ambas queda el secano leñoso con graves síntomas de deterioro, pero que aún mantiene un paisaje y una actividad ligada a la raíz cultural del entorno. En las áreas progresivas deberán extremarse las precauciones pues coinciden con ellas graves problemas: deterioro edáfico y una potencial contaminación del acuífero en las tierras de cereal y sensibilidad acusada frente a los incendios forestales en los bosques de coníferas, garrigas y xeroestepas. Las áreas regresivas han sufrido una ruptura extremadamente brusca con la fisonomía que durante siglos caracterizó el entorno; el nuevo uso que tienen hoy estas tierras ha supuesto, indudablemente, una ganancia económica con creación de puestos de trabajo y obtención de beneficios empresariales; estas áreas deben ser objeto de una atención especial: la restauración de canteras abandonadas, iniciada en parte, debe continuar; sería conveniente que las nuevas construcciones en el polígono industrial dejen espacios abiertos entre sí, aligerando la densidad edificacional; el casco urbano, tanto en su parte antigua, como en la ampliación de borde exterior no puede seguir perdiendo identidad histórica ni contribuir, de esta manera, a banalizar un paisaje de por sí muy afectado. Por último, los recursos vitícolas-olivareros se mantienen en un equilibrio muy precario que deberá ser

tenido en cuenta por los gestores de la política agraria actual; quizá la expresión más fiel de la mediterraneidad de estas tierras se desvanece hoy en las propias manos de quienes durante decenios lubricaron con su sudor y animaron con su trabajo ese paisaje que, paradójicamente, la sociedad europea desea preservar. ■

José Sancho Comíns

Catedrático de Análisis Geográfico Regional.

Bosque Sendra

Catedrático de Geografía Humana.

Fernando Moreno Sanz

Profesor Titular de Geografía Física.

Departamento de Geografía.

Universidad de Alcalá de Henares

(10) En dos estudios precedentes realizamos el ensayo tipológico o sintético sin el apoyo del SIG como herramienta que facilita, automáticamente, el cruce de las capas temáticas requeridas (Sancho 1992 y 1993).

En el trabajo que aquí presentamos han participado los alumnos del III Ciclo del Departamento de Geografía de la Universidad de Alcalá de Henares. En las diferentes fases (fotointerpretación, transferencia cartográfica, digitalización, levantamiento de datos originales sobre el terreno y análisis definitivo y proposiciones finales) han intervenido los siguientes: Hortensia Cabrera, Beatriz de la Cruz, María Palomar, Jesús Sola, Heriberto Cruz, Olga Viedma, Iksu Alberto Kyun, José Ignacio Barredo, Carlos Mena, Milko Álvarez, Isidro Miguel, Javier Gutiérrez, Luis Hernández, Daniel Martínez, Carmen Carrasco, Roberto Castro, Manuel de la Puente, Ernesto García y Esperanza Pérez.

Bibliografía

- COMISION DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS (1985). Perspectives de la Politique Agricole Comune, Luxemburgo, 80 p.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION (1992). La nueva Política Agraria Común, Secretaría General Técnica, Madrid, 204 pp.
- COMISION DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS (1992). La Comunidad Europea y el espacio, Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo, Bruselas, 45 p.
- COMISION DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS (1992). Situación de la Agricultura en la Comunidad, Informe 1991, Bruselas-Luxemburgo, 80 p.
- BOSQUE SENDRA, J. (1992). *Sistemas de información geográfica* Madrid, Ediciones Rialp, 451 p.
- BOSQUE SENDRA, J. y otros (1991). «Factores en la dinámica de la ocupación del suelo», en *Proceedings III Conferencia latinoamericana Sobre Sistemas de Información Geográfica*, Viña del Mar, Chile, octubre de 1991, pp. 355-362.
- CASTRO RIOS, R. y GARCIA-ABAD, J. J. (1993). «Confección de cartografía dinámica de ocupación del suelo con SIG: municipio de Brea de Tajo (Comunidad autónoma de Madrid)», en *2º Congreso de AESIG*. Madrid, AESIG/Estudio gráfico, pp. 375-392.
- DIAZ MUÑOZ, M. A. (1991). «Unas notas sobre las posibilidades docentes y aplicaciones de la Geografía del Tiempo», *Serie geográfica*, nº 1, pp. 131-163.
- DIAZ MUÑOZ, M. A. (1992). «Espacio y tiempo en la actividad cotidiana de la población» en *Prácticas de Geografía de la Percepción y de la actividad cotidiana*, Barcelona, Oikos-Tau, pp. 15-44.
- EASTMAN, J. R. y MCKENDRY, J. E. (1991). *Change and time series analysis. Explorations in Geographic Information Systems Technology*. Vol. 1, Ginebra, UNITAR European Office, 85 p. (5 discos)
- HAGERSTRAND, T. (1991). «¿Qué hay acerca de las personas en la Ciencia regional?», *Serie geográfica*, nº 1, pp. 93-110.
- LANGRAN, G. (1992). *Time in Geographic Information Systems*, Londres, Taylor & Francis, 189 p.
- OTERO PASTOR, I. (1993). «Una aplicación de pcARC/INFO al análisis del cambio paisajístico», en *2º Congreso de AESIG*. Madrid, AESIG/Estudio gráfico, pp. 501-517.
- SANCHO COMINS, J. y BOSQUE SENDRA, J. (1991). «La dinámica de la ocupación del suelo. Ensayo de evaluación automatizada», *Topografía y cartografía*, vol. VIII, nº 43, pp. 31-34.
- SANCHO COMINS, J. (1988-89). El proyecto CORINE LAND COVER. Boletín de la Real Sociedad Geográfica. p. 261-267.
- EASTMAN, J.R. (1992) IDRISI User's guide. Ver. 4. Worcester. Ed. Clark University.
- VV.AA. (1985). Semana del Vino en Madrid, CAM, Tomo III, p. 111-150.
- GUEVARA, J.A. (1988). Conceptos básicos del Sistema ARC-Info. Audiovisuales, Ed. Jim Sorenson, Environmental System Research Institute (ESRI), Redlands, California, USA.
- BOLOS, M. de. «Manual de ciencia del paisaje: teoría, métodos y aplicaciones». Masson, Barcelona, 1992. 273 pp.
- RAMOS FERNANDEZ, A. «Planificación física y Ecología. Modelos y métodos». EMESA, Madrid, 1979, 216 pp.
- ARAMBURU, P. et al. «Evaluación integrada de espacios naturales. Aplicación a los espacios arbolados de Madrid» Monografías 6. Consejería de Agricultura y Ganadería. Comunidad de Madrid, 1982.
- ESCRIBANO, M del M. et al. «El paisaje». Unidades Temáticas Ambientales de la DGMA. MOPU, Madrid, 1987. 107 pp.
- DIAZ, A. y RAMOS, A. (eds). «La práctica de las estimaciones de impactos ambientales». Fund. Conde del Valle de Salazar. ETSI de Montes. Madrid, 1987.
- VILLARINO VALDIVIESO, María Teresa. *El paisaje. Inventariación, valoración, previsión y evaluación de impactos*. En DOMINGUEZ, H. (dir): «Curso sobre evaluaciones de Impacto Ambiental» DGMA. Madrid, 1984, pp. 151-168.
- RAMOS FERNANDEZ, A. et al. «El estudio del paisaje». Trabajos de la cátedra de Planificación. ETSI de Montes. Madrid. 1980.
- SANCHO COMINS, J., BOSQUE SENDRA, J. y MORENO SANZ, F. Colloque sur «Les mutations des espaces et des méthodes de recherche en milieu rural». Caen (Francia), 17-18 de septiembre 1992.
- SANCHO COMINS, J., BOSQUE SENDRA, J. y MORENO SANZ, F., Crisis and permanence of the traditional landscape mediterranean, in the central region of Spain. (1992). *Landscape Planning*.