

**APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA A LA REDACCIÓN
DE PLANEAMIENTO CONSIDERANDO LAS
CAPACIDADES AMBIENTALES DEL TERRITORIO**

PILAR CHÍAS NAVARRO
Julio de 2002

CUADERNOS DE INVESTIGACIÓN URBANÍSTICA

Director	José Fariña Tojo
Coordinadora de producción	Ester Higuera García
Diseño y diagramación	Mónica Fernández Ferreras
Selección de trabajos	Comisión de Doctorado del Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio de la ETSAM (DUyOT)
Edición	Instituto Juan de Herrera
Redacción y distribución	Sección de Urbanismo del Instituto Juan de Herrera (SPyOT), Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, Avenida Juan de Herrera, s/n 28040 Madrid

© **COPYRIGHT 2002**
PILAR CHÍAS NAVARRO
1ª edición 1ª impresión

Depósito Legal:
I.S.B.N.:
Edita: Instituto Juan de Herrera
Imprime: **FASTER**, San Francisco de Sales 1, Madrid

ÍNDICE

I	Introducción	6
I.1.	Objetivos	6
I.2.	El estado de la cuestión. Intervención e impacto	8
I.3.	La legislación y el medio	9
I.3.1.	Los espacios naturales protegidos. El ámbito castellano-mancheño	11
I.4.	Aplicación y utilidad de los SIG en los estudios medioambientales	12
I.5.	El ámbito experimental de la investigación	14
II	Elección, obtención y control de datos gráficos y alfanuméricos	16
II.1.	Definición de la unidad territorial	16
II.1.1.	El problema de la unidad espacial modificable	17
II.2.	Las escalas de trabajo	17
II.2.1.	Las escalas de los mapas temáticos	20
II.2.1.1.	Variables continuas/discretas y primarias / derivadas	20
II.2.1.2.	Escalas nominales, ordinales y de intervalos	20
II.2.2.	La componente temporal	22
II.2.3.	La disyuntiva entre múltiples variables / amplitud de la extensión territorial	23
II.2.4.	La resimbolización	23
II.3.	Los datos geográficos	24
II.3.1	Elección de datos, indicadores y fuentes para el estudio del territorio	24
II.3.1.1	Los datos ambientales	25
II.3.1.2	Los datos socioeconómicos	30
II.3.1.3	Los datos históricos y culturales	31
II.3.1.4	Fuentes bibliográficas	32
II.3.2	Cartografía, fotografía aérea e imágenes de Teledetección	32
II.3.2.1	Información topo-cartográfica de base	33
II.3.2.2	Información sobre ciencias de la Tierra	34
II.3.2.3	La cartografía catastral	35
II.3.2.4	Información territorial municipal o supramunicipal de planeamiento y de infraestructuras	35
II.3.2.5	La fotografía aérea	35
II.3.2.6	Imágenes procedentes de la Teledetección	37
II.3.2.7	Procesado de imágenes remotas	40
II.3.2.8	Trabajos de campo. Uso del GPS	42
II.3.2.9	Muestreos. Criterios	43
II.4.	Redacción de la cartografía topográfica digital	44
II.4.1	La restitución fotogramétrica	44
II.4.2	Los trabajos topográficos	46

	II.4.3	Otras características de la cartografía municipal digital a escala 1:20.000	47
	II.5.	Control de calidad e idoneidad de los datos	47
III.		Implementación del Sig	50
	III.1.	Definición de la estructura del proyecto en el SIG	50
	III.1.1	Formación de la cartografía	51
	III.1.1.1	Objetos espaciales y estructuras de bases de datos	51
	III.1.1.2	Las relaciones que se establecen entre los objetos	52
	III.1.1.3	Mapas y tablas	53
	III.1.1.4	Validación de la topología. Coincidencia de elementos y creación de grupos	54
	III.1.2	Asignación de fenómenos e introducción de datos en las tablas de la BD	55
	III.1.2.1	Creación de los registros en la base de datos	55
	III.1.2.2	Incorporación de datos a los registros de la base de datos	56
	III.2	Obtención de la cartografía temática y de las tablas e informes asociados	57
	III.2.1	Parámetros físico-climáticos: Clima	59
	III.2.1.1	El clima regional. Mapas climáticos	60
	III.2.1.2	El clima local	61
	III.2.2	Parámetros físico-geomorfológicos	61
	III.2.2.1	El relieve provincial. Mapa geológico y Mapa de dominios morfológicos	62
	III.2.2.2	Los relieves volcánicos. Mapa de afloramientos volcánicos y manantiales termales	62
	III.2.2.3	Mapa de pendientes	63
	III.2.2.4	Mapa de suelos	64
	III.2.3	Parámetros físico-hidrológicos	64
	III.2.3.1	Cuencas. Características hidrológicas. Mapa de cuencas fluviales y formas lagunares	64
	III.2.3.2	Vulnerabilidad del acuífero. Mapa de pozos y acuíferos	65
	III.2.4	Parámetros biológicos	65
	III.2.4.1	Vegetación. Mapa de vegetación	65
	III.2.4.2	Fauna. Mapa de habitats y distribución de espacios	66
	III.2.5	Parámetros antrópicos	66
	III.2.5.1	Mapas de cultivos y de distribución de explotaciones pecuarias	66
	III.2.5.2	Mapa de actividades extractivas	66
	III.2.5.3	Mapa de industrias	67
	III.2.5.4	Localización de elementos de interés cultural	67
IV.		ANÁLISIS	67
	IV.A	ANÁLISIS TERRITORIALES	67
	IV.1	Operaciones de análisis espacial	67

	IV.1.1	Obtención de mapas derivados	68
	IV.1.2	Otras salidas de los resultados analíticos	71
	IV.2	Fase de diagnóstico del medio físico-geomorfológico. Análisis I: el Mapa de Unidades Homogéneas	72
	IV.3	Análisis II: el mapa de Unidades Ambientales	73
	IV.4	Análisis III: Fase de diagnóstico de los parámetros visuales	73
	IV.4.1	El estudio de la visibilidad	74
	IV.5	Análisis IV: El Mapa de Unidades Descriptivas de Paisaje	76
	IV.6	Análisis V: El Mapa de Unidades Morfológicas y Riesgos Asociados	77
IV.B		ANÁLISIS URBANOS Y ARQUITECTÓNICOS	79
	IV.7	Análisis de la estructura urbana	79
	IV.7.1	Morfología urbana	80
	IV.8	Análisis de la arquitectura	80
	IV.8.1	La arquitectura popular	80
	IV.8.2	El microclima	80
	IV.8.2.1	Clima y hombre. Diagramas bioclimáticos	80
	IV.8.2.2	El bioclima de cada ámbito de estudio.	80
V.		Conclusiones	81
VI.		Referencias bibliográficas	83

RESUMEN EL presente trabajo es un resumen esquemático del Proyecto de Investigación PB 98-0325, realizado dentro del programa Sectorial de Promoción General del Conocimiento de la CICYT. Fue dirigido por Pilar Chías Navarro, como Investigadora Principal, con la colaboración de profesores de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la UPM y de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Ciudad Real; estos profesores investigadores han sido Jose M^a Ureña Francés, Isidro de Villota Rocha, Jose M^a Coronado Tordesillas y Ana Sanz Redondo. Como becarios y colaboradores han trabajado los profesores Tomás Abad Balboa y Miguel Ángel Prieto Miñano, y los estudiantes de Arquitectura Elena Rodríguez Freire y Lucas Fernández-Trapa Chías. La aplicación práctica que acompaña al texto corresponde al municipio de Almadén, que ha sido una de las ocho experiencias piloto que han servido para contrastar la metodología propuesta.

ABSTRACT *We present just a schematic resume of the Investigation Project PB 98-0325, that we have developped within the Programa Sectorial del Conocimiento of the CICYT. It has been conducted by the former investigator, Prof. P. Chías, in collaboration with a group of professors of the Architectural School (Politechnical University of Madrid) and the Civil Engineering School of Ciudad Real (University of Castilla-La mancha): those investigators were Jose M^a Ureña Francés, Isidro de Villota Rocha, Jose M^a Coronado Tordesillas and Ana Sanz Redondo. Other colaborators were Tomas Abad Balboa, Miguel Angel Prieto Miñano, Elena Rodríguez Freire and Lucas Fernández-Trapa Chías. We add as an application example the work over Almadén, that was one of the eight experiences that have allowed us to prove the methodology.*

I INTRODUCCIÓN

I.1 Objetivos

Asistimos a una toma de conciencia gradual de la importancia y vulnerabilidad del medio como soporte de las actividades humanas, que se ve sometido a los efectos -a menudo irreversibles- de la presión antrópica. Recogiendo esta sensibilidad, la legislación que afecta a la ordenación del territorio y a la actividad urbanística, así como a la redacción de proyectos de infraestructuras, está incorporando progresivamente y desde fechas recientes la exigencia de realizar estudios y evaluaciones de los posibles impactos que tales actuaciones puedan causar [FARIÑA, 2000]. Sin embargo, y debido a una serie de factores que a lo largo del texto se van analizando, se ha extendido la práctica de realizar tales estudios a posteriori, y no en paralelo a la redacción del planeamiento o del proyecto, más con intenciones paliativas que previsoras. Este problema se agudiza cuando se utiliza la tecnología de los sistemas de información geográfica¹ por causas que se suman a las antes apuntadas y que derivan en gran medida de la propia complejidad interna y del manejo de la herramienta.

Conscientes de esta situación, la propuesta que aquí se expone persigue el desarrollo y la formulación de una metodología integradora que permita definir las pautas de una ordenación territorial y redactar el planeamiento sobre la base del conocimiento completo de las variables ambientales del soporte territorial -en conjunción con otros tipos de variables tradicionalmente consideradas, como los intereses particulares derivados del propio crecimiento municipal-, y que desemboque no sólo en el respeto y la potenciación de los valores culturales, sino en la protección de la biodiversidad, e incluso en el diseño bioclimático que garantice -y devuelva- el confort de la arquitectura y de los espacios urbanos, tan frecuentemente sacrificado a modas mal entendidas. El planteamiento parte de la consideración de que la incorporación de la tecnología SIG a la redacción del planeamiento es muy reciente, y que en este periodo inicial se han podido constatar numerosos fracasos causados por un exceso de fe en las posibilidades de la informática en general, y de la herramienta SIG en particular, o por no haber contado con la información y la formación suficientes sobre las posibilidades reales de operatividad del sistema. Se puede detectar como un problema esencial la dificultad que supone la integración en el sistema de numerosos datos procedentes de fuentes diversas, en formatos variados, y obtenidos sobre unidades espaciales -territoriales- diferentes. En otro orden de cosas, también hay que superar las tradicionales dificultades que plantea el desarrollo de un proyecto multidisciplinar. Finalmente, la posibilidad de integrar en un SIG diseñado para la redacción del planeamiento el complejo entramado de las variables ambientales, supone avanzar un paso más sobre las metodologías tradicionales. Ello no sólo facilita la previsión de los posibles impactos, sino que permite plantear y simular hipótesis alternativas durante las diferentes fases de redacción y toma de decisiones del proyecto. En consecuencia, conociendo las carencias de la evolución precedente y analizando los sucesivos escollos con los que han ido tropezando otras experiencias previas, la investigación se centró en lograr los siguientes objetivos:

¹ SIG en adelante; en inglés, la abreviatura GIS procede de *Geographical Information Systems*.

1. Obtener una metodología de aplicación general, en la que los datos concretos fueran los que aportasen la singularidad de cada ámbito territorial o asentamiento determinado.
2. Proporcionar una sistemática de recogida de datos ambientales y de su integración en un sistema de información geográfica a varias escalas, que tuviera en cuenta los problemas que surgen del manejo de gran cantidad de datos, de cartografía y de imágenes de procedencia variada, de sus variados formatos y de sus diferentes unidades espaciales de referencia. Se propone para ello el diseño de un SIG que sea capaz de integrarlos, de manejarlos con fines analíticos y de incorporarlos a un proceso de diseño de urbanismo bioclimático a varias escalas. Es decir, de aplicarlo a la redacción concreta de las diferentes figuras de planeamiento, de acuerdo con la inminente futura ley de evaluación de impactos ambientales que dimana de la normativa europea.
3. Diseñar un SIG capaz de integrar la escala territorial de las unidades ambientales, con la escala municipal, y localmente con la de detalle. Además, el sistema deberá facilitar tanto el diseño del planeamiento como su gestión posterior, no cerrándose el proceso tras la fase de “desactivación”².
4. Obtener unas ordenanzas municipales dirigidas a facilitar el diseño arquitectónico bioclimático, sobre la base de los antecedentes que ofrece la arquitectura popular.

La consecución de los objetivos ha proporcionado una metodología general que, sin embargo, es de aplicación a cada caso particular de ordenación territorial y diseño urbano, manejando unos criterios medioambientales previsores.

Por último se ha incorporado un quinto objetivo que deriva de su carácter de sistema abierto y que propone un sistema de georreferenciación unificado estándar: tal es el propósito de enlazar entre sí los distintos sistemas de información correspondientes a los diferentes municipios de la provincia y de la comunidad autónoma, con el fin de elaborar, en un futuro próximo, unas estrategias de planificación con una visión amplia sobre ámbitos territoriales supramunicipales.

A lo largo de estas reflexiones se ha querido poner de manifiesto:

- Tanto la importancia que tiene actualmente la consideración del medio ante cualquier actuación que sobre él se vaya a acometer
- Como las posibilidades y limitaciones que presenta el uso los SIG en general, y aplicados al planeamiento en particular.
- Y las dificultades que entraña actualmente la obtención e incorporación conjunta de todos los datos ambientales y urbanísticos, a diferentes escalas, en un único sistema de información geográfica.

² El término, aplicado por el Prof. Fariña, se refiere a la fase en la que el “funcionamiento” del SIG se produce con creciente independencia del equipo que lo ha implementado, hasta lograr su total autonomía.

I.2 El estado de la cuestión. Intervención e impacto.

Cualquier intervención sobre el medio produce un impacto que se valora, es decir, que se considera positivo o negativo en función de que mejore o degrade las condiciones de partida. Esta valoración es frecuentemente una cuestión de orden social y político, lo que hace que pueda considerarse *subjetiva* desde algunos puntos de vista, ya que obviamente implica una definición previa del valor de los elementos modificados y ambientales, no siempre ajustada a los valores puramente físicos. La actuación se plantea por tanto en un ámbito complejo en el que inciden las teorías de la intervención y de la construcción del entorno, del paisaje urbano y del rural, y en definitiva, del conjunto de aspectos que constituyen el patrimonio cultural de un territorio. Debido a ello, se puede afirmar que una de las características más importantes de los trabajos que relacionan al planeamiento con el medio en el que se inserta, es que para realizarlos se debe tener un conocimiento completo y exhaustivo del marco; sólo entonces se pueden fijar los criterios de actuación, los objetivos y las soluciones generales del planeamiento, y acometer las fases posteriores de manera que se garantice la adecuación de aquél a los objetivos socialmente asumidos, y en definitiva, la mejora de condiciones que persigue la legislación.

Una de las características más importantes de los trabajos que integran el planeamiento en el medio en el que se inserta es que, por tratarse de sistemas muy complejos, para su realización hay que poner en relación las diferentes componentes del medio físico, biológico, sociológico, etc. que son objeto de estudios universitarios específicos. Es necesario poner en común los trabajos y experiencias de técnicos y científicos especialistas en distintas disciplinas, muchas de ellas casi desconocidas para arquitectos e ingenieros. Y hay que tener en cuenta que, en estos estudios integrados, la relación entre los parámetros que intervienen es muchas veces más importante que los parámetros en sí mismos. Por otra parte, en el ámbito del análisis territorial y de los impactos, los geógrafos y los biólogos han desarrollado sus propias metodologías, presentadas frecuentemente como “objetivas”, y cuyo conocimiento resulta imprescindible. En esta puesta en común de conocimientos de variada procedencia y enfoque que han de producirse dentro de los equipos multidisciplinares que desarrollan estos trabajos, resulta habitual tropezar con una serie de problemas, que se resumen en:

- Los problemas de “comunicación”, especialmente en cuestiones de terminología y frecuentemente en la matización de conceptos, especialmente en los de más reciente aparición dentro de cada especialidad. Por ello se recomienda establecer un marco común de conceptos y definiciones, previo al desarrollo del trabajo.
- En segundo lugar aparece una “pérdida de imagen” del territorio sobre el que se trabaja, como resultado del uso de procedimientos de representación analíticos muy específicos y abstractos, sin posterior descodificación. Para evitarlo hemos recurrido siempre que ha sido posible a codificaciones europeas adoptadas por el Instituto Geográfico Nacional, cuando no lo sea, es imprescindible definir convenientemente las simbologías adoptadas.
- Por último, los estudios de Medio Ambiente y Paisaje se han venido haciendo con

tratamientos diferentes, que se detienen allí donde termina la especialidad del redactor, o en el mejor de los casos, apenas hacen una referencia superficial a alguna otra disciplina. Una gran parte del proyecto se ha destinado a homogeneizar y compatibilizar estos datos, como se detalla más adelante.

El conocimiento del medio debe incorporarse, por tanto, metodológicamente al proyecto, como parte sustancial del planeamiento que desarrolla acciones y controla los efectos previsibles. De hecho, la desvinculación del planeamiento de las acciones ambientales es una consecuencia directa de la deficiente información disponible y del elevado costo de la que se puede obtener. Además no se puede olvidar que en muchos casos se ha estado aplicando una metodología de evaluación *a posteriori* del impacto, pretendiendo paliar unos efectos ya inevitables.

En consecuencia, para que una evaluación del impacto sea útil:

- Ha de desarrollarse en paralelo y de forma integrada con el proceso de planeamiento o de proyecto, pues muchos de los problemas se pueden corregir variando la ubicación de la actuación. Ello requiere tener un conocimiento profundo del lugar, además de una buena metodología y de capacidad creativa.
- Ha de efectuarse una lectura social de las consecuencias de la acción, y aunque su evaluación pueda resultar de un proceso objetivo, hay que ser consciente de que siempre intervienen otros factores –por ejemplo, la lectura visual- que se consideran subjetivos.
- La metodología ha de ser lo suficientemente flexible y abarcadora, con la conciencia de que no puede ser única -ya que ha de establecerse en función de la naturaleza de la acción que se evalúa-, y de que su fiabilidad depende de la precisión, coherencia y adecuación de los datos de partida.

I.3 La legislación y el medio.

La urbanística moderna y los proyectos de infraestructuras territoriales constituyen actualmente ámbitos de gran capacidad de intervención ambiental; en consecuencia, la mejora de sus condiciones y capacidades se ha convertido en un argumento prioritario [PEANO, 1993]. La legislación procura un marco -no siempre suficiente- a nivel estatal y de las comunidades autónomas [FARIÑA, 2000], en las que se incide de manera particular en la consideración de los espacios libres -sistemas verdes a todas las escalas, espacios degradados y frentes fluviales.

Debido a que las experiencias piloto de comprobación de la metodología se realizaron

sobre siete municipios de la provincia de Ciudad Real³, se ha considerado la Ley 2/1998 de 4 de junio, Ordenación del Territorio y de la Actividad de la Autónoma de la Ley de julio y Decreto de junio.



d e
n d e l
y d e l a
Urbanística
Comunidad
de Castilla-
Mancha, y la
8/1990 de 25
e l R e a l
1/1992 de 26

Gestión adecuada de espacios naturales protegidos: la Tabla de la Yedra en el municipio de Piedrabuena (Ciudad Real).

Además existen ciertos mecanismos de control administrativos que son previos a la aprobación de los proyectos de obra, instalaciones o actividades con especial repercusión en el medio, y entre ellos se encuentran las *evaluaciones de impacto ambiental* [FARIÑA, 2000], procedimiento al que muchas comunidades someten a los planes especiales y parciales, e incluso al planeamiento territorial y general -aunque en estos ámbitos el enfoque haya de ser diferente. Pero existen otros instrumentos de ordenación de los recursos naturales que no se

³Los municipios piloto han sido: Almadén -que se utiliza como ejemplo para ilustrar el presente texto-, Piedrabuena, Villanueva de San Carlos, Villanueva de los Infantes, Argamasilla de Alba, Navalpino y Villamanrique; todos ellos poseen las suficientes singularidades como para constituir un muestreo significativo.

pueden dejar de mencionar [CARCELLER, 1996 y VV.AA., 1996, p. 157]:

- Planificación Hidrológica (Título II del R.D. 927/1988) y planes hidrológicos de cuenca.
- Ambiente atmosférico en el marco de la Ley 38/1972 de protección del ambiente atmosférico y de sus desarrollos legislativos.
- Ley de Montes de 1957 que ordena los recursos forestales, además de la legislación de algunas comunidades autónomas.
- Directiva *hábitats* de la EU (92/43/CEE) y además de la Ley 4/1989 de conservación de espacios naturales, de la flora y la fauna silvestres; además se ha de conocer el *Catálogo Nacional de especies amenazadas* (R 439/1990), los posibles catálogos regionales y otras relaciones establecidas por la normativa de las comunidades autónomas.
- La Ley de Minas de 1973 no contiene mecanismos de ordenación minera, por lo que éstos se han de ajustar a la evaluación de impacto ambiental.
- Ordenación integrada: planes de ordenación de los recursos naturales de la Ley 4/1989.

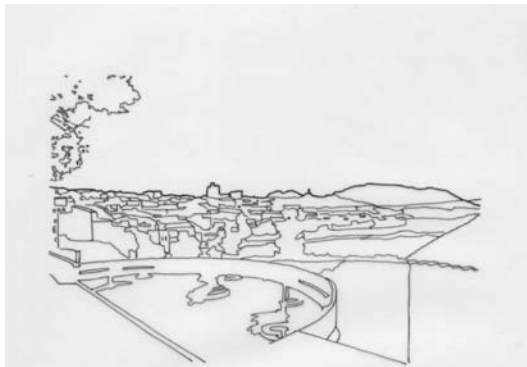
Como punto de partida para establecer la relación existente entre el planeamiento urbanístico y el impacto ambiental, es necesario efectuar una asignación ambientalmente adecuada de los usos y aprovechamientos del suelo. Como directrices generales para el replanteamiento de los modelos territoriales en esta dirección, se pueden apuntar: la minimización de cualquier forma de contaminación -incluso visual y acústica-, la búsqueda de la mayor eficiencia energética en los asentamientos, la gestión sostenible de los transportes o la calidad de los ambientes urbanos y de las condiciones de uso de los edificios.

I.3.1. Los espacios naturales protegidos. El ámbito castellano-manchego

Los espacios protegidos son aquéllos sobre los que se ha aplicado alguna de las modalidades tipificadas por la legislación –parques nacionales, parques naturales, parques regionales, paisajes protegidos, monumentos naturales, parajes naturales de interés nacional, reservas... La tendencia actual tiende a la integración en redes que responden a planteamientos unitarios, y que persiguen la protección de la biodiversidad y el adecuado ecodesarrollo de las zonas rurales.

*Mapa de situación de
provincia de Ciudad*

En Castilla-
los espacios
CÁRDENAS,
la ordenación del
se lleva a cabo a
específicos –planes
suelen vincular al
se han de sujetar las



*los espacios protegidos en la
Real.*

La Mancha son numerosos
protegidos [GONZÁLEZ
1996]. En estos ámbitos,
territorio y de los recursos
través de instrumentos
especiales, etc.- que
planeamiento y a los que
actuaciones proyectadas.

I.4 Aplicación SIG en medioam

Aunque este tipo de
desarrollado por
manuales, la gran
manejan
método resulte hoy
incluso inabarcable,



n y utilidad de los Los estudios bientales.

trabajos puede ser
medios puramente
cantidad de datos que se
actualmente hace que este
excesivamente farragoso e
cuando las variables que

se contemplan adquieren un cierto nivel de complejidad. Esta es la razón por la que se recurre

en algunas de sus fases -o en todas-, y para realizar determinados análisis y previsiones, a las herramientas informáticas, a las Bases de Datos informatizadas y a los SIG, por sus especiales capacidades en la resolución de problemas de índole geográfica –espacial y temporal. Téngase en cuenta que las bases de datos tienden a ser muy grandes, difíciles y costosas de crear. Esto se hace especialmente patente en el análisis de imágenes -donde se manejan giga- y terabytes de datos- y en la representación de variaciones geográficas en tres dimensiones. Los SIG se han revelado, por tanto, como las herramientas idóneas para el manejo de estas grandes cantidades de datos procedentes de fuentes diversas, así como esenciales para su interpretación y aplicación en análisis estadísticos, en análisis cartográficos y en otros tipos de análisis que combinen ambos factores. Asimismo admiten el estudio de secuencias de datos temporales, y facilitan las salidas gráficas y la presentación de resultados. Las aplicaciones que tienen los SIG actualmente en el ámbito medioambiental son numerosas:

- *En Cartografía:* el SIG se apoya sobre una Cartografía Digital, y posee herramientas o subprogramas que permiten tanto su redacción como su importación a través de los formatos de intercambio (habitualmente *.dxf*); sin embargo, hay que distinguir claramente entre SIG y Cartografía Digital, porque el primero además de incorporar las utilidades de la segunda en cuanto a entrada y salida de información, permite que las entidades geográficas tengan asociados múltiples atributos, e incluye opciones para manejar y almacenar relaciones entre entidades. Además, un SIG permite representar de modos variados las variaciones espaciales continuas.
- *En el procesado de los datos:* la mayoría de los SIG incorporan medios para importar y exportar datos en diferentes formatos, algunos de ellos sancionados como estándares oficiales (por ejemplo, el Spatial Data Transfer Standard *SDTS* estadounidense). También permiten adaptar los datos a una escala, a una proyección cartográfica y a un sistema de coordenadas de referencia determinadas. En general tienen una gran capacidad de integración de datos, tanto topográficos como temáticos, procedentes de fuentes diversas y con formatos variados.
- *En el modelado:* en la práctica, los modelos de datos de los SIG vectoriales tienen más en común con mapas que con los elementos finitos de los modelos medioambientales, ya que frecuentemente se construyen las bases de datos de los SIG a partir de información cartografiada, y los mapas son una salida habitual de los SIG; de hecho, la altitud se representa generalmente mediante curvas de nivel digitalizadas, y los mapas geológicos o de usos se representan mediante polígonos digitalizados. El espacio modelado se concibe como continuo, y los elementos se hacen discretos y finitos sólo a efectos de cálculo y se eligen sobre la base del modelo cartográfico.
- *En las posibilidades de análisis:* el interés de obtener modelos radica en la capacidad analítica de la herramienta, que es capaz de simular situaciones y facilita la previsión o la evolución de los fenómenos que se estudian.. Análogamente, la superposición de mapas y la aplicación de operadores lógicos, proporcionan gran cantidad de informaciones útiles a partir de los datos cartografiados.

- *En la redacción del planeamiento:* los resultados de los análisis medioambientales deben servir para redactar las normas que vayan a regir en los ámbitos estudiados, con el fin de preservar el medio, de aprovechar sus capacidades en el diseño arquitectónico y urbano, y para servir de base a la toma de decisiones para su desarrollo.

Igual que los paquetes estadísticos ofrecen una gran variedad de análisis de los datos, se puede pretender que los SIG integraran todas las formas habituales de análisis espacial: pero no lo hacen sino de forma polarizada (especializada, podríamos decir), debido a las limitaciones que impone el hecho de que tienen que manejar una gran variedad de modelos con muchas clases de objetos y de relaciones entre ellos. Además, gran parte de las capacidades de los SIG consisten en funciones de mantenimiento y transformación que éstos incorporan porque son imprescindibles en su operatividad, pero que no son necesarios en aquéllos. Y aunque se ha llegado a un cierto consenso sobre los elementos básicos del análisis estadístico, no sucede lo mismo con el análisis espacial, para el que existen innumerables técnicas [UNWIN, 1981].

En definitiva, existen paquetes más completos en cuanto a su capacidad analítica que otros; y en cuanto a las que resultan necesarias para el modelado ambiental se citan:

- La capacidad de incorporar datos eficazmente y de importarlos de otros sistemas digitales.
- La capacidad de soportar modelos de datos alternativos, especialmente modelos de variaciones espaciales continuas, y las conversiones entre ellos utilizando métodos de interpolación.
- La habilidad para integrar las relaciones entre los objetos basadas en la geometría (intersecciones, inclusión, adyacencia, etc.) y para manejar atributos de grupos de objetos.
- La capacidad de integrar un gran número de operaciones geométricas habituales (cálculo de superficies, de longitudes de perímetros, etc.)
- La posibilidad de generar nuevos objetos, incluyendo los que se forman a través de transformaciones geométricas sencillas a partir de objetos existentes (por ejemplo, polígonos de Voronoi a partir de puntos, zonas de influencia (*buffers*) a partir de líneas u objetos, etc.)
- La posibilidad de asignar nuevos atributos a los objetos sobre la base de otros atributos existentes y por medio de operaciones aritméticas y lógicas.
- Permitir la transferencia de datos desde y hacia paquetes de análisis y de modelado (paquetes estadísticos, paquetes de simulación, etc.)
- Por ello, la utilización de un SIG no pretende una integración completa de todas las posibilidades de análisis espacial, sino que lo habitual es desarrollar las aplicaciones que se estimen necesarias o se adapten a las necesidades de los

usuarios, sobre la base de los paquetes disponibles y con los respectivos lenguajes de programación, del modo más ajustado a los objetivos y más personalizado posible.

I.5 El ámbito experimental de la investigación.

La metodología que se propone intenta volver a reunir los parámetros derivados de las distintas disciplinas en una sola visión coordinada y de conjunto, para que procuren el necesario conocimiento del medio y puedan utilizarse como variables en el diseño, fundamentalmente dentro del ámbito del urbanismo, pero también de la construcción y la ingeniería civil. En consecuencia, y de acuerdo con los objetivos enunciados, se buscó un total de siete municipios de la provincia de Ciudad Real, cuyas capacidades ambientales fueran interesantes a la par que dispares, con el fin de que sirvieran de “experiencias piloto” para poner a prueba la viabilidad de la metodología que se propone.

Como punto de partida indiscutible se asumió que cada enclave de estudio es único a efectos de capacidad ambiental, y que posee unas características específicas que no son extrapolables a prácticamente ningún otro lugar. Además, la aplicación de esta metodología integradora resulta especialmente interesante en una Comunidad como Castilla-La Mancha por muchas razones, entre las que se cuentan las siguientes:

- Muchos de sus municipios carecen aún de planeamiento, y se encuentran situados en parajes de interés paisajístico; o gestionan o poseen dentro de su término espacios de alto valor ambiental, para cuya recuperación o mantenimiento es necesario contar con una figura que contemple todas las variables medioambientales afectadas y sea capaz de conciliar los intereses de los propietarios particulares con el interés común.
- Acoge un número importante de espacios protegidos (parques nacionales, parques naturales, refugios de caza, etc.) cuya evolución es imprescindible controlar, así como una gran cantidad de Has. destinadas a la explotación cinegética, cuya influencia en la estructura de la propiedad rural es interesante conocer.
- Muchos municipios se ven afectados por el despoblamiento fruto de la atracción de otros núcleos urbanos próximos o remotos, apareciendo un desequilibrio regional que es susceptible de mejora. Está siendo objeto del trazado de infraestructuras de gran importancia (aeropuerto, AVE, autovías) que trascienden al nivel nacional y tienen importantes repercusiones en el desarrollo sectorial y que pueden ocasionar graves desequilibrios en las estructuras urbanas y territoriales afectadas.
- Alberga explotaciones mineras e industriales que pueden producir un impacto ambiental, paisajístico o visual, considerable.
- Aún acoge un gran número de ejemplos y conjuntos arquitectónicos históricos y del patrimonio industrial que es posible recuperar y dar a conocer, pero todo ello pasa

previamente por su catalogación y protección.

Esta metodología resulta interesante además por su común georreferenciación, pues para efectuar el análisis de ciertos fenómenos es imprescindible superar el ámbito municipal y trabajar sobre ámbitos territoriales más amplios o unidades ambientales, que llegan incluso al provincial.

Por tanto, proponemos manejar en el SIG varias escalas simultáneamente:

- La más amplia es la escala provincial 1:200.000, y comprende el estudio territorial y medioambiental, incluyendo aspectos esenciales de Geografía Humana. Esta escala sirve para relacionar los municipios entre sí y con el conjunto del ámbito provincial, y ello es factible por haberse georreferenciado todos los ámbitos siguiendo un criterio único.
- La siguiente escala es la municipal, que se ha trabajado a escala 1:20.000, admitiendo aproximaciones mayores en los núcleos urbanos (hasta 1:5.000). En ellos se han recogido datos topográficos, climáticos, geomorfológicos, hidrológicos, biológicos y de paisaje, así como datos de actividad económica, censos, catastro etc.
- Una escala mayor, como hemos comentado, permite abordar el análisis urbano: su ubicación en el medio, su desarrollo histórico y la evolución de la organización de la trama urbana.
- Una escala aún más próxima (la propia de la arquitectura y de los estudios de detalle), se ha utilizado para llevar a cabo el análisis de la arquitectura popular: su ubicación en la trama urbana, orientación, tipología de la vivienda, y aspectos constructivos tradicionales y de uso de los materiales locales.

Finalmente se propone el establecimiento de las relaciones existentes entre las diferentes escalas, analizando en cada una los parámetros medioambientales que intervienen.

Respecto a la procedencia de los datos, la escala de trabajo impone su propio método de obtención. Por ejemplo, los datos medioambientales seleccionados para el estudio de ámbitos territoriales amplios o unidades ambientales, proceden de fuentes estadísticas, de cartografía específica disponible, y también en muchos casos de imágenes obtenidas por Teledetección. Por esta razón, en una primera fase se han tenido que utilizar imágenes clasificadas procedentes de esta fuente remota. En cambio, ha habido momentos en los que la escala ha aconsejado la toma de datos directa utilizando instrumentos y métodos clásicos (por ejemplo, topográficos). Todo ello ha quedado vinculado dentro del SIG por unos criterios de georreferenciación únicos, que hacen posible la navegación entre escalas como por medio de un *zoom*.

II ELECCIÓN, OBTENCIÓN Y CONTROL DE DATOS GRÁFICOS Y ALFANUMÉRICOS.

II.1 Definición de la unidad territorial.

La implantación de un sistema de información geográfica (SIG) responde a la necesidad de entender los fenómenos espaciales que tienen lugar en un determinado ámbito territorial, sobre la base de la interpretación de unos datos. Como se ha comentado en I.5, la elección de los ámbitos territoriales provincial y municipal es el resultado directo de los objetivos fijados en el SIG: es decir, la intención de facilitar la redacción del planeamiento urbanístico a nivel municipal, teniendo en cuenta las principales capacidades medioambientales que le afectan.

Lo primero que se advierte al estudiar el territorio es que la delimitación territorial de los municipios resulta en gran medida aleatoria, y, como puede apreciarse en los ejemplos estudiados, no suele coincidir con unidades geográficas o paisajísticas naturales (que se prolongan más allá de sus límites administrativos), y ni siquiera con objetos geográficos concretos (arroyos, crestas, etc.). Sin embargo, el municipio es una unidad territorial que resulta prototípica para la administración del urbanismo en todas las comunidades autónomas del Estado, de las cuales Castilla-La Mancha no constituye una excepción. A este hecho hay que añadir que una gran parte de los datos estadísticos disponibles están referidos a la unidad territorial del municipio, tanto por agregación como en calidad de entidad superficial última. Por otra parte, cuando se utiliza un SIG, los fenómenos que se van a estudiar presentan dos componentes esenciales:

- El objeto geográfico, concepto que tiene existencia real pero no necesariamente material (por ejemplo, un límite de término municipal), sobre el que se estudia un determinado fenómeno y que está referido a una posición espacial determinada. Es posible, por tanto, trabajar sobre objetos que tienen una existencia física tangible, así como sobre otros de carácter más artificial, como sucede en muchos casos con los límites administrativos.
- Y una variable o atributo temático (por ejemplo, el tipo o nombre de una carretera), que se asocia al objeto y que tiene relación con el fenómeno que se estudia; este atributo adoptará diferentes valores en cada observación.

Esta continua referencia al soporte geográfico es la característica que diferencia esencialmente el tipo de datos que se van a manejar en el SIG, de los que se utilizan en otros sistemas de información. La consecuencia inmediata es que han de aplicarse criterios homogéneos en el tratamiento de ambas componentes, y de que el tipo de correspondencia que se establezca entre ambas no falsee la “imagen” del territorio que se quiere establecer, y que de hecho se establece al implementar el SIG. Para evitar errores que deformen involuntariamente esta imagen que crea el SIG, es necesario tener en cuenta en todas las decisiones iniciales el problema de la unidad espacial modificable.

II.1.1 El problema de la unidad espacial modificable.

Siempre que se trabaja con SIG y con bases de datos georreferenciadas, hay que considerar la

posible aparición del problema de la unidad espacial modificable, por su repercusión tanto sobre los análisis que se realicen posteriormente, como en la validez de los modelos matemáticos que se construyan sobre estas unidades geográficas. Este problema puede surgir debido a que se trabaja sobre datos de carácter artificial, cuya extensión superficial puede variarse sin que por ello exista una repercusión aparente. Tal es lo que sucede, por ejemplo, cuando se trabaja simultáneamente con datos de población relativos a distritos postales y a distritos censales, sin considerar que las unidades superficiales a las que se refiere cada uno no tienen por qué coincidir.

En este tipo de estudios el término municipal constituye el ámbito territorial de referencia habitual para analizar los parámetros que intervienen en la redacción de documentos urbanísticos, y es también el ámbito sobre el que pueden actuar los gobiernos municipales para desarrollar y gestionar los planes. Sin embargo, la falta de coincidencia de las unidades ambientales unida a la incorporación de datos recogidos sobre el ámbito provincial, nos han movido a considerar desde el principio ambas escalas de trabajo.

II.2 Las escalas de trabajo.

Como se ha mencionado, la elección de un ámbito espacial para implementar el SIG tiene aparejada otra importante decisión, cual es la elección de las escalas de trabajo. Estas escalas son las que se utilizarán para la redacción de la cartografía del SIG, y en ellas está el origen de la estructura del sistema.

Lo primero que va a permitir elegir estas escalas es considerar:

1º cuáles van a ser los fenómenos que se van a estudiar (véase el Cuadro II.1),

2º y cuáles son sus características espaciales.

MEDIO BIOFÍSICO	Variables físicas	Elementos relacionados con la atmósfera	Temperatura Humedad Precipitación Radiación Vientos		
		Elementos relacionados con el agua	Aguas superficiales	Ríos y afluentes Embalses Lagunas Humedales	
			Aguas subterráneas	Pozos Acuíferos	
		Elementos relacionados con la tierra	Geología	Litología y estructura	Afloramientos volcánicos Fuentes termales

MEDIO BIOFÍSICO			Morfología	Topografía	Curvas de nivel y maestras Cotas Vértices geodésicos	
			Pendientes			
			Orientación de las pendientes			
			Suelos y formaciones superficiales			
	Variables biológicas		Fauna	Reservas cinegéticas y vedados de caza		
			Vegetación	Cobertura vegetal	Labor Monte alto Monte bajo Viñedos Bosques	
				Especies y formaciones vegetales	Encinar silicícola Encinar calcícola Sabinar Quejigal Robledal	
	Variables antrópicas		Límites administrativos	Límites municipales y provinciales		
			Edificación	Dispersa, Media densidad...		
			Infraestructuras viarias	Vías de comunicación terrestres	Carreteras Camino y vías pecuarias Ferrocarril	Nacionales Autonómicas Comarcales...
			Infraestructuras no viarias	Oleoductos y gasoductos Líneas eléctricas Tuberías de abastecimiento		
			Explotaciones	Mineras Ganaderas Industriales		
	Variables antrópicas		BIC	Arqueológicos..		

Las componentes espaciales de los datos geográficos que se van a introducir en el SIG son de tres tipos:

- *La posición geográfica absoluta de cada objeto*, referida a una proyección y un sistema de coordenadas universal (coordenadas geográficas, UTM, etc.); en este caso, se han

mantenido ambas, debido a que ha interesado manejar series cartográficas antiguas (por aspectos toponímicos y para establecer la evolución de ciertos fenómenos como el caserío).

- *La geometría del propio objeto*, distinguiendo si se trabaja sobre un objeto puntual, lineal o superficial. En este caso se fijó el elemento de menor dimensión superficial a graficar como la edificación aislada, lo que nos ha permitido establecer como más adecuadas las escalas 1:200.000 (para la provincia), 1:20.000 (para el municipio) y 1:5.000 (mínima para los cascos urbanos). El 200.000 era el único mapa disponible en el IGN en formato digital, pero la información que contenía era excesiva y no coincidía con nuestros intereses, y optamos por redibujarlo de forma selectiva en formato vectorial. Las otras escalas no estaban disponibles ni en formato digital ni analógico, y a excepción de la cartografía 50.000, sólo se disponía de unas fotos aéreas 1:5.000. Por esta razón, fue necesaria su realización, como más adelante se verá.
- *Y las relaciones topológicas y cualitativas* que existen entre los diferentes objetos de estudio, que se han asignado durante la redacción de la cartografía digital.

Por otra parte, hay que tener en cuenta que tanto las características espaciales de los datos geográficos, como sus atributos temáticos, se representan en mapas. En consecuencia, los SIG manejan dos tipos de mapas:

- S Los mapas de base o de referencia, cuyo objetivo es representar de forma implícita y explícita las componentes espaciales (posición, geometría, topología); obviamente, resultan explícitas la posición y la geometría, pero resultan también fácilmente perceptibles las relaciones de conectividad, contigüidad, intersección, inclusión, proximidad/lejanía, etc.
- S Y los mapas temáticos, que persiguen mostrar la distribución espacial de la variable o variables consideradas (representables sobre un tercer eje z), y que por ello contienen una información más selectiva.

La elección de una escala u otra en cada caso ha estado en función de los fenómenos a graficar.

II.2.1 Las escalas de los mapas temáticos.

Como ya se ha apuntado, la escala variará en los diferentes mapas temáticos en función de la variable representada y de la cantidad de información contenida; es decir, en función del grado de aproximación al tema, que viene definido por la escala de medida considerada para asignar el valor a la variable. Esta elección condiciona tanto la generación de los mapas como el tipo de análisis que se puede realizar posteriormente. De ahí su importancia.

II.2.1.1 Variables continuas / discretas y primarias / derivadas.

Para establecer estas escalas, es necesario hacer dos consideraciones o clasificaciones previas de las variables temáticas a “medir”:

- S La distinción entre variables continuas / discretas: se considera continua una variable que puede adoptar cualquier valor entre dos dados; por ejemplo, la superficie. En cambio, las discretas sólo pueden adoptar valores enteros: por ejemplo, el número de habitantes.
- S La diferenciación entre variables primarias / derivadas: se considera primaria una variable que se obtiene directamente de los muestreos, mientras que es derivada la que resulta de aplicar una operación a una o más variables primarias.

La primera consecuencia que tiene para el SIG esta tipificación, afecta a la construcción de la base de datos alfanumérica, ya que las variables consideradas como discretas se introducen y almacenan como números enteros, lo que supone un considerable ahorro de espacio en memoria; en cambio, las variables continuas exigen almacenarse como números reales, y, en consecuencia, consumen más memoria. En principio, en las tablas que componen la base de datos alfanumérica del SIG sólo se han introducido las variables primarias, ya que las segundas se pueden obtener operando posteriormente con facilidad.

II.2.1.2 Escalas nominales, ordinales y de intervalos.

Una segunda fase nos lleva a plantear otra clasificación. Ésta aparece durante el proceso de medida que permite asignar símbolos (numéricos o no) a las variantes que presenta una variable atributiva, para lo que se han utilizado escalas de medida diferentes. La aplicación de cada escala ha dependido de las propiedades de las variables que se medían, en un proceso que no ha sido generalizable sino que ha requerido contemplar a priori las posibilidades de cada variable por separado. Las escalas que se han utilizado son:

- S La nominal, que discrimina entre las variantes del atributo sólo la posibilidad de ser iguales o diferentes. Tiene un carácter exclusivamente cualitativo, que permite clasificar los objetos en categorías o clases, o incluso detectar la dicotomía presencia/ausencia. Por otra parte, exige que todos los objetos queden clasificados (exhaustividad), y que ninguno pertenezca a más de una clase (exclusividad). Ejemplo: los nombres de los vértices geodésicos.

- S La ordinal, que no sólo diferencia, sino que jerarquiza los valores de las variables, de manera que ya no sólo es posible diferenciarlas, sino también establecer una primera comparación basada en el orden de magnitudes. Un ejemplo de ello es el atributo “Puesto, según renta”.
- S La escala de intervalos, que no sólo diferencia y jerarquiza, sino que además indica la distancia que existe entre los valores que presenta un atributo de los objetos espaciales. Es decir, que se adopta una unidad de medida, y se puede cuantificar el número de veces que ésta está contenida entre dos valores de una variable. Este es el caso de la Renta per cápita, cuya unidad se fija, por ejemplo, en seis euros o en mil pesetas (1 € = 166,386 pta). Como variante de este tipo de escala se puede considerar un valor origen absoluto de los valores de la variable, lo que da lugar a la escala de razón. Un ejemplo claro lo constituye el Número de habitantes. En ambos casos es posible efectuar una serie de operaciones aritméticas con los valores obtenidos: en el caso de la escala de intervalos, éstas son transformaciones de tipo lineal ($Y = aX + b$), y en el caso de la escala de razón, admiten, además de las anteriores, transformaciones del tipo $Y = aX$.

Puesto que las escalas superiores asumen respectivamente las propiedades de las inferiores, las escalas de medida de razón y de intervalos ofrecen muchas más posibilidades de obtener información a partir de los datos de base que las ordinales y nominales, en parte debido a las mayores opciones de análisis estadístico que posibilitan. Por otra parte, en el diseño del SIG hemos considerado que, a efectos prácticos, siempre es posible reducir una escala de medida superior a una inferior (aunque suponga perder información), pero no al revés.

MUNICIPIO	SUPERFICIE km ²	NÚMERO DE HABITANTE S	DENSIDAD DE POBLACIÓN habs/km ²	RENTA PER CÁPITA €	PUESTO SEGÚN RENTA
Almadén	237,244	8268	34,85	7200	2
Argamasilla de Alba	721,108	6661	9,23	8400	1
Navalpino	198,08	331	1,6	1173	5
Piedrabuena	576,981	5277	9,1	3392	3
Villamanrique	374,995	1900	5	2220	4
Villanueva de los Infantes	136,396	6128	44,92	810,6	6
Villanueva de San Carlos	48,406	543	11,21	655,2	7

V. Nominal

Continua
Primaria
Intervalo

Discreta
Primaria
Intervalo

Continua
Derivada
Intervalo

Continua
Derivada
Intervalo

Discreta
Derivada
Ordinal

A efectos de ahorro de memoria y rapidez de búsqueda en la base de datos, y debido a que se ha utilizado una base de datos relacional, es habitual asignar a las variables nominales un valor simbólico, que queda reflejado en la base de datos en forma de tabla relacionada con la primera. Este es el caso que recoge el Cuadro II.3.

DATOS BÁSICO MUNICIPALES PLANEAMIENTO MUNICIPAL							
Municipio	Vigente			Planes tramitados			
	PGOU	NN.SS.	DSU	Ap. Def.	PP	PERI	E. Detalle
Almadén		X					
Argamasilla de Alba		X	X	Silencio Administrativo	2		
Navalpino			X	20-XII-90			
Piedrabuena							
Villanueva de Infantes		Xr		30-XII-92	2		3
Villanueva de San Carlos			X				

Sin embargo, ello no quiere decir que se pueda operar con estos valores "simbólicos", sino que simplemente sustituyen al nombre completo en una escala nominal. También es frecuente -y a veces menos confuso- utilizar letras. Las tablas II.2 y II.3 comparten la columna Municipio, de modo que siempre es posible establecer relaciones entre ambas tablas sobre la base de la columna común (concepto de base de datos del tipo relacional).

II.2.2 La componente temporal.

Para efectuar cualquier tipo de análisis territorial de las características del que se propone, teniendo en cuenta que el objetivo es la redacción de planeamiento y el planteamiento de hipótesis de desarrollo futuro, es imprescindible tener un cierto conocimiento de la evolución histórica de ciertos fenómenos (en particular los correspondientes a la cubierta vegetal, las infraestructuras y la edificación) durante un periodo de tiempo que resulte suficientemente significativo.

Las variaciones que ha sufrido la cubierta vegetal son índices de los cambios en los cultivos (frecuentemente vinculados a las directrices de la UE) o de la recesión de los bosques, así como de la sustitución de la flora autóctona por especies de crecimiento más rápido (caso habitual en zonas que han sufrido incendios). Este factor afecta decisivamente al paisaje. Las

infraestructuras son otro indicador importante de las tendencias del territorio en cuanto a capacidad de atracción, situación de paso, etc. y, por tanto, de su prosperidad o recesión. También es necesario reconocer la tipología y estadios previos de los núcleos urbanos, ya que a través de ellos es posible conocer y evaluar los procesos históricos, e incluso reconocer en la trama urbana las estructuras y mecanismos históricos de acomodo climático (por ejemplo, el abrigo frente a vientos dominantes).

Considerando los datos disponibles, se ha estimado que era interesante "congelar" una imagen de los municipios en los primeros años de la década de 1950. La idea de cambio ha quedado reflejada como una secuencia de dos mapas o "instantáneas" (una correspondiente a 1950 y otra a la actualidad) en lo que respecta a la componente espacial. La redefinición de los objetos y la incorporación de otros nuevos varía de un municipio a otro. Así, por ejemplo, en algunos como Almadén se hacen muy patente las variaciones de la cobertura vegetal, mientras en otros (como Argamasilla) queda especialmente de manifiesto el desarrollo de los cascos urbanos.

II.2.3 La disyuntiva entre múltiples variables / amplitud de la extensión territorial.

La complejidad de una propuesta de planeamiento medioambiental aconseja limitar el número de variables o la extensión del territorio a tratar. Ello se debe a que aunque los ordenadores son capaces de procesar un número elevadísimo de datos, éstos pueden volverse inmanejables y frustrarse tanto el acceso a ellos como las búsquedas, debido a demoras excesivas. En consecuencia, es fundamental efectuar una reflexión previa sobre los datos que realmente interesan para el estudio, y tener la voluntad de excluir a todos aquéllos que no resulten imprescindibles o interesantes. Cada elección abre ciertas posibilidades y supone asumir a la vez ciertas renunciaciones.

La reducción de parámetros permite hacer consideraciones más profundas sobre los temas elegidos, pero a costa de la renuncia a profundizar en sus vínculos. En cambio, la limitación del área de estudio favorece la inmersión en el Medio Ambiente como sistema, pero dificulta los estudios comparativos. El hecho de que cada ámbito geográfico tenga sus propias cualidades diferenciadoras, induce a acotar los ámbitos propuestos de modo que las diferentes cualidades medioambientales estén presentes en todas las escalas y se puedan determinar fácilmente los esquemas de relación.

II.2.4 La resimbolización.

Cuando se trabaja simultáneamente a diferentes escalas hay que tener en cuenta que los símbolos gráficos, por poner el ejemplo más evidente, cambian con la escala. Es decir: que la representación del núcleo urbano de Almadén a escala 1:200.000 es un pequeño círculo, mientras que a escala 1:50.000 se pueden apreciar los contornos de las manzanas, y a 1:5.000 se pueden dibujar hasta las cubiertas y los patios. Este problema es especialmente grave en las salidas impresas de la cartografía, pues pueden convertir fácilmente un núcleo de población

bien definido en una mancha informe de color. Este problema se soluciona de forma automática en algunos SIG comerciales (los de Intergraf © o en ARC INFO © por ejemplo), que incorporan en cada escala el símbolo adecuado; sin embargo, otros SIG como Geographics © o MAP INFO © no poseen esta función, por lo que esta circunstancia debe ser tenida en cuenta a la hora de abordar la redacción cartográfica y de obtener salidas impresas. En estos casos se puede recurrir a la estructuración de la información en capas dentro de un mismo archivo, o a la separación de la información en archivos diferentes por escalas. En cualquier caso, es un aspecto de importancia suficiente como para tenerlo en cuenta desde los primeros momentos de planificación del SIG.

II.3 Los datos geográficos.

II.3.1 Elección de datos, indicadores y fuentes para el estudio del territorio.

Los objetivos del SIG que se propone requieren manejar dos bloques de datos esenciales:

- Un bloque de datos relativos al medio, que incide directamente en la obtención de información de carácter ambiental.
- Y un bloque de datos relativos a la actividad socioeconómica, directamente enlazados con las previsiones y la redacción del planeamiento.

En general, se puede insistir: 1º en la dificultad de encontrar fuentes fiables, tanto en formato analógico como en formato digital; y 2º en la dificultad de que éstos se hayan recogido sobre un mismo ámbito territorial (en nuestro caso, el municipio), para evitar el problema ya citado de la unidad espacial modificable. Donde no existen datos oficiales nos hemos visto obligados a efectuar muestreos directos sobre el terreno. Tal es el caso de los datos climáticos, por ejemplo, de los que sólo existían las observaciones correspondientes a la capital de la provincia. Y de los datos topográficos, que resultaban insuficientes para redactar la cartografía a escalas grandes. La ventaja de este sistema es que se ha podido controlar desde el principio el grado de precisión y el margen de error que se quería tolerar en el SIG, de acuerdo con la escala de trabajo y con los restantes datos disponibles. En consecuencia, para el conocimiento inicial del ámbito municipal hemos elegido aquéllos datos e indicadores que reunían dos condiciones básicas:

- Se podían obtener o elaborar con datos desagregados por municipios.
- Y poseían un alto grado de fiabilidad por proceder de fuentes solventes.

Hay que constatar que escasean las estadísticas de fuente municipal (y son casi inexistentes en formato digital), y cuando existen conviene tratarlos con reservas no sólo por su grado de precisión, sino por su heterogeneidad. Para salvar estas dificultades, que aunque de antemano se preveían pero no se conocía su alcance en el caso concreto de los municipios piloto, se ha recurrido fundamentalmente a las fuentes del Instituto Nacional de Estadística y

del Instituto Geográfico Nacional, a los datos proporcionados por los Ayuntamientos, y a los procedentes de las Consejerías de Hacienda y Obras Públicas de la JCCM.

II.3.1.1 Los datos ambientales.

Como se recoge en el Cuadro II.1, el estudio del medio biofísico se compone de una serie de fenómenos físicos, biológicos y antrópicos; estos fenómenos se producen en una situación, con una cierta distribución sobre el territorio, y poseen una geometría y un sistema de relaciones que son los que permiten proponer las interpretaciones geográficas del ámbito. La elección ha supuesto, dentro de una lista abierta, una primera selección de variables o factores a inventariar, frente a muchas otras posibilidades que hubieran enfocado el estudio en otras direcciones. Una segunda decisión ha afectado al grado de acercamiento al fenómeno, determinando el grado adecuado de prospección [ZAHONERO, 1996]. Éste está en función, entre otros factores, de: la diversidad del área de estudio, la disponibilidad de datos, la escala de trabajo, el tiempo y el presupuesto disponibles, etc. Hay que tener en cuenta que todas las variables deben analizarse con la misma profundidad, de modo que el volumen de datos de cada factor sea el menor posible dentro de un umbral determinado. La tercera decisión afecta a los criterios de calificación o cuantificación de una variable, que han sido definidos previamente por el equipo en función de los objetivos del trabajo, con el fin de que se pueda establecer una visión conjunta y homogénea del territorio para todos los miembros del equipo de trabajo. Esta decisión resulta esencial a la hora de efectuar operaciones con las bases de datos en la fase analítica, puesto que, la clasificación de las variables temáticas determina la posibilidad de operar en un determinado sentido (desde establecer simples comparaciones a aplicar complejas fórmulas matemáticas).

Las variables que se consideran han de tener siempre un carácter convergente con las demás, ya que cualquier proyecto, y en particular un plan de desarrollo urbanístico, repercute siempre en varios factores medioambientales. Estas variables se describen brevemente a continuación:

- *Variables relacionadas con la tierra:*

- S *La Geología:* tiene una gran repercusión en las actividades humanas; permite determinar los riesgos y peligros geológicos naturales, y los que pueden generar ciertos fenómenos (inundaciones, procesos de erosión/sedimentación, etc.)
- S *La Litología:* el conocimiento de las rocas permite obtener información sobre la estabilidad del terreno; puede tener repercusiones económicas en ciertas acciones, no sólo por ser fuente de materias primas, sino porque puede llegar a limitar el tipo de actividades en un lugar concreto.
- S *La Cartografía Geológica* permite obtener datos para la formulación de un modelo geológico que responda a la realidad física de la unidad territorial, sujeta a procesos dinámicos, naturales y continuos. La superposición, por ejemplo, de los datos litológicos, de depósitos superficiales y de procesos

geológicos activos puede mostrar emplazamientos inadecuados para las actividades que se proyectan en el planeamiento.

S La Geomorfología: se basa en la descripción del relieve identificando formaciones naturales con características físicas y visuales determinadas (Unidades Geomorfológicas), y permite deducir otras características ambientales específicas (variaciones locales de un tipo de clima, tipologías de suelos, de vegetación, etc.) Es un aspecto esencial porque las configuraciones superficiales han determinado de modo fundamental la distribución de los asentamientos humanos. Asimismo guarda relación con otros elementos y procesos, a lo que puede llegar a condicionar de forma muy importante: la erosión, las inundaciones, etc. También la climatología puede verse afectada por la configuración del terreno.

S La Topografía: aporta la técnica auxiliar básica para los estudios geomorfológicos. Los mapas topográficos permiten estudiar las pendientes, la exposición, la altitud, etc. La fotografía aérea resulta especialmente útil cuando se estudian grandes extensiones y no se dispone de la cartografía adecuada.

S Los Suelos: se estudian de cara a su adecuada utilización, tanto para conseguir el máximo aprovechamiento de los recursos naturales, como para evitar deterioros irreversibles o la aparición de fenómenos perjudiciales para el medio natural o para las actividades humanas. Los estudios de suelo deben incorporar el concepto de soporte de las actividades humanas, tanto por su potencial productivo (parámetros de fertilidad y productividad, aprovechamiento forestal, etc.) como por su capacidad de acoger actividades constructoras en las que los parámetros de estabilidad, permeabilidad, erosionabilidad, etc. son esenciales. Esta consideración abarca la puramente edafológica, pero también incluye otros materiales estériles o no soportadores de vida, tales como rocas disgregadas, cenizas volcánicas, aluviones, etc. Estos parámetros se determinan estudiando: 1º las características físicas (profundidad, porosidad, estructura, textura) y químicas (contenido de materia orgánica, pH, contenido de sales solubles, etc.), y 2º las cualidades del suelo (drenaje interno, consistencia, plasticidad...)

- *Variables relacionadas con la atmósfera:*

Son esenciales por cuanto influyen en la distribución de los elementos bióticos y en las condiciones físicas del medio. Determinan el tipo de suelo y la vegetación por su acción aceleradora o ralentizadora de los procesos metabólicos, influyendo en el uso que se vaya a establecer. Su relación con el relieve determina la distribución de los seres vivos. Además, el contenido y movimiento del aire es determinante en la dispersión de factores contaminantes: ciertas actividades humanas pueden llegar a modificar el clima.

S La Climatología: el clima de una localidad se define por los datos estadísticos

a largo plazo de parámetros como la temperatura, las precipitaciones, la humedad, la dirección e intensidad del viento, etc.

- S *Temperatura y humedad* son los caracteres climáticos más importantes. Los parámetros de temperatura más utilizados son los valores absolutos –máximas y mínimas diarias, mensuales y anuales- y los valores medios –media mensual, media de las máximas y de las mínimas, etc.-, así como el período libre de heladas, y las temperaturas medias diurna y nocturna efectiva. En los estudios de impacto ambiental interesan también las diferencias de temperatura de un lugar a otro, porque permiten definir micro y mesoclimas.
 - S *La humedad atmosférica* se relaciona a través de procesos físicos con la nubosidad, la visibilidad y la temperatura. Se suele expresar en porcentaje (índice de humedad relativa).
 - S *La precipitación* es la cantidad de agua, en forma líquida o sólida, que cae sobre la tierra. Es un factor determinante como controlador principal del ciclo hidrológico de una región.
 - S *La evapotranspiración* se refiere a la cantidad de agua transferida a la atmósfera desde las superficies libres de agua, hielo y nieve, y a través de la transpiración de las plantas.
 - S Otros factores son *la radiación, la visibilidad, la insolación, el viento*, etc.
- *Variables relacionadas con el agua:*
 - S *La Hidrología:* estudia la distribución de las aguas superficiales y subterráneas, los cursos de agua, la forma de las cuencas hidrográficas, la cantidad y calidad del agua, etc. Está estrechamente conectada con la geología y la geomorfología del lugar.

En el caso de las aguas subterráneas se determinan varios parámetros:

- S *La capacidad de infiltración*, es decir, de recarga de los acuíferos, considerando su situación y características tipológicas a partir de estudios geológicos.
- S *El potencial hidráulico* (cantidad de agua disponible en función de los niveles de recarga) y las áreas de recarga y de descarga, son parámetros fundamentales en aquellas actuaciones que prevén utilizar las aguas subterráneas.
- S *El nivel freático.*

- S *La sensibilidad de los acuíferos frente a procesos contaminantes*, que depende de la permeabilidad del suelo, la profundidad del nivel freático, la escorrentía superficial (que depende de la pendiente y del nivel de cobertura vegetal), etc.

- S *La calidad del agua* es un factor que se establece para aguas superficiales y subterráneas, que interesa tanto por su utilización lejos de la extracción –uso doméstico, urbano e industrial-, como por su uso lúdico o como medio acuático donde se desarrollan especies vivas. Los parámetros físicos que intervienen son: turbidez, color, sabor, temperatura... y los parámetros químicos son: conductividad eléctrica, pH, iones más importantes, cantidad de oxígeno disuelto y la concentración de carbonato cálcico. Además, si se tiene conocimiento de la existencia de usos con capacidad contaminante, es necesario estudiar la presencia de compuestos nitrogenados, fosfatos, hierro, fenoles, pesticidas, etc.

Todos los datos analíticos se refieren obviamente al momento de la toma, por lo que no se pueden considerar frecuentemente datos históricos ni conocer la capacidad de autodepuración. Por ello hay que atender especialmente a la presencia de indicadores biológicos –especies o variaciones en la estructura de la comunidad biológica acuática o terrestre asociada-, que son los que permiten conocer detalles de la calidad del agua en estados anteriores a la recogida de muestras.

Existe una clasificación de la UNESCO que permite clasificar el agua a partir de sus analíticas en función de sus usos posteriores –aguas potables, aguas para usos agrícolas.

- *VARIABLES RELACIONADAS CON EL MEDIO BIÓTICO:*

- S *La Vegetación*: es el resultado de la disposición en el espacio de los diversos tipos vegetales en cualquier ubicación de un territorio. Su estudio localiza las distintas comunidades vegetales de una zona, y por ello engloba tanto a los estudios florísticos como a las distribuciones espaciales. El estudio estructural de la vegetación maneja dos conceptos básicos: los elementos de la vegetación, cuando los elementos estructurales se distribuyen horizontalmente y los estratos de la vegetación, cuando se distribuyen verticalmente.

- S *La Cubierta vegetal*: Es un elemento básico de descripción del territorio, por la influencia e interacción que ejerce sobre los restantes componentes del medio –estabilización de pendientes, formación y mantenimiento de microclimas, etc. Los estudios ambientales consideran la vegetación desde dos aspectos: el de la conservación y el de su influencia en la planificación de los usos del suelo. Por un lado, forma parte de los ecosistemas; por otro, es un recurso paisajístico natural.

- S *La Flora*: comprende todos los vegetales de distintos rasgos taxonómicos que existen en un territorio dado. Las composiciones florísticas se realizan a partir

de los caracteres morfológicos o genéticos de las especies de un lugar, y resuelven la localización de taxones raros o endémicos, o de especies en vías de desaparición, y determinan las áreas de distribución de las diferentes especies.

Los aspectos cuantitativos de los inventarios de vegetación utilizan los parámetros de:

- S La abundancia y densidad de especies por unidad de superficie –magnitud o significación de las especies.
- S *La cobertura*, en el sentido de proyección horizontal de la vegetación
- S *La biomasa*, expresada en peso de materia seca, en kilocalorías o en gramos de carbono.
- S *El dominio*, en función de la abundancia, el grado de cobertura y la biomasa vegetal.

Los aspectos cualitativos manejan otro tipo de parámetros:

- S *La composición florística*.
- S *La sociabilidad* o tipología en la que se agrupan las especies.
- S *La fisonomía*, distinguiendo entre características funcionales y fisionómicas de la adaptación de las especies al medio.
- S *La estructura* en el espacio.
- S *La evolución* que se manifiesta en los cambios en la estructura y en la organización en función del tiempo.
- S Según los objetivos del trabajo, también pueden considerarse factores como *la rareza, el nivel de degradación, la estabilidad, la productividad, la sensibilidad al fuego, la calidad visual, etc.*

La Fauna. En los estudios de medio físico, es el grupo de animales silvestres que viven en un lugar formando poblaciones estables, independientemente de su procedencia. La taxonomía y la distribución de las especies -principalmente de vertebrados pero también de invertebrados- constituyen la base del estudio.

Los estudios faunísticos se basan en la determinación de las cualidades y características de la fauna en un lugar concreto, analizando los parámetros de:

- S *Estabilidad*, en su aspecto taxonómico -valor numérico que define la proporción constante de las distintas especies- o en su aspecto ecológico

–como mantenimiento de la biomasa a pesar de la variación de la proporción de las especies.

S *Abundancia y rareza.*

S *Representatividad y singularidad.*

S También hay que considerar su *capacidad de atracción turística o recreativa, o su interés científico.*

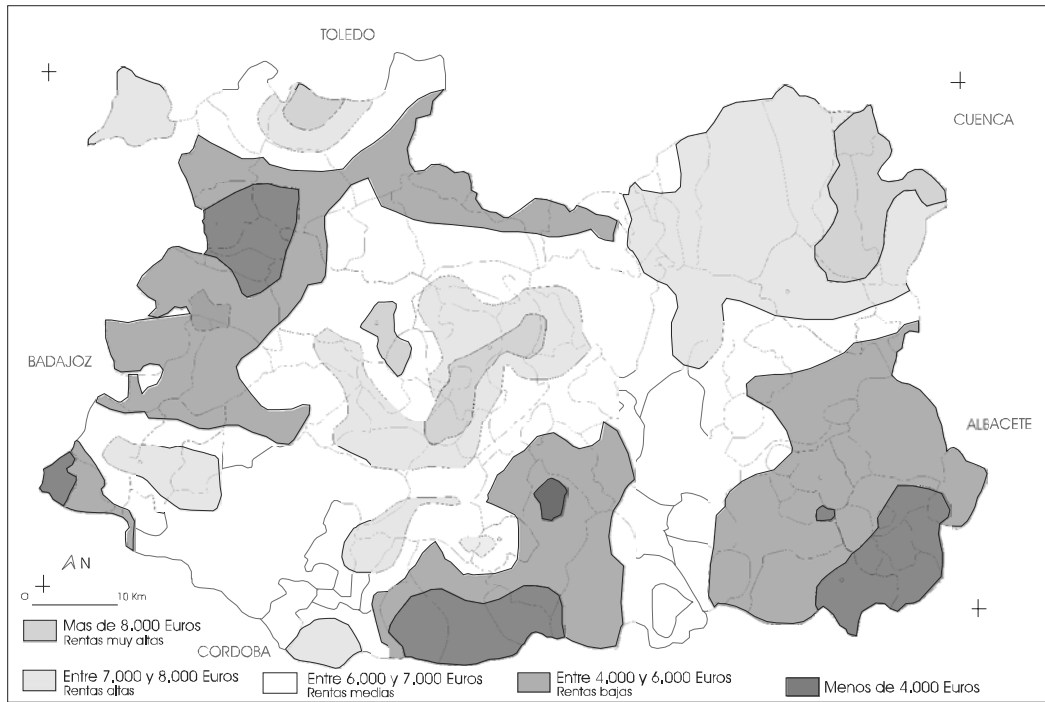
En los casos en los que existan CEPAS o lagunas o humedales protegidos, es posible recurrir a la información recopilada por el CSIC, la Comunidad Autónoma o la Universidad de Castilla-La Mancha.

Los censos correspondientes a las explotaciones cinegéticas pueden consultarse en el obligatorio Plan Técnico de Caza que han de redactar los propietarios de las mismas.

II.3.1.2 Los datos socioeconómicos.

Dentro de este campo de datos disponibles y que hemos considerado que tenían un grado de veracidad suficiente, hemos elegido los siguientes:

- Datos relacionados con la población, la actividad económica y las explotaciones agropecuarias:
 - S *Número de habitantes:* el Censo y padrón de población se obtienen cada cinco años, siendo más fiables y amplios los que se recogen cada diez años. El problema que plantean estos datos es que no cuentan con una adecuada georreferenciación espacial, y que a menudo utilizan como referencia las secciones censales, cuyos límites no están claramente definidos.
 - S *Censo agrario,* que el INE elabora cada diez años, y que resulta una fuente esencial para conocer los aspectos económicos y los aprovechamientos agropecuarios del mundo rural. Estos datos se circunscriben a la unidad territorial de los términos municipales, lo que en nuestro caso supone una ventaja.
 - S *Renta:* referida al municipio.
 - S *Catastro:* datos económicos y de ocupación del suelo, tanto de las poblaciones como del medio rural, proporcionados por el Servicio Catastral del Ministerio de Economía y Hacienda. Estos datos poseen, sobre los anteriores, la ventaja de que descienden a la escala de la finca o parcela individualizable, y en consecuencia, los hemos introducido en las tablas correspondientes de la base



de
d
a
t
o
s
c
o
m
o
a
t
r
i
b
u
t
o
s
d
e
e
s
t
o
s
o
b
j
e
t
o
s

geográficos.

Distribución de la Renta per Cápita en la provincia de Ciudad Real.

- Datos sobre los recursos de gestión del Ayuntamiento:

Estos datos son necesarios si se quiere implementar un SIG que permita agilizar los trámites que conlleva la aplicación del planeamiento: por ejemplo, emisión de licencias municipales, de obras, etc.

- Datos urbanísticos: se han consultado en la Consejería de Obras Públicas y Urbanismo de la Comunidad (Cuadro II.3):

Constituyen las directrices de ámbito territorial en materia de obras públicas y grandes infraestructuras, en particular en lo que respecta al trazado de grandes vías de comunicación o mejora de las ya existentes. Del planeamiento vigente existente en cada municipio se han extraído fundamentalmente los datos referentes a las expectativas de evolución socioeconómica y desarrollo urbanístico, con las calificaciones y clasificaciones del suelo previstas.

- Otros datos socioeconómicos o demográficos de interés, disponibles en la en Instituto Nacional de Estadística (INE) y en la Consejería de Hacienda de la JCCM.
- Otros datos obtenidos in situ. Estos datos hacen referencia sobre todo a inmuebles, fincas y explotaciones abandonadas o transformadas.

Para tener una visión de conjunto más ajustada de cada municipio, así como de su importancia o relaciones en un contexto territorial más amplio, todos estos datos han de completarse con la información obtenida en la Bibliografía específica de los temas tratados (ver Cap. VI).

II.3.1.3 Los datos históricos y culturales.

El conocimiento de los recursos culturales de un territorio es esencial a la hora de establecer una distribución óptima de actividades en un territorio. Dentro de ellos se integran todos aquéllos que, teniendo una representación física, colaboran a desarrollar los conocimientos y a dar plenitud a las dimensiones humanas. Entre ellos se encuentran los arqueológicos, etnológicos, históricos, artísticos, naturales singulares (singularidades paisajísticas) y los científico-educativos. Generalmente estos valores tienen una representación cartográfica puntual (una ermita) o zonal reducida (un área de pinturas rupestres). Por otra parte, para comprender la historia del sistema de asentamientos de un ámbito territorial es necesario poseer un conocimiento geográfico del mismo. Un mismo territorio puede ser colonizado muchas veces: tantas como civilizaciones se hayan establecido en él, y a cada una corresponderá un determinado tipo de ciudad y de rurización. La historia de lo rural, como la de las ciudades, es imprescindible para conocer el proceso de ocupación del territorio.

El primer producto de una historia del territorio ha de ser una cartografía histórica del mismo, que sirva tanto a historiadores como a urbanistas, y ésta se puede elaborar a partir de

las fuentes escritas, de la cartografía antigua y de los propios restos conservados. El trabajo de archivo es tan imprescindible como el de campo, porque el primero proporciona pistas que el segundo deberá comprobar, pero resulta especialmente interesante el manejo de la cartografía antigua, y en concreto las series antiguas de la serie 1:50.000 del MTN del Instituto Geográfico Nacional, por su riqueza toponímica y por la gran cantidad de información sobre usos y caminería antiguos que almacenan.

La formación de una secuencia cartográfica resulta esencial en aquéllos SIG que, por sus objetivos, se centran en el análisis multitemporal. Habitualmente estos SIG temporales se basan en el análisis de los cambios sufridos por las variables consideradas a lo largo del tiempo, y en la observación de la aparición o desaparición de elementos en el territorio.

Finalmente, es posible comparar estados de un mismo ámbito territorial confrontando series de imágenes remotas antiguas y contemporáneas, o vuelos realizados en diferentes años.

II.3.1.4 Fuentes bibliográficas

Tal y como se recoge en el Cap. VI, las consultas bibliográficas generales deben efectuarse en diversos campos: sobre el Medio Ambiente, bibliografía sobre arquitectura popular e industrial, y estructuras urbanas históricas, bibliografía sobre arquitectura ligada al medio ambiente y bibliografía sobre SIG ligados al medio ambiente. Cada ámbito de trabajo debe ser objeto de una investigación bibliográfica y cartográfica concreta y exhaustiva.

II.3.2 Cartografía, fotografía aérea e imágenes de Teledetección.

En los SIG se utilizan los dos tipos de cartografía más frecuentes: la cartografía topográfica y la cartografía temática.

La cartografía topográfica que hay que utilizar en un SIG con los objetivos del que se plantea en el presente Proyecto, pueden cubrir: las escalas territoriales que aglutinan varios municipios en las unidades ambientales homogéneas, la escala municipal, la escala de los asentamientos y, en los casos más relevantes, las planimetrías a la escala de los edificios.

Es muy importante destacar que las cartografías digitales disponibles suelen estar realizadas en formatos diversos, aunque en general se pueden manipular si se exportan al formato de intercambio .dxf.

Otro de los importantes problemas que surgen en el manejo de estas cartografías radica en su concepción, siempre vinculada a unos objetivos muy concretos. Ello hace que los contenidos de dos mapas de un mismo territorio a la misma escala sean diferentes. Por ejemplo, el enfoque de la cartografía de Hacienda es básicamente de inventario recaudatorio, mientras que la cartografía municipal puede incidir más en las alineaciones, etc. Es decir, que la cartografía disponible puede utilizarse en la medida en que coincidan los objetivos, o, al menos, no sean tan dispares que introduzcan errores significativos (por ejemplo, en los ejes de calle).

II.3.2.1 Información topo-cartográfica de base⁴.

- El Instituto Geográfico Nacional y el CENIG: El formato de intercambio de datos es el propio del IGN. Desarrolla:
 - S Las Bases Cartográficas Numéricas BCN 200 y BCN 25, la restitución fotogramétrica numérica (RES 25), procedente de vuelos a escalas 1:40.000 y 1:50.000, y el Modelo Digital del Terreno MDT 25, parcialmente acabado en la actualidad. El MTN 50 se ha obtenido por generalización del MTN 25. El MDT 200. También se ha concluido el paso del BCN 200 a la Serie Cartográfica Numérica correspondiente SCN 200.
 - S Las Ortoimágenes espaciales a escalas 1:100.000, 1:200.000 y 1:500.000, tanto impresas como en formato digital.
 - S El Mapa de Ocupación del Suelo a escala 1:100.000.
 - S Las Bases de Datos de Entidades de Población, de Datos Geodésicos, Sísmicos, Gravimétricos y Geomagnéticos; y el Atlas Nacional de España.

El Área de Teledetección ha desarrollado las series de ortoimágenes espaciales 1:50.000 procedentes del satélite SPOT B Sensor HRV y 1:100.000 procedentes del satélite Landsat B TM. También la serie cartográfica 1:100.000 - 1:250.000 - 1:500.000 sobre imágenes del satélite Landsat 5 B Sensor TM. También realiza el Proyecto CORINE B LANDCOVER.CEE. 1990-1, para obtener un mapa de usos del suelo 1:100.000, a partir de imágenes del Landsat B TM (Bandas 4-5-3).

- El Servicio Geográfico del Ejército: desde 1989 viene desarrollando el proyecto SINFO-GEO, que es un SIG vectorial planteado sobre todo el entorno geográfico del territorio nacional.

Entre los objetivos se halla la obtención de un Modelo Digital del Terreno del tipo TIN. La norma seguida es la DIGEST (*Digital Geographic Information Exchange Standards*), pero suele adoptar formatos propios.

Las ediciones antiguas de las series 1:50.000 de ambos organismos resultan especialmente interesantes para detectar tanto los elementos geográficos desaparecidos –asentamientos, caminos, cañadas, etc.- como la toponimia antigua, que permite reconstruir viejos usos sobre el territorio.

- Algunos municipios de la Comunidad han sido levantados con el concurso de la Delegación del Colegio de Arquitectos a escala 1:5.000, pero son minoría.

⁴CHÍAS, 1997.

En general, existe cartografía a escala municipal donde se ha realizado, o se está redactando el planeamiento correspondiente. No obstante, siempre se recomienda la comprobación de los datos que en ella aparecen, pues resultan habituales las simplificaciones y los trazados “de compromiso” cuando existen indefiniciones. Estos errores e indefiniciones, que pueden no ser significativos si lo que se desea es delimitar un uso, resulta fundamental cuando se requiere cierta precisión –por ejemplo, para definir el soleamiento.

- Cuando no hay cartografía o no resulta fiable, se recomienda efectuar un vuelo y restituir las fotografías.
- Finalmente, las planimetrías urbanas y los levantamientos de las plantas de determinados elementos urbanos suelen hacerse ex profeso para cada estudio, porque la cartografía de Hacienda a escala 1:1.000 no es adecuada para este tipo de trabajos debido a que su interés se centra en la ubicación de los objetos sujetos a imposición, y no en la precisión o las referencias topográficas.

Para redactar la planimetría urbana o definir las plantas de los edificios o espacios públicos, es necesario combinar los métodos de levantamiento tradicional –directos e indirectos– con la fotogrametría terrestre, facilitada y abaratada actualmente con la utilización de cámaras semimétricas y de restituidores analíticos que permiten introducir los datos de posición directamente en los programas de CAD o SIG más conocidos.

II.3.2.2 Información sobre Ciencias de la Tierra.

La cartografía temática disponible se suele utilizar en el estudio del Medio Físico.

- El Instituto Tecnológico Geominero de España. Elabora la cartografía geológica a escala 1:50.000, integrada en el Programa MAGNA.

Ésta integra tanto datos de tipo cualitativo (litología, estructura tectónica, estratigrafía y sedimentología, cronoestratigrafía, etc.), como cuantitativo (orientación de elementos, buzamiento, edad cronoestratigráfica o absoluta, composición química, etc.). El ITG también elabora el Mapa Geológico de España a escalas 1:200.000 y 1:1.000.000, el de la Plataforma Continental a escala 1:200.000, y múltiples mapas derivados (Geomorfológico, Geológico-Mineros y Metalogenéticos, Hidrogeológicos, Geotécnicos, Geológico-Ambientales, de Unidades Homogéneas y otros Temáticos). Finalmente hay que destacar los mapas geocientíficos provinciales a escala 1:100.000.

- Mapa de las series de Vegetación en España que editaba ICONA (1987).

II.3.2.3 La cartografía catastral.

- El Centro de Gestión Catastral y Cooperación Tributaria (CGCCT).
El Sistema de Información Geográfica Catastral (SIGCA) es un subsistema del

Sistema de Información Catastral (SIC), y contiene la representación espacial de todos los bienes inmuebles del territorio nacional. Reúne por tanto la información de las Bases Cartográficas Catastrales (BCC) y de los atributos de las BD Catastrales (BDC). Se gestiona en forma distribuida entre las 65 Gerencias Territoriales del CGCCT. Cada Gerencia carga la cartografía digitalizada desde las cintas en formato del centro de gestión (FCG) a la BDC (ARC/INFO), la cruza con la información alfanumérica procedente de la BDC, y mantiene ambas bases de datos actualizadas.

La unidad de proceso es el término municipal; la información geométrica se agrupa en cuatro tipos: la Cartografía Catastral Rústica (sobre ortofotos, 1:5.000), la Cartografía Catastral Urbana (1:500 y 1:1.000), la Cartografía Base, y Planeamiento y urbanismo.

II.3.2.5 Información territorial municipal o supramunicipal de planeamiento y de infraestructuras.

Además del Ministerio de Fomento, que cuenta con iniciativas variadas como las del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) -como el análisis de los impactos de las obras hidráulicas sobre el territorio (modelo hidráulico GISPLANA)- y del Centro de Estudios Hidrográficos (CEH) -que aplica estas tecnologías a restauraciones de monumentos (proyecto EUROCARE)-, resulta esencial consultar las actividades desarrolladas por los organismos correspondientes de la Comunidad Autónoma.

II.3.2.6 La fotografía aérea.

La fotografía aérea a escala 1:33.000 y 1:18.000 se interpreta para obtener las bases cartográficas. Por una parte, para disponer de una cartografía topográfica fiable; y por otra para definir los distintos parámetros del Medio Natural, antes de proceder a su comprobación en el campo y a su comparación con la información procedente de los sensores remotos. Si se ha de contratar un trabajo de restitución, resulta esencial definir previa y claramente tanto las características y condiciones del vuelo como de la restitución, para evitar resultados no homogéneos o con una precisión inaceptable. A continuación exponemos brevemente las condiciones que ha de cumplir un vuelo fotogramétrico.

- El vuelo fotogramétrico.

El objetivo de contratar un vuelo es obtener posteriormente Cartografía Digital a escalas mayores de las que están a la venta en los organismos oficiales. En nuestro caso, la escala necesaria era 1:20.000, pero es frecuente requerir escalas 1:1000 y 1:500, razón por la que incluimos las directrices generales a aplicar para cualquier escala. El control de tales condiciones ha de ser verificado con total escrupulosidad. Los pasos que se recomienda seguir para ello son los siguientes:

A/ Establecimiento de las condiciones del vuelo fotogramétrico. Su objeto es

obtener la cobertura estereoscópica por pasadas rectilíneas y paralelas de fotografías verticales de la zona a levantar, cuyo límite es el del municipio. Por ejemplo, los fotogramas han de obtenerse a una escala 1:5000, si se quiere obtener una escala definitiva de 1:1000.

B/ Las líneas de vuelo. La zona a cartografiar se ha de cubrir íntegramente con tantas pasadas en dirección Este-Oeste o Norte-Sur como sean necesarias, con la precaución de efectuar otras en otra dirección si la estructura de la zona lo aconseja.

C/ Recubrimiento. El recubrimiento longitudinal de los fotogramas ha de ser del 60%, con un error máximo de $\pm 5\%$. El recubrimiento transversal se fija en el 30%, con un error máximo admitido de $\pm 5\%$, aceptándose los límites extremos del 10% y 45% de recubrimiento cuando los desniveles del terreno superan el 10% de la altura del vuelo.

D/ Horario y circunstancias de vuelo. Los vuelos se han de realizar en las horas centrales del día, con inclinación de los rayos solares inferiores a 35 grados centesimales. Se ha de volar en días claros para asegurar la calidad y nitidez de las imágenes. La velocidad del vuelo se fija de modo que, combinada con el tiempo de exposición, se asegure un error de arrastre en la imagen inferior a 0,01 mm del fotograma; también se permite utilizar una cámara que compense automáticamente este desplazamiento.

E/ Altura de vuelo. Se toleran las discrepancias de las alturas reales sobre un plano medio del terreno en cada pasada, que no sobrepasen el 2% y el 5% por encima y por debajo respectivamente de la altura teórica media.

F/ Condiciones técnicas de la cámara fotográfica. Se ha de especificar la utilización de una cámara fotogramétrica de precisión, dotada de los dispositivos necesarios para la correcta impresión de los fotogramas.

G/ Condiciones técnicas de los fotogramas.

H/ Gráficos de vuelo. Para redactar la cartografía a escalas 1:500 y 1:1000, se ha de exigir la entrega de un gráfico de vuelo a escala 1:10000 en material reproducible, con la posición relativa de las pasadas y los fotogramas. En él han de figurar los ejes de las pasadas y los fotogramas con los recuadros que los delimitan, numerados.

Con este material y efectuando la correspondiente restitución fotogramétrica, se obtiene cartografía vectorial en archivos tridimensionales, que contienen la información dispuesta en capas o niveles, agrupada por temas afines –hidrología, sistema viario, edificaciones, etc.–, que puede manipularse directamente con los programas de CAD (véase II.4).

II.3.2.7 Imágenes procedentes de la Teledetección.

Los SIG del tipo raster se desarrollan sobre la información contenida en las imágenes procedentes de los sensores remotos, convenientemente manipuladas para dar sentido a los datos asociados a cada pixel. Los sensores que se utilizan son los que proporcionan información sobre la radiación electromagnética que reflejan o emiten las superficies de la cubierta terrestre. El espectro electromagnético es la organización en bandas de longitudes de onda de la radiación electro-magnética:

- S El espectro visible es la radiación que perciben los ojos; dentro de ella destacan tres bandas elementales en razón a sus colores asociados –azul, verde, rojo.
- S El infrarrojo próximo o fotográfico, especialmente interesante para discriminar masas vegetales y concentraciones de humedad.
- S El infrarrojo medio, donde se mezclan los procesos de reflexión de la luz solar y de emisión de la superficie terrestre.
- S El infrarrojo lejano o térmico, que incluye las emisiones del espectro terrestre.
- S Y las microondas, muy interesantes por ser un tipo de energía bastante transparente a la cubierta nubosa.

La proporción de flujo incidente que es reflejado, absorbido y transmitido, depende de las características de la superficie que se observa. Por tanto, es interesante conocer el comportamiento de tal cubierta en diferentes longitudes de onda, para realizar una discriminación acertada, pues sólo se pueden diferenciar dos superficies cuando existen divergencias espectrales entre ellas. En el caso del espectro visible, el distinto comportamiento de los objetos a distintas longitudes de onda se manifiesta en lo que llamamos color: un objeto es azul si refleja intensamente energía en esa banda y poco en el resto. A partir de medidas de laboratorio se han obtenido unas curvas de reflectividad espectral para las principales cubiertas terrestres –nieve, vegetación sana, vegetación enferma, suelo y agua- en las que se ve su respuesta en diferentes longitudes de onda. Obviamente, los valores teóricos se ven afectados en las experiencias reales por las condiciones atmosféricas, el emplazamiento ambiental de la cubierta y la geometría de la observación [CHUVIECO, 1990].

Obviamente, la interpretación de imágenes de satélite es labor de especialistas, por lo que se aconseja asesorarse en esta materia a causa de la cantidad de variables que inciden en la definición de cada superficie. Pero para desarrollar el planeamiento con criterios medioambientales, lo que el técnico debe saber es la oferta disponible en el mercado atendiendo a dos aspectos fundamentalmente:

- 1º Las bandas que interesa analizar para determinar los diferentes parámetros ambientales que se van a considerar: es decir, la resolución espectral que

ofrece cada sensor.

- 2° La distancia que corresponde sobre la superficie terrestre a la mínima unidad de información de la imagen (pixel); es decir, la resolución espacial que ofrece cada sensor. Determina el nivel de detalle de la imagen, y está estrechamente relacionado con la escala de trabajo y con la fiabilidad que se va a obtener de la interpretación.

La resolución espectral indica el número y la anchura de las bandas espectrales que puede discriminar cada sensor. De los comentarios anteriores se deduce que es importante contar con información multispectral para registrar simultáneamente el comportamiento de cada superficie en las distintas bandas del espectro. Por tanto, un sensor resultará más idóneo cuanto mayor sea el número de bandas que proporcione. Además, las bandas han de ser suficientemente estrechas para coger la señal en regiones coherentes del espectro –las bandas anchas ofrecen valores promediados. Entre los sensores espaciales, la menor resolución espectral corresponde al radar –ofrece un solo canal- y a los sistemas fotográficos –que ofrecen películas pancromáticas, infrarrojo b/n, color natural o infrarrojo color. En cambio, los sensores óptico-electrónicos ofrecen un amplio rango de bandas.

La resolución espacial es muy variada. Por ejemplo, los satélites de recursos naturales, diseñados para obtener información sobre áreas muy heterogéneas, suelen contar con resoluciones de detalle: desde los 10 x 10 m del sensor SPOT-HRV hasta los 120 x 120 m del canal térmico del Landsat-TM. Otros satélites de aplicaciones más globales -HCMM-HCMR, MOS-VTIR, Nimbus-CZCS o NOAA-AVHRR- facilitan pixeles correspondientes a 500 o 1.100 m de lado. En último lugar están los satélites meteorológicos de órbita geoestacionaria –Meteosat, GOES, GMS- que ofrecen una cubierta global con pixeles de hasta 5 km de lado. Cuanto menor sea el tamaño del pixel, menor será la posibilidad de que éste sea un compuesto de dos o más cubiertas limítrofes. Sin embargo, en el caso concreto de las cubiertas urbanas se ha comprobado que la resolución espacial puede afectar negativamente a la interpretación, cuando ésta se realiza digitalmente, debido a las dificultades que entraña la clasificación.

Finalmente, las plataformas disponibles más utilizadas son:

- S El programa Landsat, que se compone de siete satélites equipados con sensores de varios tipos, destacando: 1° El Sensor MSS de barrido multispectral, que codifica cuatro bandas –4 a 7- entre el 0 y el 255 –medida estándar de un equipo de tratamiento digital-, más una térmica –8- en el caso del Landsat 3; más antiguo que el TM, permite detectar masas vegetales, recursos hídricos y mineros. Las bandas visibles –4 y 5- permiten detectar mejor aspectos antrópicos como áreas urbanas o vías de comunicación, así como informan sobre la calidad del agua. Las dos bandas del infrarrojo cercano –6 y 7- registran parámetros vitales en la actividad de las plantas, y son especialmente sensibles a la humedad. Cada imagen se compone de 28 millones de pixeles. 2° El Sensor Thematic Mapper (TM), especialmente diseñado para la cartografía temática mejora a su predecesor en resolución espectral –de 4 a 7

bandas-, espacial –de 79 a 30 m- y radiométrica –sensibilidad del sensor, que pasa de 6 a 8 bits. Su nueva configuración mejorada incorpora información de cuatro bandas del espectro no contempladas en el MSS –azul, dos en el infrarrojo medio y una en el térmico-, sustituyéndose las 6 y 7 por una sola. La banda azul permite detectar turbideces y contaminantes en el agua; el infrarrojo medio es útil para la exploración minera y la detección e los contenidos de humedad en los suelos y en las plantas; y el infrarrojo medio y térmico permiten detectar focos de calor. Cada imagen se compone de 231 millones de píxeles. Se comercializan cuartos de escena, bandas aisladas e incluso sub-imágenes de 512 x 512 píxeles.

- S El proyecto SPOT, que cuenta con dos satélites que incorporan dos sensores HRV que permiten obtener imágenes en dos modalidades: pancromático y multibanda (verde, rojo e infrarrojo cercano), con resoluciones espaciales respectivas de 10 y 20 m. El área cubierta en cada escena es de 60 km de lado. Por tanto, mejora la resolución espacial con pérdida de la espectral. Resolución radiométrica: 8 bits en multibanda y 6 en pancromático. El SPOT también puede variar el ángulo de observación gracias a un dispositivo móvil instalado en el equipo óptico. Esto permite obtener imágenes estereoscópicas y, por tanto, obtener datos topográficos. En general, es un sistema flexible que puede adaptar su órbita a las necesidades del usuario. Además, la mejora en la resolución espacial respecto al sensor TM, convierte a estas imágenes en idóneas para el análisis visual, especialmente en el medio urbano. También se combina el canal pancromático del SPOT con imágenes del TM, de modo que se aprovecha la resolución espectral de este último y la espacial del primero.

Las anotaciones que incorpora una imagen, difieren según el sensor que las adquiere y la organización que las procesa. Las primeras imágenes Landsat procesadas por la NASA contenían una serie de datos marginales, que han ido cambiando después de 1980 cuando la Agencia Espacial Europea comenzó a recibir las imágenes y la red EARTHNET a distribuir las. Por último, a partir del lanzamiento de los Landsat 4 y 5 se volvió a modificar la información auxiliar que incluyen los productos fotográficos, que actualmente es:

- S En la cabecera del negativo figuran los datos más importantes de la adquisición: fecha, satélite, sensor, número de banda, código de la escena y, en su caso, número de cuadrante.
- S En el borde inferior aparece la escala de grises –indicando el valor digital que corresponde a cada intensidad-, centro y fecha de proceso, y escala gráfica.
- S La última línea incluye datos auxiliares como: fecha de adquisición, coordenadas del centro de la escena, ángulo de elevación y acimut solar, nivel de corrección radiométrica y geométrica, e identificación de la escena en el código NASA y en el sistema europeo.

II.3.2.8 Procesado de imágenes remotas

Los datos procedentes de sensores remotos son mediciones que obtienen los satélites por barrido –escaneado- de la distribución espacial de la energía solar reflejada, o de la distribución espacial de la energía emitida por la Tierra en los intervalos –bandas- de las longitudes de onda del espectro electromagnético. La imagen consiste en una matriz de pixels (picture elements). Cada pixel representa la porción más pequeña de superficie terrestre que puede detectar el sensor, y tiene asociado un número digital o nivel digital ND (DN, Digital Number o DC, Digital Count), que resulta de la cuantificación de la señal electrónica amplificada que recibe el sensor. En muchos sensores, el DN -brillo o emisión- grabado en cada banda es simplemente la proporción de radiación que llega al sensor. Para cada banda se obtiene un número binario comprendido habitualmente en el intervalo 0-255, de modo que se pueden utilizar 8 bits para almacenar un valor de un pixel en una banda.

Resulta habitual efectuar una serie de operaciones con las imágenes para facilitar su interpretación. Éstas pueden ser el simple análisis visual, basado en la discriminación de categorías con un comportamiento espectral similar, o en el análisis digital.

A/ Operaciones de análisis visual. En este primer caso se utiliza la textura, la estructura, las sombras, los contornos, el emplazamiento o la disposición de los elementos –muy difíciles de discernir por métodos digitales. Además, en este caso se puede empezar por referenciar geográficamente la imagen, es decir, en localizar sobre ella rasgos identificables sobre un mapa convencional. Suele ser de ayuda utilizar el apoyo de una retícula de referencia. Posibilidades [CHUVIECO, 1990]: la visualización de una imagen de banda única, el cálculo del histograma, y la visualización de imágenes multibanda.

B/ Análisis por procesos digitales. Dentro de los procesos digitales, es posible definir un primer grupo que supone efectuar correcciones en la imagen para eliminar las anomalías detectadas, tanto en su localización como en el ND de los píxeles que la componen, disponiéndola de manera adecuada para su interpretación. Estas correcciones pueden ser radiométricas o geométricas, y en principio se recomienda no efectuar estas últimas antes de realizar los análisis porque introducen variaciones en los datos de partida.

C/ Operaciones que realzan y mejoran la imagen. Son las siguientes: - la mejora del contraste, que se realiza por medio del ajuste lineal (*lineal stretching*) y de la ecualización del histograma; - el empleo del pseudo-color: que aprovecha que el ojo humano distingue mejor tonos de color que intensidades de brillo para facilitar el análisis; - las composiciones en color, que permiten combinar tres bandas para crear una composición en color, que proporcione una impresión visual de la superficie terrestre mejor que la que se obtendría con una sola imagen; - los filtrados que se aplican, como en la fotografía, para aislar componentes de interés, para suavizar o

reforzar los contrastes espaciales de los ND que componen la imagen.

D/ Operaciones de transformación de la imagen. Son operaciones que crean bandas artificiales a partir de combinaciones entre las originales, con el fin de mejorar la discriminación entre algunos aspectos temáticos dentro de la imagen. Están dirigidas, por tanto, a la clasificación temática. Son generalmente transformaciones lineales –sumas ponderadas, multiplicaciones o divisiones.

E/ Procesos de clasificación de una imagen. Constituyen la fase culminante del tratamiento digital, y ello se debe a que los ND carecen de sentido por sí mismos si, a través de la interpretación, no se convierten en categorías que proporcionan un mayor conocimiento del territorio. Como resultado de la clasificación se obtiene una cartografía temática y unas tablas estadísticas que definen la localización e inventarían las categorías de interés. En esta labor, la experiencia es esencial. Las clasificaciones más habituales son: la clasificación de una banda (*density slicing*) y la clasificación multibanda.

F/ Conversión de ND a parámetros físicos. La interpretación persigue en general establecer las diferencias entre tipos de cubiertas, pero también puede intentar caracterizar una cubierta de forma absoluta. Este segundo planteamiento discrimina cada categoría para una imagen y en una fecha concreta, por lo que sus resultados no son extrapolables a otras situaciones. Resulta especialmente útil cuando se pretende redactar una cartografía temática de un territorio, es decir, cuando se quiere cartografiar la distribución de una serie de categorías mutuamente excluyentes en el ámbito de trabajo.

G/ Otras posibilidades de manipulación de imágenes raster. Los programas de SIG vectoriales también permiten habitualmente trabajar con imágenes raster. Se pueden visualizar e imprimir mapas, ortofotos o imágenes de satélite. Estas imágenes se pueden utilizar para vectorizar en pantalla o como fondo de un mapa. También es posible situar los elementos que aparecen en una imagen en su posición geográfica exacta, asignándole las coordenadas correspondientes. Finalmente, el programa permite “deformar” la imagen de base hasta conseguir ajustar los elementos representados en sus posiciones exactas. Para ello se aplican transformaciones afines y conformes, así como distintas posibilidades de ponderación y de número de puntos de control.

Por otra parte, existen SIG mixtos que trabajan indistintamente con formatos raster y vectoriales. Tal es el caso del programa ILWISS©. Estos programas son muy útiles cuando se trabaja sobre extensiones superficiales muy grandes, pero no resultan adecuados para manejar escalas de trabajo grandes.

II.3.2.9 Trabajos de campo. Uso del GPS

Los datos que se obtienen por observación directa son aquéllos que permiten identificar, dentro

de un ámbito espacial y temporal acotados, cada objeto de estudio con sus atributos y su posición, de acuerdo con un concepto de espacio y con un sistema de referencia predefinidos [CHÍAS, 1997]. En una gran parte de proyectos SIG, esta fuente de datos resulta ineludible. Precisamente para definir las posiciones y los atributos de altimetría, se recurre al uso de instrumentos de medición indirecta, como es el caso de los teodolitos, de los taquímetros o de las estaciones totales. Éstos permiten efectuar levantamientos topográficos del ámbito espacial de estudio a la escala requerida por el proyecto, que no siempre está disponible en fuentes elaboradas por las diferentes administraciones (las citadas fuentes secundarias). Debido a esta práctica y a la creciente demanda que existe de conectar los instrumentos topográficos con los programas de cartografía y dibujo, se han ido desarrollado unos instrumentos primero y unos módulos de software después, que permiten el transvase de los datos desde los citados instrumentos hacia las bases de datos a las que tienen acceso tales programas. Un ejemplo de estos métodos es el COGO (*Coordinate Geometry*).

- El GPS. (*Global Positioning System*)

Su uso se está generalizando para obtener con gran precisión posiciones sobre la superficie terrestre. Fue desarrollado por el Departamento de Defensa de EEUU, y se apoya en una constelación de 24 satélites en órbita terrestre a altitud muy elevada (existe un sistema ruso paralelo llamado GLONASS), que describen una órbita completa cada 12 horas. El fundamento físico es la teoría del efecto Doppler de baja frecuencia. Y como muchos autores resumen, el GPS “es un problema de relojes”. El requisito esencial es conocer con precisión el momento en que la señal partió del satélite. Para ello, se opta por sincronizar los satélites y los receptores de modo que ambos generasen un mismo código al mismo tiempo. Entonces sólo hay que recibir los códigos del satélite y ver cuanto tiempo hace que nuestro receptor generó el mismo código. Este tiempo es exactamente igual al tiempo de viaje de la onda.

El GPS no utiliza números: genera una codificación digital muy compleja, pero fácilmente comparable y no ambigua, semejante a una larga cadena de pulsos aleatorios, aunque en realidad no son aleatorios, pues los ciclos se repiten cada milisegundo. Finalmente, la precisión final de un GPS está determinada por la suma de varias fuentes de error que dependen básicamente de las condiciones atmosféricas y de las condiciones del equipo, pero que se pueden ver incrementadas “por razones tácticas” (con la introducción de la *Selective Availability* o S/A). En general, el error de posición en metros oscila entre los 9 y los 19 m (con S/A), pero puede llegar a reducirse a centímetros si se aplican técnicas topográficas y se utiliza un segundo receptor GPS fijo en un punto de coordenadas conocidas. El error en el cálculo de altitudes con un receptor único es siempre superior, por lo que se recomienda recurrir al segundo receptor y a la corrección postprocesamiento.

Una parte importante del trabajo de campo lo constituye el levantamiento de los pueblos y las construcciones y espacios públicos más relevantes. También es habitual tener que levantar “in situ” las redes de servicios. Para ello, el GPS supone una ayuda y un factor corrector posicional de gran importancia.

II.3.2.10 Muestreos. Criterios.

Para asegurar que las tomas de datos o muestreos de los fenómenos geográficos obedecen a los fines del trabajo y son suficientemente representativas, hemos recurrido a algunas técnicas de muestreo espacial. El problema estriba en seleccionar los elementos a muestrear (las unidades muestrales), que en nuestro caso son puntos porque se trata de completar los datos climáticos y los datos topográficos, con el fin de registrar sobre ellos determinados atributos. El objetivo es lograr una descripción del fenómeno y de su distribución espacial de un modo preciso y económico.

Las muestras se han obtenido siguiendo el criterio siguiente: se ha fijado una distancia mínima entre puntos de muestreo tal, que al tomar como referencia uno de ellos y compararlo con los puntos no muestreados de su entorno inmediato, éstos no presenten diferencias sustanciales de valor con el primero. Ello supone asumir que cada punto de muestreo ha sido representativo dentro de su entorno. Respecto a la técnica de muestreo, se ha elegido el muestreo aleatorio simple en los municipios de escasa variación altimétrica, y el muestreo estatificado en los casos de los municipios con mayores accidentes topográficos.

- S El muestreo aleatorio simple nos ha supuesto definir una retícula cuadrada superpuesta al municipio y elegir aleatoriamente pares de números que equivalen a las coordenadas referidas a la retícula nueva. El módulo unitario de ésta se ha variado en función de las características topográficas de los municipios, y hemos elegido sus dimensiones básicas entre 0.250 km por 0.250 km y 1 km por 1 km.
- S En cambio, el muestreo estratificado tiene la ventaja de que garantiza que al subdividir por zonas el espacio, el número de muestras que se toman es proporcional a sus superficies. El criterio seguido ha sido zonificar por intervalos de altitud. La razón de esta elección estriba en la propia naturaleza de las variables a muestrear, ya que las fuentes iniciales de los datos altimétricos y climáticos nos resultaron insuficientes.

Sin embargo, de acuerdo con la premisa inicial de elección de muestras representativas, la densidad de muestras altimétricas no coincide con la correspondiente al muestreo de las variables climáticas. Esto se debe a las reducidas dimensiones de los términos municipales, que sólo permiten detectar variaciones climáticas sensibles en los casos en los que se detectan determinados microclimas.

II.4 Redacción de la cartografía topográfica digital.

Para integrar la información cartográfica en un SIG es necesario transformarla al formato digital, tanto si se trata de datos alfanuméricos, como de elementos gráficos.

Los sistemas de información geográfica vectoriales se componen esencialmente de un conjunto de elementos gráficos que representan los diferentes fenómenos geográficos y que están georreferenciados, y de otro conjunto de datos atributivos vinculados a los primeros.

La georreferenciación resulta imprescindible si se quiere integrar o relacionar posteriormente un SIG, o una cartografía o imagen, con otros del mismo ámbito o de ámbitos vecinos, ya que en caso contrario se crearía un SIG aislado. Se recomienda efectuarla siempre al iniciar los trabajos de digitalización o vectorización.

Existen varias posibilidades de digitalización. Una primera consiste en capturar los elementos gráficos por medio de una tableta digitalizadora sobre la que se fija el mapa, y que permite situar cada elemento pulsando con el ratón sobre el mismo. La mayoría de los programas SIG poseen módulos de digitalización que permiten introducir directamente la información analógica del mapa en soporte papel. Otra posibilidad que se ofrece actualmente consiste en la vectorización por software de imágenes raster de manera automática y semiautomática. El proceso consiste en que es el propio programa el que discrimina los píxeles de la imagen raster y “decide” el trazado de los diferentes elementos gráficos en formato vectorial, solicitando sólo la intervención del cartógrafo en los casos de duda –bifurcaciones, etc.

Finalmente, siempre es posible dentro de los programas de CAD más difundidos, importar las imágenes raster como si fueran archivos de referencia, y vectorizar manualmente.

Otra opción es la restitución estereofotogramétrica, cuando se utilizan fotografías aéreas.

II.4.1 La restitución fotogramétrica.

Es necesario establecer previamente que los trabajos de restitución digital se realicen de manera que permitan las escalas de salida prefijadas, siempre de acuerdo con la Ley de Ordenación de la Cartografía de 24-I-86, que regula la producción cartográfica de los diferentes organismos públicos. La restitución se ha de realizar bajo estrecha supervisión, empleando restituidores analíticos de precisión, calibrados con salida de datos aptos para ser tratados por sistemas informáticos que permitan la captura y almacenamiento de los elementos cartográficos en forma digital. Las condiciones de trabajo exigibles en estos casos, son: el ajuste de los pares estereoscópicos, las condiciones de la información altimétrica a restituir, los puntos acotados a definir en planimetría, la expresión de las cotas, las parcelas a restituir, la toponimia y las divisiones administrativas.

A.1 La Base Numérica y los sistemas de referencia y de proyección.

La Base Numérica Municipal de Datos Topográficos se construyó con el conjunto de coordenadas planimétricas X,Y, más la altimétrica Z en el sistema de Proyección UTM (Universal Mercator Transversa), de todos los puntos que definen la morfología de los diferentes núcleos urbanos. El sistema de referencia adoptado fue el ED 50 (European Datum 1950, Torre de Helmert, Postdam). El sistema de representación plana UTM se realizó dentro del Huso 30s, verificándose las transformaciones de coordenadas geodésicas a UTM por cálculos informáticos.

A.2 Formato, designación de las hojas y cuadrículado.

Las hojas derivan de la división de las hojas correspondientes del Mapa Topográfico Nacional 1:50.000, lo cual constituye una elección acertada ya que permite mantener la referencia general territorial en todo momento. Inicialmente se ha abordado la serie 1:20.000 de los municipios, pero la planificación de los trabajos se ha realizado con una amplia perspectiva de futuro, planteando las bases de una futura cartografía a otras escalas. Por ejemplo, cada hoja de la serie E 05 (1:500) procederá de la división en cuatro partes de las respectivas hojas de la serie E 1 (1:1000); ésta procederá a su vez de la división de la serie E 5 (1:5000), y así sucesivamente. Ocasionalmente se ha admitido realizar un desplazamiento lateral de la cuadrícula para reducir el número de hojas necesario para completar la zona. Estos desplazamientos han sido siempre laterales, de manera que los límites quedasen siempre definidos por meridianos y paralelos, excluyéndose expresamente las rotaciones.

A.3 Codificación del Mapa.

Los objetos del ámbito de trabajo han de ser sintetizados y organizados para ser adecuadamente representados en la Base de Datos y posteriormente dibujados por medio de entidades gráficas. Los objetos representados no se individualizaron inicialmente a través de signos específicos, por ser demasiados; en cambio, se agruparon previamente en categorías (familias) y en clases (subfamilias) de características geográficas comunes, a los que se asignaron grafismos diferenciadores o semejantes a otras familias de datos. Los principios en los que hemos basado la clasificación y codificación, han sido los siguientes:

- la universalidad, pretendiendo que los signos empleados resulten lo más evocadores posible para el mayor número de usuarios;
- la unicidad, que busca la eliminación de las indeterminaciones por el parecido de los símbolos utilizados o por su ambivalencia;
- la estructuración, que clasifica, agrupa y codifica los distintos fenómenos tratados;
- la simplicidad, pues tanto los geocódigos como las entidades gráficas han de ocupar el menor espacio posible (gráfico y de memoria).

Cuando se informatiza un plano, el signo gráfico se sustituye por un código numérico o alfanumérico para mantener la relación entre la descripción métrica de un objeto y su significado, de modo que el nivel de abstracción es máximo y se produce frecuentemente una auténtica desconexión si el usuario no está familiarizado con los principios que han regido el proceso de transcripción. Conocedores de este problema, hemos considerado la necesidad de

que el usuario del mapa o plano convencional pudiese identificar rápidamente los datos en él contenidos y sacar conclusiones con diferentes grados de profundidad. En los planteamientos informáticos, los conceptos de clasificación son similares a los empleados en cartografías convencionales, pero además hay que incorporar unos códigos que permitan la caracterización intrínseca y topológica simultánea. El nivel de desarrollo de la clasificación se ha hecho progresivamente, a partir de concepciones elementales, y exhaustivamente, para obtener una codificación lo más detallada posible que facilite el posterior tratamiento analítico y las consultas más complejas. Asimismo, cabe destacar el intensivo seguimiento que el equipo ha efectuado durante todo el proceso de restitución, así como las cautelas y controles adoptados en cada caso para mantener la precisión exigida. La categorización y codificación de los datos se ha realizado de un modo ordenado, sistemático y exhaustivo, de acuerdo con los estándares fijados por la CGC, y satisfaciendo plenamente las necesidades municipales. También se ha tenido en cuenta, de cara a los futuros usuarios, no sólo la impresión en los colores y con los símbolos habituales de las cartografías del IGN y del SGE, sino que también se ha considerado la posibilidad de personalizar los trazados en un futuro.

II.4.2 Los trabajos topográficos.

Los trabajos topográficos han comprendido las operaciones de campo y de gabinete que han sido necesarios para determinar las posiciones planimétricas y altimétricas de los puntos de apoyo, y se han realizado de acuerdo con las directrices que se exponen a continuación:

- Los puntos de apoyo:
 - S la zona objeto del levantamiento fue previamente delimitada en los fotogramas;
 - S la posición de los puntos de apoyo se determinó por medio de intersección inversa o directa, por triangulación, por poligonación o por radiación;
 - S la determinación de puntos aislados por radiación, quedó condicionada a la medida electrónica de las distancias y a la observación con teodolito o estación total, de los ángulos horizontales en el vértice desde el que se realiza la radiación;
 - S se obtuvieron un mínimo de cinco puntos de apoyo por cada par estereoscópico, distribuidos en las zonas próximas a las esquinas y al centro;
 - S para cada punto de apoyo fotogramétrico observado, se ha realizado el croquis de situación en el terreno, orientado al Norte, a una escala aproximada tres veces superior a la de la fotografía (los elementos reseñados en este croquis siempre estaban incluidos en la fotografía); también se incluyó el número de fotograma y la pasada en la que estaba pinchado el punto de apoyo, cuya posición quedó marcada en todos los fotogramas en los que aparecía con un círculo dibujado en tinta negra, de un diámetro aproximado de 10 mm, y con

centro en el citado punto; asimismo, en el gráfico de vuelo (o sobre una ampliación del mismo) se marcaron los puntos de apoyo rotulados con su número de referencia;

S el cálculo se realizó por medio de ordenador, y con los programas adecuados;

S el error medio de las coordenadas de los puntos de triangulación, poligonación y apoyo, tanto en planimetría como en altimetría, se fijó, como máximo en $\pm 0,20$ m para la serie a escala 1:20.000.

En los núcleos en cuya área o zonas colindantes existen vértices construidos, observados y calculados de la Red Geodésica Nacional, ha habido que establecer una densificación de la misma mediante la formación de una red de vértices definidos por los métodos de triangulación, poligonación de precisión en malla, o sistemas de "posicionamiento" por satélite (G.P.S.). El número de vértices que han de formar estas redes se han obtenido por superposición de una malla ortogonal de 750 m de lado, creándose a partir de ella dos redes del mismo rango de precisión. Cada punto tomado con el instrumental de medición se ha situado sobre el Mapa Topográfico Digital de Ciudad Real en "posición absoluta", y se ha dibujado en dos dimensiones. Las directrices aportadas para ello han sido las siguientes:

- Datos de campo: se han obtenido con los métodos e instrumentos más adecuados para conseguir los objetivos citados, garantizándose en cualquier caso unas precisiones mínimas.
- Cálculos y compensaciones de los datos de campo observados: se han realizado con los programas adecuados para obtener las coordenadas en el sistema UTM; cuando la zona de trabajo o la naturaleza de la misma requirió la implantación de nuevos vértices para la observación desde ellos, se observó la metodología y las especificaciones que se analizan con detalle en el apartado correspondiente; los ficheros de los datos de campo y de los puntos coordenados del levantamiento, se incorporaron al plano digital en formato ASCII.

Es imprescindible mantener una gran minuciosidad y rigor a la hora de validar los datos que han de incorporarse a la Base de Datos Geográfica, desde la descripción de las determinaciones adoptadas durante el proceso de obtención de datos de campo, hasta el hecho de recuperar las minutas y los cálculos (con el fin de poder reconstruir la situación y circunstancias asociadas a cada medición).

II.4.3 Otras características de la cartografía municipal digital a escala 1:20.000.

La Base Cartográfica se ha estructurado siguiendo los criterios siguientes:

Aplicación de los sistemas de información geográfica a la redacción de planeamiento 51

Nivel	Nombre	Contenido	Símbolo	Color	Tipo Línea	Grosor Línea
1	Georreferenciación	Red de coordenadas geográficas / Vértices geodésicos		5	0	0
2	Límites administrativos	Límites provinciales / municipales		3	6	1
3	Curvas maestras	Equidistancia 100 m		6	0	1
4	Curvas de nivel	Equidistancia 20 m		4	0	0
5	Curvas	Equidistancia 10 m		0	0	0
6	Hidrografía	Ríos / Embalses / Lagunas, 1950		1	0	0
7	Embalses	Embalses, 1995		1	0	0
8	Edificación	Construcciones, 1950		3	0	0
9	Edificación 1995	Situación del caserío, 1950		3	0	0
10	Carreteras	Carreteras 1er y 2º orden, 1950		7	0	1
11	Caminos	Caminos / Vías pecuarias, 1950		7	5	0
12	Nacionales	Carreteras Nacionales / Autovías, 1995		7	0	1
13	Comarcales	Carreteras comarcales/ Autonómicas, 1995		7	1	0
14	Ferrocarril	Líneas, 1950		26	0	2
15	Alta tensión	Líneas aéreas		111	7	1
16	Oleoducto	Tubería, 1995		0	3	0
17	Abastecimiento	Tubería abastecimiento agua		7	3	0
18	Minas	Explotaciones	Célula 1	0	0	0
19	Muestreos	Puntos de muestreo	Célula 2	0	0	0
20	Pozos	Pozos / Fuentes / Manantiales	Célula 3	0	0	0
21	Labor	Cultivos seco, 1950		2	0	0
22	Huertos	1950		247	0	1
23	Viñedos	1950		8	0	0
24	Monte alto	1950		12	0	0

25	Monte bajo	1995		114	0	0
26	Bosques	1995		247	0	0
27	Núcleo urbano	Caserío 1:1000, 1995		3	0	0
28	Parcelación	1:1000, 1995		2	0	0
29	Piscinas	1995		2	0	0
30	Yacimientos	Prehistóricos		5	0	0
31	Calzadas romanas			5	2	1
32	Calzadas medievales			2	2	1
63	Auxiliares			0	0	0

II.5 Control de calidad e idoneidad de los datos.

Antes de abordar la formación de la Base Cartográfica Digital, ha sido necesario plantear los niveles de calidad de los datos (en el sentido de asumir posibles errores) en función de los objetivos y la escala del trabajo. Sobre todo si se tiene en cuenta la repercusión que tiene esta elección en el coste global del mismo. Al trabajar con datos geográficos se asume siempre la existencia de un cierto error, considerando como tal la desviación que existe entre un valor medido y un valor adoptado como real. La exactitud se refiere, por tanto, a la proximidad que existe entre la observación y el valor real. La precisión, en cambio, hace referencia al número de decimales que se consideran al medir el fenómeno y obtener los datos. Para homogeneizar al máximo la base de datos, hemos asumido la precisión de los datos que procedían de fuentes secundarias, de modo que cuando hemos tenido que completarlas con nuestras observaciones, no aparecieran divergencias respecto al formato elegido. También hemos respetado, en los casos en los que las fuentes lo explicitaban, las condiciones de la obtención de los datos. Al implementar un SIG los errores pueden aparecer en cualquiera de las etapas del proceso. Por esta razón, y siguiendo las diferentes fases, hemos adoptado las siguientes cautelas:

- En la fase de recogida de la información :
 - S En la componente espacial de los objetos geográficos. La exactitud en la posición se ha verificado sobre el terreno por triangulación, siguiendo los métodos de los levantamientos topográficos tradicionales y verificando posteriormente las posiciones relativas por medio de un GPS y corrigiendo las mediciones por referencia a las coordenadas conocidas de los vértices geodésicos (véase II.2). Además, para obtener una estimación la exactitud de los puntos cartografiados, hemos aplicado el Test de Exactitud Posicional de Aronoff a los puntos de control (los vértices geodésicos), antes de introducir los datos obtenidos por muestreo en el sistema. Por otra parte, al trabajar a escala 1:20.000, el propio dibujo de los mapas nos ha supuesto asumir en una

distancia de 1 mm un error de 20 m, debido, por ejemplo, a una variación de posición o al grosor elegido para representar objetos lineales.

- S En la componente temática o de los valores de los atributos, tanto si afectan a aspectos cuantitativos como a cualitativos.
- S O en la componente temporal. Se ha procurado recoger los datos más actualizados en cada caso, lo que ha llevado a que admitir un desfase máximo inferior a cinco años entre las fuentes más recientes, y considerando que 1995 es la fecha de redacción de la cartografía de partida.

- En la fase de introducción de los datos en el sistema:

Se ha procurado no realizar sesiones muy prolongadas (con interrupciones cada dos horas), especialmente en las fases de redacción cartográfica y digitalización. En este aspecto, en los casos más ambiguos o difíciles de delimitar o definir (por ejemplo, el borde de un tipo de cubierta vegetal), y dado que los softwares que manejamos aún no incorporan la lógica *fuzzy* (difusa), hemos recurrido a la verificación in situ y a clasificar de acuerdo con la clase dominante sobre el terreno, o a superponer tipos de cubiertas (si se estimaba que ambas pudieran ser igualmente significativas o representativas).

- En la fase de manipulación y análisis de los datos:

Debido al gran número de capas de información superpuestas, se ha procedido a comprobar cada una y los resultados de su superposición como verificación de las relaciones espaciales de los objetos.

- En la obtención de salidas cartográficas:

Se han procurado reducir al mínimo con los adecuados (y reiterados) ajustes de los plotters y de la impresora.

- En la redacción de las conclusiones:

Afortunadamente, como este trabajo persigue proporcionar una metodología para la redacción del planeamiento urbanístico, se ha trabajado siempre con tipos de datos objetivables y con valores objetivos, sin que hayan interferido otros aspectos polémicos que siempre aparecen durante la elaboración y la aplicación de los planes, y que pueden conducir a distorsionar los resultados.

Además, se han tenido en cuenta dos aspectos que afectan a la base de datos, para garantizar su funcionamiento óptimo y ajustado. Tales son:

- La consistencia lógica, que afecta a las relaciones establecidas en la estructura de los datos, dentro de cada capa y entre las diferentes capas, y que se suelen detectar en la

fase de generación de topología. Esta cuestión afecta a aspectos tales como la coincidencia de objetos cartográficos en un mismo elemento gráfico (por ejemplo, una linde y un cauce fluvial), al hecho de que las áreas o los polígonos no cierren, a errores en los identificadores, etc. Afortunadamente, los propios programas (software) de SIG utilizados poseen sus propias herramientas para validar la topología, por lo que parte de estos errores se pueden detectar de manera automática. En cambio, otros, como el ya citado problema de la superposición, se han resuelto durante la fase de redacción cartográfica, comparando por capas y de forma sucesiva la posición de los diferentes elementos, así como el hecho de que los polígonos cierren (fácilmente comprobable con la secuencia de órdenes "crear contorno cerrado" y "rellenado") y de que los segmentos conecten (verificable con la orden "crear cadena").

- La integridad, que ha supuesto definir a priori ciertos criterios de definición de las variables y los fenómenos, así como de sus formatos, de manera que la base de datos resultase coherente, homogénea, y mínimamente redundante (ver Cap. II).

En vista de lo arriba expuesto, se procedió a la revisión de todos los datos obtenidos, y a su incorporación a los respectivos ficheros, documentos o planos. La información almacenada fué entregada en ficheros que abarcaban hojas completas, en número igual a la definida en el esquema de distribución de hojas.

- Revisión en campo de los datos del plano.

A partir de la unión de los ficheros obtenidos de los pares, se obtuvieron otros ficheros, cada uno de los cuales abarcó la totalidad de los datos almacenados en cada hoja según las coordenadas correspondientes a cada una. Una vez obtenidas estas, se procedió a la revisión de campo, situando todos aquéllos detalles que, por no haber sido identificados en la fase de restitución o estar ocultos en los fotogramas, haya sido preciso reflejar de acuerdo con la escala.

- Tratamiento interactivo de la información.

Convertidas al formato digital, todas las variaciones registradas se incorporaron a todas las clases de datos obtenidos. Se implantó un proceso interactivo que permitiese reconsiderar las decisiones adoptadas durante la construcción de la Base de Datos, así como revisar la coherencia y adecuación de los datos adquiridos.

Es éste un aspecto muy positivo a valorar, debido a que estos Sistemas de Información no son procesos cerrados, sino vivos y que deben estar sujetos a revisión y actualización permanentes.

III. IMPLEMENTACIÓN DEL SIG

III.1 Definición de la estructura del proyecto en el SIG.

La estructura del proyecto es el modo de organizar los datos dentro del programa de SIG, y de interrelacionarlos.

Teniendo en cuenta que, como sucede también con los mapas, el SIG en definitiva es una representación parcial y selectiva del mundo real, y que obedece a nuestras decisiones previas (siempre ligadas a los objetivos del trabajo), esta estructura está en relación directa con las vinculaciones que existen entre los temas y los datos en el mundo real.

Por ello, al iniciar esta fase del SIG es necesario dar respuesta a tres preguntas esenciales que son las que van a permitir definir adecuadamente los objetos espaciales y el modelo de base de datos a aplicar. Estas preguntas son:

- S ¿Cómo almacenar eficazmente una determinada representación?
- S ¿Cómo acceder rápidamente a la información?
- S ¿Cómo lograr la máxima interoperatividad entre sistemas?

Para responder a estas preguntas, y con independencia de la plataforma comercial utilizada y del hecho de que la nomenclatura varía en cada una de ellas, en general, dentro de un proyecto se puede establecer una primera ordenación conceptual:

- S Categorías o clases: son grupos o clases de objetos/fenómenos espaciales con un tema similar (fenómeno).
- S Elementos: son los objetos individuales del mundo real representados en el SIG.

Proyecto, categorías y elementos están conectados, es decir “relacionados”, por un símbolo “uno a muchos”. Esto define la relación que existe entre los tres grupos citados, que en este caso es jerárquica, y significa que un proyecto suele tener muchas categorías, pero que una categoría corresponde generalmente a un solo proyecto. Análogamente, una categoría tendrá muchos elementos, pero un elemento sólo puede pertenecer a una categoría.

Obviamente, dependiendo de los datos que maneje el proyecto, es posible establecer otro tipo de relaciones, y ello ha de reflejarse directamente en la estructura de las bases de datos (por ejemplo, las relaciones del tipo “muchos a muchos”) [CEBRIÁN, 1994].

III.1.1 Formación de la cartografía.

III.1.1.1 Objetos espaciales y estructuras de bases de datos (grafos).

La geometría de los objetos espaciales puede ser puntual, lineal o poligonal (en el caso de la hidrología, es lineal para los cursos de agua, puntual para fuentes y pozos y poligonal para embalses). En general, en un SIG vectorial se pueden manejar tres tipos de objetos espaciales: puntuales, lineales, polígonos, superficies y redes. Análogamente, se pueden definir sus correspondientes relaciones espaciales, como se resume en III.1.1.2:

- S Elementos puntuales o cero-dimensionales, pueden ser a su vez: puntos o elementos puntuales en cadenas, nodos (puntos de coincidencia de tres o más segmentos) o centroides (puntos arbitrarios situados en el interior de un polígono cerrado o una superficie, y que permiten asignar un código a dicha superficie).
- S Elementos lineales o unidimensionales: pueden ser: segmentos rectilíneos, poligonales abiertas o cerradas (anillos), cadenas (poligonal comprendida entre dos nodos extremos), líneas curvas abiertas o curvas cerradas.

Todos ellos pueden tener sentido de definición; esta dirección del movimiento permite definir análogamente un lado derecho y un izquierdo. Estas cualidades permiten ir introduciendo las relaciones que existen entre los diferentes objetos gráficos (como representación de fenómenos reales; ejemplo: un río). Para estos elementos lineales se establecen dos estructuras básicas o grafos: una basada en cadenas y otra basada en nodos. Los datos se incorporan a tablas, de modo que no sólo queda perfectamente definida la posición de los objetos, sino también su relación con otros.

- S Elementos superficiales o bidimensionales: se categorizan en: superficies o polígonos, islas (poligonal o superficie que no tiene relaciones con ninguna otra línea definidora de superficie) o anejos (islas que dependen de otra superficie diferente de la que la contiene).

Las estructuras que permiten identificar estos objetos y sus relaciones en el ordenador son variadas. Como ejemplo, el modelo POLYVRT (*Poligon Converter*).

III.1.1.2 Las relaciones que se establecen entre los objetos.

Las relaciones espaciales son imprescindibles para efectuar análisis sobre los mapas digitales. Pueden establecerse entre entidades del mismo tipo o de tipos diferentes.

Esencialmente existen tres tipos de relaciones:

- S Las que se utilizan para construir objetos complejos a partir de primitivos simples; por ejemplo: la relación existente entre una línea (cadena) y el conjunto de puntos ordenados que la define.
- S Las que se pueden calcular a partir de las coordenadas de los objetos; por ejemplo,
 - S la relación “se cruzan” entre dos líneas
 - S la relación “está contenida en” entre puntos y áreas
 - S la relación “superposición” (overlay) entre áreas; ésta va a ser muy utilizada en los procesos analíticos que se aplican en el SIG Medioambiental (ver Cap. IV).

- S Las que no se pueden calcular a partir de las coordenadas y que requieren de su introducción codificada en la base de datos; por ejemplo:
 - S la relación “se cruzan” (para distinguir, por ejemplo, un paso elevado)
 - S los objetos complejos que se componen a partir de objetos simples (por ejemplo, un inmueble, una parcela, una manzana...)

Algunos ejemplos de las relaciones más habituales entre objetos espaciales son:

- S Punto - punto: “está en un radio de” (formación de un buffer o área de influencia) / “es el más próximo a”
- S Punto - línea: “acaba en” / “es el más próximo a”
- S Punto – área: “está contenido en” / “se puede ver desde” (muy útil en el análisis de cuencas visuales)
- S Línea – línea: “se cruza” / “está en un radio de” (buffer) / “se incorpora a”
- S Línea - área: “atraviesa” / “bordea” (interesante para lindes, límites municipales y caminos)
- S Área – área: “se superpone” (overlay) / “es el más próximo a” / “es adyacente” (interesante en parcelaciones)

III.1.1.3 Mapas y tablas.

Como se ha ido viendo, dos almacenes de datos fundamentales vinculados al proyecto:

- Los Mapas: que almacenan objetos espaciales gráficos, y son archivos de dibujo asociados a una determinada categoría. Un mismo proyecto puede trabajar con uno o varios mapas, y cada uno de ellos contar con varias capas o niveles.
- Las Tablas: almacenan datos no gráficos o atributivos, y comandos u órdenes asociados a los elementos. También almacenan categorías y elementos, así como otros datos que intervienen en el proyecto SIG.

El sistema mantiene relacionado cada elemento con su mapa asociado y sus tablas de la base de datos. En consecuencia, un elemento está compuesto por:

- S Un elemento gráfico, almacenado en un mapa.
- S Y atributos y órdenes, almacenados en la base de datos. Las órdenes hacen referencia, por ejemplo, al tipo de comando que se activa automáticamente al trabajar sobre un tipo de elemento. Por ejemplo: se activa el comando “trazar línea” al trabajar sobre los elementos lineales de la hidrología.
- S Además, la definición del elemento, que contiene información esencial sobre cada tipo de elemento y se almacena en la tabla de elementos: nivel,

simbología, tipo de elemento, nombre del elemento, prioridad, categoría, nombre de la tabla de atributos, y otros items.

Cada plataforma SIG comercial presenta unas características diferentes en cuanto a las bases gráficas y las alfanuméricas, que es fundamental conocer de antemano para facilitar al máximo el trabajo de implementación. Al trabajar sobre tres plataformas distintas, podemos concluir lo siguiente:

- S Hay SIG comerciales que son capaces de trabajar con varias bases de datos gráficas, y varias bases de datos alfanuméricas.
- S Respecto a las bases gráficas, se suele utilizar el formato de intercambio .dxf que permite la importación de archivos de programas como Autocad© o MicroStation©. Cada programa suele disponer también de unas herramientas gráficas propias que permiten redactar o modificar y completar la cartografía de base. Hay que tener en cuenta que algunos, como Map Info©, tienen esta capacidad muy limitada y no especialmente cómoda, por lo que es preferible, para trabajar con cartografía, utilizar otros programas de uso más fácil (por ejemplo, GeoGraphics© o ARC INFO©) y luego importar los archivos. Obviamente, un mapa importado en formato .dxf carece de topología, aunque pueda mantener la georreferenciación (que en cualquier caso es conveniente comprobar para evitar errores de difícil solución posterior). Por tanto, las tablas que están asociadas a los objetos espaciales y a sus interrelaciones han de ir creándose en estos casos a posteriori: es lo que se conoce por la creación de la topología.
- S Respecto a las bases de datos alfanuméricas, lo habitual es que estos programas pueden trabajar con muchas bases diferentes o importarlas, o que formen su propia base desde dentro. En el caso de GeoGraphics, que carece de base alfanumérica propia, se establece una conexión con bases de datos externas (Oracle, Dbase, Access) a través de un protocolo ODBC (*Open Database Connectivity*) de Microsoft que permite acceder a información almacenada en una gran variedad de formatos. En el caso de ARC INFO y de Map Info, son capaces de crear sus bases internas, y de importar datos de otras de formatos compatibles. El problema suele aparecer a la hora de modificar las bases alfanuméricas propias o de efectuar las consultas. Pocas plataformas son tan sencillas para ello como MapInfo, pero a cambio posee unas capacidades analíticas limitadas.

En resumen, la plataforma más completa (admite la incorporación de módulos sucesivos, según las necesidades) es ARC INFO, pero también es la de manejo más complejo y especializado. La más fácil de programar para ajustar a las necesidades particulares del usuario es GeoGraphics (+ Access), sobre lenguaje MDL. La más sencilla y accesible para un uso no muy complejo es Map Info.

III.1.1.4 Validación de la topología. Coincidencia de elementos y creación de grupos.

Antes de crear cualquier mapa con el SIG, es necesario efectuar una serie de operaciones sobre los elementos del mapa de base. Estas operaciones están dirigidas a comprobar que los elementos gráficos están bien dibujados y son coherentes con el contenido que representan: por ejemplo, que los polígonos cierran, que los elementos lineales están conectados, etc. Esto se debe a que si se está hablando de una manzana, por ejemplo, su contorno debe estar cerrado para que el programa “entienda” que se trata de una superficie encerrada y, por ejemplo, la pueda calcular. Se trata en definitiva de comprobar que las relaciones que existen entre los elementos de un mapa, tales como la adyacencia, la inclusión, o la conectividad, se corresponden estrictamente con lo dibujado: por ejemplo, que no existe discontinuidad entre dos segmentos lineales que representan dos tramos de una misma carretera. Para que los polígonos sean topológicamente válidos, se tienen que definir siguiendo los criterios siguientes:

- Todos los contornos deben estar adecuadamente segmentados, es decir, abiertos en todos los puntos de intersección.
- Los contornos de un polígono han de formar un circuito cerrado, es decir, no debe haber elementos colgados que no cierren –*dangles*-, ni elementos que se superpongan –*gaps*.
- No se admiten contornos duplicados. Los polígonos adyacentes han de compartir los contornos.
- Cada polígono ha de tener únicamente un centroide. La asignación de centroides a sus correspondientes polígonos se ha de efectuar como requisito previo a la vinculación de estos elementos con la base de datos.

El proceso que asegura que los elementos cartográficos son topológicamente adecuados, se denomina limpieza o validación de la topología, y es un requisito previo a la creación de topología. La integridad de la topología es un factor crítico para efectuar análisis espaciales. Por otra parte, cuando se habla de elementos coincidentes (nunca duplicados), se considera la posibilidad de asignar a un mismo objeto gráfico múltiples fenómenos. Por ejemplo, un objeto lineal puede representar a la vez una linde y un límite municipal.

Cuando se realiza una consulta a la base de datos destinada a identificar el elemento gráfico, el programa lista los fenómenos a los que representa, indicando la categoría o clase a la que pertenecen.

Para organizar los elementos los programas permiten crear grupos dotados de una estructura jerárquica. Son útiles para “plottear” conjuntamente elementos de una categoría, con elementos de otra. Por ejemplo, la red de suministro eléctrico con las construcciones, las direcciones postales y los ejes de calle, desvinculados, por ejemplo, de la información hidrológica. También se pueden crear sub-categorías, con elementos de una misma categoría, cuando ésta es muy numerosa. Por ejemplo, se puede crear una subcategoría dentro de las

curvas de nivel, que las seleccione en intervalos de 10 en 10 metros. Siempre se puede crear una nueva agrupación de elementos, partiendo de la estructura inicial del proyecto, de acuerdo con las nuevas necesidades que vayan surgiendo.

III.1.2 Asignación de fenómenos e introducción de datos en las tablas de la base de datos.

III.1.2.1 Creación de los registros en la base de datos.

Una vez dibujados los objetos gráficos y efectuada la validación de la topología, se puede proceder a asignar a aquéllos el tipo de fenómeno que representan, es decir, a vincularlos con la base de datos. En general, esta operación se puede realizar de tres maneras:

- Asignando individualmente el vínculo del fenómeno activo a los elementos del mapa.
- Asignando el vínculo del fenómeno activo a todos los elementos que aparecen en pantalla colocando un cercado.
- Asignando los vínculos adecuados a una categoría completa, sobre la base del nivel, el tipo y la simbología de los objetos.

De este modo los programas permiten relacionar los objetos de un mapa con los atributos de la base de datos. A cada objeto le asigna el programa automáticamente un identificador, que es un número entero que figura en una columna de una tabla.

Por tanto, el programa incorporará valores a cada identificador en cada una de las columnas que se establezcan en una o varias tablas de atributos. Y siempre será posible cruzar las tablas cuando una columna sea común (caso general de las bases de datos relacionales, hasta ahora las más extendidas en SIG).

Esto nos abre la posibilidad de manipular las tablas correspondientes a los objetos gráficos y de relacionarlas de diferentes maneras con otras tablas para efectuar diferentes tipos de modificaciones, análisis y asociaciones:

- S Insertando (*Insert*): crea nuevos registros en la base de datos para asignarles valores en las columnas seleccionadas.
- S Uniendo (*Join*): une tablas existentes en la base de datos, sobre la base de una columna común.
- S Actualizando (*Update*): modifica los registros de la base de datos.
- S Seleccionando (*Select*): selecciona los objetos vinculados a las columnas especificadas en una base de datos asociada. Esta selección se puede efectuar tanto a través del mapa como de la tabla.

III.I.2.2 Incorporación de datos a los registros de la base de datos.

En principio, sólo se asignan automáticamente dos columnas en los registros de los elementos gráficos: son las de identificación del objeto –ID- y de vínculo con el mapa en el que se encuentra. Asimismo, los programas ofrecen la posibilidad de cargar datos geométricos automáticamente (ver III.I.1.2), como son: superficie de parcela, perímetro, e identificador del mapa en el que se encuentra –MapID. Para ello, crean automáticamente las columnas homónimas, y las rellenan. El resto de las columnas ha de llenarse a mano, con datos procedentes de otras tablas o transfiriendo datos de otros programas. En estos casos hay que mantener compartidas las columnas de posición geográfica de los objetos. Tal es el caso, por ejemplo, de los mapas de puntos que proporcionan las estaciones totales, en las que vinculan a cada posición la altitud, y que son directamente transferibles a las bases de datos del SIG.

III.2 Obtención de la cartografía temática y de las tablas e informes asociados.

A diferencia de los mapas topográficos de base, los mapas temáticos representan la distribución espacial de los datos correspondientes a un tema o aspecto concreto. Pueden representar datos científicos y estadísticos, como los relativos al clima, a la distribución de la población, o a los flujos de tráfico. Los SIG se apoyan habitualmente en los primeros para representar esta imagen de la realidad que se quiere transmitir, porque como se ha visto, contienen todas las referencias geográficas necesarias para la exacta localización de los fenómenos. Sobre ellos se monta habitualmente la cartografía temática. Los programas proporcionen herramientas que permiten redactar estos nuevos mapas (mapas derivados) a partir de los valores atributivos contenidos en la base de datos. También permiten asignar anotaciones a los elementos, que automáticamente quedar incluidos en la base de datos.

Debido a que esta metodología se enfoca básicamente hacia el urbanismo medioambiental, se analizan con especial énfasis todos los aspectos que relacionan los asentamientos con el territorio, tanto desde el punto de vista histórico y actual, como de su proyección futura.

En consecuencia, las variables elegidas para su estudio son aquéllas que están directamente relacionadas con los usos urbanos, y se prescinde de otras que, para otros objetivos serían imprescindibles –por ejemplo, un estudio edafológico para establecer las capacidades de los usos agrarios. La incidencia de la fauna es importante debido al alto porcentaje de ámbitos naturales e incluso de reservas cinegéticas de la Comunidad Autónoma. Por tanto, en determinados casos resulta necesario realizar un inventario como recurso, no sólo porque puede afectar a las ubicaciones o crecimientos futuros, sino a las propuestas de desarrollo. En general, el análisis de idoneidad de los asentamientos se realiza en función de cinco variables complejas: el clima, el agua, las pendientes, los riesgos naturales y el paisaje –la imagen del medio (Cuadro II.1).

Para inventariar los elementos simples enumerados se realizan mapas descriptivos, que pueden ser monotemáticos o integradores de dos o más variables independientes. Además, y como ya se ha comentado detalladamente, no todos los fenómenos se han cartografiado a la misma escala. La razón estriba en la extensión de los mismos, que muy frecuentemente supera el ámbito municipal, y que otras veces requiere descender al detalle de los cascos urbanos. A modo de guión general, los mapas a realizar en una primera fase son:

- *Mapa Geológico*: representa las litologías del sustrato y formaciones superficiales -agrupadas en términos amplios- y los elementos estructurales que pueden influir en otras cualidades del medio, como los aspectos geomorfológicos, hidrogeológicos y sismotectónicos.
- *Mapa de Pendientes*: diferenciando áreas de intervalos que se corresponden con aspectos fisiográficos aplicables a la zona de trabajo.

- *Mapa Geomorfológico:* representa los Dominios Geomorfológicos atendiendo principalmente a su posición fisiográfica, indicando las características genéticas de las formas. Los Dominios así definidos sirven de base para la zonificación del territorio en el análisis y descripción del resto de las variables, para establecer las relaciones de homogeneidad respecto a los diferentes parámetros complejos.
- *Mapa Hidrológico:* realizado sobre la base del Topográfico, refleja la red superficial de drenaje y las fuentes, obtenidas en trabajo de campo.
- *Mapa de Vegetación actual:* se redacta sobre la base de la fotografía aérea o de las imágenes de Teledetección, con el apoyo del reconocimiento en el campo; muestra la vegetación de las unidades cartográficas diferenciadas y los cambios actuales. Distingue las zonas arbóreas, los tipos de matorral y los de cultivos.
- *Mapa de Fauna:* diferenciando la presencia de ejemplares o colonias de grandes depredadores, vertebrados de pequeño porte, grandes mamíferos, reptiles y aves que determinan la fauna de las zonas húmedas y la de las llanuras y los páramos.
- *Mapa de Acciones Antrópicas:* representa las estructuras realizadas por el hombre –asentamientos, cultivos, vías de comunicación, infraestructuras, etc.
- *Mapa de Recursos Culturales:* representa todos los aspectos relacionados con la cultura (monumentos, yacimientos arqueológicos o industriales, etc.) que tiene interés salvaguardar y potenciar.

Algunos de estos mapas son primarios, es decir, proceden de la representación directa de los fenómenos (por ejemplo, la cobertura vegetal). Sin embargo, otros, como las pendientes, son mapas derivados, pues proceden de una primera manipulación de los datos de altitud. Una segunda manipulación podría proporcionar un mapa de orientación de las pendientes (*Aspect*). A partir de estos mapas se redactan los mapas sintéticos, que poseen un carácter interpretativo y analítico; todos ellos son mapas derivados:

- *Mapa de Unidades Homogéneas:* se redacta a partir de los mapas básicos, y divide la zona en áreas cuyas características físicas son similares. Para definir las se utilizan los dominios morfológicos y litológicos, y dentro de cada unidad homogénea se señalan las unidades morfológicas y las pendientes.
- *Mapa de Unidades Ambientales:* es el resultado de analizar la información contenida en los mapas Hidrológico, de Vegetación, de Unidades Homogéneas y de Actividades Antrópicas, con los datos climáticos obtenidos.
- *Mapa de Unidades de Paisaje:* supone la síntesis de los anteriores, sobre la base de los mapas de Unidades Homogéneas y de Vegetación. Representa una serie de Unidades de Paisaje definidas por las Unidades Ambientales –similares en cuanto a naturaleza

del suelo, subsuelo, procesos activos, comunidades biológicas y alteraciones humanas [CENDRERO, 1975]- y las cualidades visuales –percepción visual (calidad y singularidad) y fragilidad (visual y ecológica).

- *Mapa de Unidades Morfológicas y Riesgos Asociados*: representa los procesos activos actuales y los riesgos, lo que permite atribuir una serie de cualidades a cada dominio geomorfológico, y señalar una serie de limitaciones condicionadas por las características de los materiales y los procesos externos e internos. Entre los riesgos se incluyen las valoraciones de vulnerabilidad de las unidades hidrológicas del ámbito.

Este mapa es interpretativo, pues la vulnerabilidad y los otros riesgos son función de ciertas cualidades o propiedades específicas de alguno de los elementos básicos del medio.

A partir de esta cartografía se puede realizar el análisis como un diagnóstico –estudio de idoneidad de los existente y propuesta de medidas correctoras- y como una prospección –valoración de las capacidades del territorio ante la implantación de nuevos usos.

Finalmente, toda la información recogida es sintetizada en un único mapa que expone las capacidades idóneas del territorio para desarrollar una serie de usos estimados como necesarios y posibles en el planeamiento. Este mapa sirve de base para los sucesivos planos que desarrollan el planeamiento. Los sucesivos pasos se detallan a continuación.

III.2.1 Parámetros físico-climáticos: Clima.

El clima es tan importante e influyente en la vida humana, que su consideración en los estudios medioambientales es imprescindible. Determina en gran medida el tipo de suelo y de vegetación, e influye en la utilización de la tierra. Además, junto a la topografía, afecta a la distribución de la población y de las actividades posibles. Y determina un diseño específico de vivienda. En la arquitectura rural, el acondicionamiento del medio se hace aprovechando las condiciones naturales, buscando las menos adversas y modificandolas en lo posible con sistemas pasivos de protección.

Las condiciones climáticas que más afectan al confort humano son: las radiaciones solar y de larga longitud de onda, la temperatura del aire, la humedad, el viento y las precipitaciones. Las publicaciones de los servicios meteorológicos suelen proporcionar datos estadísticos de varios años de cada una de estas condiciones, pero debido a que los valores pueden variar sensiblemente de unos años a otros, deben considerarse también las desviaciones sobre los datos medios y las frecuencias para obtener una aproximación a las condiciones reales. En el análisis del medio físico no basta con conocer las condiciones regionales del clima, sino las condiciones del entorno próximo al ámbito de estudio, lo que incorpora las condiciones locales de viento, nubosidad, temperatura, influencia de los alrededores, soleamiento, diferencias de altitud, protecciones naturales, etc. Para ello se calcula la interpolación ponderada de los datos obtenidos en distintos observatorios de la zona. También pueden ser necesarios cambios de escala: por ejemplo, dentro de un ámbito municipal se pueden requerir datos suplementarios obtenidos por muestreos in situ (como ha sido el caso del presente Proyecto), que permitan

afinar los análisis climáticos, y que llevan la consideración del microclima.

III.2.1.1 El clima regional. Mapas climáticos

- S *Los vientos.* Los factores determinantes del régimen de vientos se han definido más arriba. A continuación es necesario recopilar los datos oficiales que proporciona el Instituto Nacional de Meteorología y elaborar las rosas de vientos trimestrales que permiten observar los cambios estacionales que se producen en la región de estudio.

Se toman como meses significativos los de enero, abril, junio y octubre, y para ellos se representan sobre rosa de ocho puntas los vientos reinantes de cada observatorio en el periodo del año reseñado, más una correspondiente al periodo anual.

- S *La pluviometría.* Como resumen, en el trabajo hay que elaborar por lo menos: un mapa provincial de isoyetas anuales (intervalo 50 mm), otro provincial de las isoyetas en julio (intervalo 2 mm- y los gráficos de precipitaciones anuales de todas las localidades elegidas.

- S *Radiación solar.* Hay que obtener la media provincial de horas de sol reales. Por otra parte, los días de lluvia no son siempre cubiertos. Hay que considerar la distribución mensual para obtener la media diaria de iluminación solar. Finalmente hay que obtener un mapa con la distribución geográfica anual de las isohelias, con intervalos de 25 horas, y otro con la distribución de isohelias en julio—intervalo 2 horas.

- S *Temperaturas.* No resultan determinantes ni la altitud ni la situación oriental u occidental, aunque éstas pueden matizar los valores termométricos. El relieve de la provincia condiciona la aparición de microclimas en los que las temperaturas son varios grados más bajas o altas que en el territorio circundante. Se constatan las grandes amplitudes térmicas absolutas que se registran en la provincia, y que son del orden de 68°. De acuerdo con los valores se pueden elaborar dos mapas de isotermas provinciales, uno en enero, otro en julio y otro anual, con intervalos de 1°, sobre los que establecer zonas térmicas.

- S *La humedad relativa.* Su importancia es grande para la sensación de confort: no produce el mismo efecto desagradable una temperatura de 32° C con humedad superior o inferior al 75%. Los límites de la sensación agradable se establecen en un diagrama de temperaturas/humedades: por debajo del 55% de humedad relativa se produce desecación de las mucosas, mientras con humedades superiores al 85% la sensación es claramente desagradable. La temperatura también modifica estos límites, pues humedades altas (incluso superiores al 85%) son soportables con temperaturas en torno a los 16° y 17°,

pero resultan desagradables a 25° y poco soportables a temperaturas superiores a los 32°. A la vista de las elevadas temperaturas estivales, hay que determinar en cada caso el límite de humedad soportable. Hay que realizar un mapa provincial de la humedad relativa media en julio y otro similar con la humedad relativa media anual, con intervalos del 1%.

- S *La aridez.* Los extremados valores térmicos, unidos a las escasas precipitaciones para el conjunto provincial, suponen la presencia de aridez o necesidad de agua.

III.6.1.2 El clima local.

Como resulta habitual en este tipo de trabajos, los enclaves de actuación no suelen coincidir con la localización de los observatorios. Además, suele ser frecuente que los observatorios más próximos no proporcionen los datos de todas las variables de estudio.

Para ello se siguen tres vías:

- S Por una parte se localiza la situación de cada enclave en cada una de las Cartas del Atlas Climatológico Nacional, y se toma el valor correspondiente interpolando linealmente entre las isolíneas del mapa, observando la tendencia de variación de cada uno.
- S Se seleccionan los observatorios más próximos en cada caso para obtener las medias ponderadas, y se determina uno que esté situado en similares condiciones de altitud y estructura topográfica, y cuyos valores se ajusten aproximadamente a las medidas obtenidas.
- S Además se efectúan observaciones directas en diferentes épocas del año y en distintos años, y se contrastan con la experiencia de los habitantes de la localidad.

III.2.2 Parámetros físico-geomorfológicos.

La cartografía de alineaciones o lineamientos –rasgos lineales, simples o compuestos de una superficie, que difieren claramente de los rasgos adyacentes y que previsiblemente reflejan fenómenos del subsuelo- se utiliza mucho en el análisis visual. Estos rasgos se pueden detectar a través del simple análisis visual, o aplicando alguna técnica digital de realce de la imagen. Y una vez reconocidos, permiten la realización de gráficos de frecuencia indicando las direcciones dominantes y relacionarlos con la estructura geológica de la zona. Para este tipo de análisis se recomienda utilizar imágenes de otoño e invierno, ya que el efecto de sombreado realza notablemente los contrastes topográficos. Respecto a la banda del espectro, se recomienda el infrarrojo cercano (banda 7 del MSS), ya que los lineamientos se asocian con concentraciones

de humedad, o imágenes de radar.

- *Geología y mapa geológico.*

La unión de la litología y de las estructuras permite redactar el Mapa Geológico, en el que se han de incluir también la cronología y los recursos.

Por ejemplo, la leyenda hará referencia, por tanto a:

- S ESTRUCTURA: Anticlinales / Sinclinales / Fracturas
- S LITOLOGÍA: Afloramientos del zócalo / Cobertera sedimentaria terciaria manchega / Cobertera sedimentaria mesozolea del Campo de Montiel / Cuencas sedimentarias locales / Relieves volcánicos
- S RECURSOS MINERALES: Explotaciones mineras

- *Las unidades geomorfológicas. Mapa de Dominios Morfológicos.*

De acuerdo con el mapa anterior, se pueden definir unas “Comarcas Naturales” que son asimilables a las Unidades Geomorfológicas que se distinguen en la provincia.

III.2.2.1 El relieve provincial. Mapa geológico y mapa de dominios morfológicos.

Las Unidades Geomorfológicas son: los montes, sierras y valles meridionales, las cuencas sedimentarias y los relieves volcánicos. Con cada uno de ellos se puede dibujar un Mapa de Dominios Morfológicos, preferentemente a la misma escala elegida para obtener el Mapa Geológico, que representa y localiza en el espacio las formas debidas a los procesos geomorfológicos que inciden sobre el factor geológico. Por tanto, su leyenda refleja estas características y podría contener los elementos siguientes:

- S SÍMBOLOS MORFOLÓGICOS: Línea de cresta / Divisoria de aguas
- S SIGNOS CONVENCIONALES: Límite de municipio / Vértice geodésico
- S DOMINIOS GEOMORFOLÓGICOS: Interfluvios (Relieve culminante/Crestas y vertientes/Parameras) y Valles (Laderas/Llanuras aluviales/Fondos de valle/Depresiones).

III.2.2.2 Los relieves volcánicos. Mapa de afloramientos volcánicos y manantiales termales.

Debido a la importancia que tiene la actividad volcánica en la provincia, en la configuración del relieve y en la litología, es necesario en este caso levantar un mapa de los principales afloramientos volcánicos y de los manantiales termales, éstos últimos por su potencial explotación. En este caso, el mapa habrá de contener:

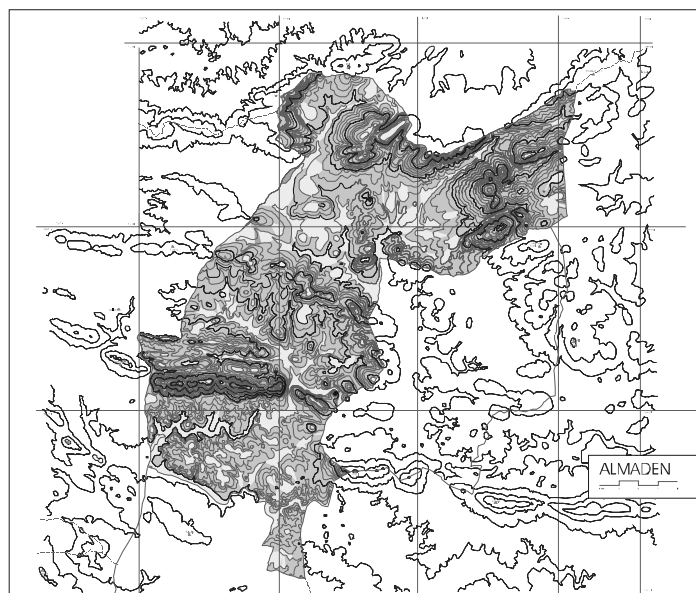
PRINCIPALES MANANTIALES TERMALES / AFLORAMIENTOS VOLCÁNICOS

III.2.2.3 Mapa de pendientes.

La topografía y la pendiente –gradiente de las isolíneas de nivel o expresión de la inclinación de una superficie respecto al plano horizontal- resultan unos parámetros básicos para el estudio del Medio Ambiente. Pero la segunda es una variable ambiental derivada o secundaria, obtenida a partir de la manipulación de la primera.

En el mapa de pendientes se fijan los intervalos de acuerdo con las cualidades geométricas: en las clases inferiores de la clasificación de pendientes se establecen los límites en función de los usos más posibles y generalizados. El número de clases elegido es también importante; un número muy elevado de clases resulta confuso tanto para hacer la al cartografiar como para interpretarla, mientras que un número demasiado pequeño restringe el interés del mapa. Ambos casos son poco operativos, y en general, se recomienda utilizar entre cuatro y ocho clases dependiendo del detalle que precise el estudio y/o del comportamiento de la pendiente frente a la variable que vamos a considerar despues.

USOS	CLASES DE PENDIENTES EN %				
	3%<	3-10%	10-15%	15-50%	50% <
Recreo	X	X	X	X	X
Estructuras urbanas	X	X	X	X	
Usos urbanos generales	X	X	X		
Carreteras	X	X	X		
Sistemas de alcantarillado	X	X			
Urbanizaciones convencionales	X	X	X		
Operaciones con maquinaria pesada	X	X	X	X	Hasta el 54%
Suelos agrícolas	X	X	Hasta el 12%		
Cultivos ocasionales	X	X	X	Hasta el 20%	
Suelos forestales	X	X	X	Hasta el 35%	



II.2.2.4 Mapa de suelos.

El Mapa de Suelos, realizado a la misma escala que los precedentes, deberá contener en este caso la leyenda siguiente:

SUELOS: Suelos Pardos y rankers / Suelos rojos mediterráneos sobre material silíceo / Suelos rojos mediterráneos sobre material calizo / Suelos pardo calizos y rendzinas / Suelos aluviales.

Los datos procedentes de este mapa se han de relacionar con los mapas obtenidos previamente, para obtener el Mapas de Unidades Homogéneas. Resulta particularmente útil en los estudios que se centran en los cultivos y la cubierta vegetal.

III.2.3 Parámetros físico-hidrológicos.

III.2.3.1 Cuencas. Características hidrológicas. Mapa de cuencas fluviales y formas lagunares.

La provincia comparte dos cuencas: la del Guadiana y la del Guadalquivir. La primera abarca una extensión mayor. Pero además, las dos partes en las que los factores físicos dividen la provincia, determinan que la dinámica fluvial sea diferente en cada una. Es muy rica en formas lagunares, que aparecen asociadas a fenómenos de disolución vinculados a afloramientos calizos, a encharcamientos desarrollados en zonas endorreicas o arreicas, y a tectónicas [GONZÁLEZ CÁRDENAS, 1996]. La mayoría tienen un carácter estacional: permanecen secas en años de sequía, pero se regeneran rápidamente con las lluvias. El mapa habrá de registrar: Ríos y afluentes / Embalses / Lagunas / Humedales.

III.2.3.2 Vulnerabilidad de acuíferos. Mapa de pozos y acuíferos.

La extracción masiva para los cultivos ha mermado considerablemente las reservas de los acuíferos. Por otra parte, resulta necesario analizar en cada caso de estudio la vulnerabilidad a la contaminación. Ello impone la necesidad de exigir estudios hidrogeológicos detallados para la implantación de vertederos de residuos sólidos u otro tipo de actividades potencialmente contaminantes. También se recomienda la incorporación a la planificación de usos del suelo de estudios de contaminación. Hay que atender a las prácticas agrícolas próximas a las áreas de captación, y a la ubicación de cementerios –muy importante cuando el nivel freático es poco profundo.

Como conclusión de estos estudios, se recomienda la redacción de un esquema a escala del acuífero en cada zona de estudio, sobre datos del IGM, contemplando: Materiales permeables / Materiales Impermeables / Isopiezas / Direcciones de flujo.

III.2.4 Parámetros biológicos.

III.2.4.1 Vegetación. Mapa de vegetación.

El estudio de la vegetación tiene un enfoque esencialmente estructural o fisionómico, es decir, basado principalmente en la apariencia externa de las plantas y las comunidades vegetales, aunque se debe acompañar de otro estudio fitosociológico y florístico para la comprensión integral y potencial del área de trabajo. Este estudio es esencial para la elaboración de las Unidades Ambientales, y para comprender las capacidades de recuperación del medio como mejora del sistema ecológico. Se pueden excluir los cultivos de este apartado, para incorporarlos en el de las actividades antrópicas.

- Especies y formaciones vegetales.

Como ejemplo de leyenda del Mapa de Vegetación a escala provincial, las zonificaciones a destacar afectarían al: Encinar silicícola lusoextremadurenses y matorral de sustitución / Encinar calcícola manchego degradado con matorral y vegetación de zonas encharcadas / Sabinar y encinar-sabinar / Encinar silicícola termófilo / Quejigal y quejigal con quejigo / Robledal.

- Posibilidades de actuación.

Las posibles actuaciones en este ámbito biológico dependen del objetivo que se persiga: freno de la erosión, freno de la deforestación, obtención de recursos, recuperación de los acuíferos, recuperación de la vegetación forestal autóctona, recuperación de humedales, etc. Por supuesto, en este caso se habrán de proponer las intervenciones que contribuyan a mejorar el macro-, meso- y microclima de la zona de trabajo. No hay que olvidar que la vegetación posee una capacidad de regeneración que actúa en sentido inverso al de la sustitución de especies.

III.2.4.2 Fauna. Mapa de habitats y distribución de especies.

Su distribución sobre el territorio está condicionada básicamente por la presión antrópica. Esta distribución debe ser objeto de un mapa independiente, que cuantifique el número de ejemplares de cada especie en el ámbito de estudio, y que muestre las áreas de influencia para las especies acogidas en espacios naturales protegidos.

III.2.5 Parámetros antrópicos.

En general, la provincia está fuertemente antropizada. Al respecto, y para cada municipio se pueden agrupar tres tipos de actividades [GÓMEZ OREA, 1979]:

- S Actividades fundamentalmente extensivas y ligadas a la explotación primaria de la tierra. Su localización depende en gran medida de la aptitud del territorio. Son los cultivos, las repoblaciones, las zonas adehesadas...
- S Actividades cuya localización depende esencialmente de factores derivados de la propia actividad humana: poblaciones, usos industriales e infraestructuras.
- S Actividades extractivas: canteras, minas...

Una vez localizado y definido cada grupo, es necesario cartografiarlo y determinar su distribución espacial. Hay que destacar, de nuevo, la escala provincial de la escala municipal, ya que hay una serie de factores que sólo cobran significación cuando se comparan dentro del conjunto de Ciudad Real, mientras que hay otros que resultan de interés directo para la redacción del planeamiento municipal.

Las variables que se han estudiado en el ámbito provincial son las siguientes:

ÁMBITO PROVINCIAL: Población actual y tendencias de crecimiento / Jerarquías urbanas y ámbito de influencia / Indicadores de riqueza y niveles de renta municipal / Estructura de la propiedad rústica y usos agrarios / Localización de actividades industriales

III.2.5.1 Mapas de cultivos y ganadería.

Fenómenos analizados: Cultivos (Viñedo/Alfalfa / Remolacha /Cebada /Olivo /Girasol / Sorgo forrajero / Patata / Melón) Cabañas (Ovino / Bovino / Caprino).

III.2.5.2 Mapa de actividades extractivas.

Fenómenos cartografiados: Cinabrio y galena argentífera / Hulla. Conducciones asociadas: Oleoductos / Gasoductos...

III.2.5.3 Mapa de industrias.

Distribución de fenómenos cartografiados: Alimentarias (Vinos y bebidas / Lácteos / Cereales / Conservas / Aceite) /Plásticos/Química/Material Ferroviario/Transportes / Mobiliario / Hormigón / Confección

III.2.5.4 Localización de elementos de interés cultural.

Los recursos culturales a considerar se expusieron brevemente en apartados precedentes. Se recomienda elaborar una clasificación de recursos culturales, a partir de [MOPTMA, 1995], que integre: Recursos arqueológicos / Recursos etnológicos / Recursos históricos / Recursos Arquitectónicos / Recursos Pictóricos / Literarios / Escultóricos / Paisajes protegidos / Recursos científico-educativos.

La escala del inventario debe llegar al nivel de casco urbano, localizando exhaustivamente en él, y por todo el territorio, cuantos elementos de interés se encuentren en él. El objetivo es triple: dar a conocer / preservar / darle un aprovechamiento cultural (introducción en circuitos de diversos tipos).

IV. ANÁLISIS

IV.A. ANÁLISIS TERRITORIALES

IV.1 Operaciones de análisis espacial.

El análisis espacial consiste en identificar y manipular los elementos cartografiados, sobre la base de sus relaciones espaciales (que como se ha visto conforman dentro de los programas de SIG una capa de topología que almacena permanentemente estas relaciones para su utilización inmediata) y los datos contenidos en las tablas asociadas.

Las operaciones de análisis espacial en un SIG vectorial pueden realizarse de tres maneras básicas:

- Actuando sólo sobre la base de datos alfanumérica (suelen consistir en operaciones estadísticas).
- Actuando sólo sobre la base de datos gráfica (operaciones con mapas).
- Y actuando simultáneamente sobre ambas bases de datos.

Los análisis que proponemos son esencialmente de los dos últimos tipos.

Cualquier operación sobre la base de datos requiere la compatibilidad con las escalas asignadas previamente a los datos (nominal, ordinal, de intervalos) (véase II.2.1.2). Esto quiere

decir, que una escala nominal sólo permitirá la localización geográfica (búsqueda por el nombre, match) o detectar las relaciones igualdad / desigualdad. Sin embargo, una escala ordinal permitirá establecer rangos ($>$, \geq , $<$, \leq , $=$); y una escala de intervalos permite aplicar algoritmos y efectuar con ellos ciertos cálculos aritméticos ($=$, $-$, $*$, $/$).

Las operaciones con mapas nos permiten efectuar (véase III.1):

- S mediciones automáticas, distancias, etc. sobre la base del conocimiento de las coordenadas;
- S operaciones sobre un radio de influencia (*buffer*) en torno a puntos, líneas o polígonos / áreas; estas operaciones también detectan proximidades;
- S operaciones booleanas, es decir, operaciones que detecten las relaciones unión ($A \cup B$), exclusión (A no B , no A no B), intersección ($A \cap B$) y diferencia ($A - B$).

En cambio, la opción combinada permite la realización de consultas (*Queries*) cuya redacción, como se verá en apartados siguientes, alcanza mayor complejidad. Por ejemplo, si se aplica como criterio de selección los valores de las parcelas asociadas comprendidos entre 100.000 y 500.000 pta de valor inmobiliario, utilizando una sentencia SQL (Standard Query Language), la consulta posee la sintaxis:

```
SELECT * FROM Parcela WHERE propVal >= 100.000 AND propVal <= 500.000
```

IV.1.1 Obtención de mapas derivados.

Las relaciones que se han establecido entre los objetos son las que permiten realizar análisis sobre la base de los elementos cartografiados. Estas operaciones pueden efectuarse sobre elementos del mismo tipo (por ejemplo, sólo entre elementos puntuales), o de tipos diferentes. Las superposiciones de capas de elementos se hacían tradicionalmente superponiendo mapas realizados sobre soporte transparente, pero a través del SIG se pueden efectuar de diferentes maneras:

- Las capas de polígonos se pueden superponer efectuando operaciones booleanas de union, intersección, exclusión-or, y diferencia.
- Las capas de polígonos y líneas o puntos, se pueden superponer utilizando dentro *-inside-*, superponer *-overlap-*, y fuera *-outside-*.

Como se pueden mantener los vínculos de las bases de datos a través de las operaciones de superposición, los atributos asociados a los elementos, también existen en las nuevas capas de topología resultantes. La superposición de polígonos siempre parte de dos capas de topología para crear una tercera. Existen cuatro operaciones de superposición de polígonos esenciales:

Modo	Contenido de la nueva capa de topología
AND (intersección)	Todos los polígonos o partes de ellos son comunes a ambas capas iniciales
OR (Unión)	Combinación de todas las áreas de las capas de topología
XOR (eXclusive OR)	Todos los polígonos o partes de ellos pertenecen sólo a una capa inicial
DIFFERENCE	Los contenidos de la primera capa una vez sustraídos los de la segunda capa inicial

Análogamente existen tres modos básicos de efectuar la superposición de punto-en-polígono:

Criterio de selección Puntos / Polígonos que mantiene

Dentro	Devuelve los puntos contenidos en los contornos de los polígonos de la capa inicial / Devuelve todos los polígonos que al menos contienen uno de los puntos de la capa de puntos.
Fuera	Devuelve los puntos que están fuera de los contornos de los polígonos de la capa de polígonos / Devuelve todos los polígonos que no contienen al menos un punto de la capa de puntos.
Superponer (<i>Overlap</i>)	Devuelve todos los puntos que están sobre los contornos de la capa de polígonos / Devuelve los polígonos cuyos contornos se superponen a puntos de la capa de puntos.

De forma análoga se pueden superponer capas de líneas y de polígonos. En este caso, todas las líneas que se superponen a los contornos de los polígonos se obtienen con el modo “Superponer”, y no sólo las que coinciden exactamente con los contornos.

El cuadro siguiente resume las operaciones analíticas espaciales efectuadas con el SIG en el desarrollo del Proyecto:

- Punto – Punto: “Está en un radio de” / “Es el más próximo a”
- Punto - Línea: “Acaba en” / “Es el más próximo a”
- Punto – Polígono: “Está contenido en” / “Se puede ver desde”
- Línea - Línea: “Se cruza” / “Está en un radio de” / “Se incorpora a”

- Línea – Polígono: “Cruza” / “Bordea”
- Polígono – Polígono: “Se superpone” / “Es el más próximo a” / “Es adyacente”

A modo de resumen, podemos establecer tres grupos de relaciones diferentes:

A/ Las que se utilizan para construir objetos complejos a partir de primitivos simples:
Ejemplos: la relación entre una línea (cadena) y el conjunto ordenado de puntos que la definen / la relación que existe entre un polígono y el conjunto ordenado de líneas que lo definen.

B/ Las que se pueden calcular a partir de las coordenadas de los objetos:
Ejemplos:
Las mediciones espaciales: sobre objetos lineales (longitud / sinuosidad (distancia que separa los puntos extremos)) / sobre objetos superficiales: perímetro y área / centroides
La relación “se cruzan” entre dos elementos lineales.
La relación “está contenido en” entre puntos y polígonos.
La relación “superposición” (overlay) entre polígonos.

C/ Las relaciones que no se pueden calcular a partir de las coordenadas, y que han de ser incorporadas durante a introducción de los datos en la base de datos alfanumérica.
Ejemplos: la relación “se cruzan” o “se intersecan” entre dos líneas (un paso elevado) / los objetos complejos que se componen a partir de objetos simples (inmueble, parcela...)

- Unión espacial.

Esta opción permite incorporar los datos a una tabla de la base de datos, que relaciona elementos sobre la base de sus relaciones geográficas/espaciales. Se utiliza en aquellas consultas en las que se solicita información sobre relaciones espaciales de dos conjuntos de elementos. Y a diferencia de las operaciones de superposición, que manejan las capas de topología para crear otra nueva, esta opción analiza las relaciones espaciales e informa de los resultados en una tabla nueva de la base de datos. Es la operación más compleja que se puede efectuar con los programas, porque examinan todos los elementos de las capas de topología y crean una tabla de referencia cruzada. La operación de consulta accede y muestra los datos almacenados en dicha tabla. Con estas operaciones se puede, por ejemplo, resolver la elección de un emplazamiento sobre la base de la satisfacción de una serie de criterios: la pendiente, el uso, la vegetación, etc.

- Consultas por atributos.

Seleccionan en la base de datos aquellos objetos espaciales que cumplen una o varias condiciones que fija el operador o usuario. Se puede solicitar al programa que muestre en pantalla los resultados de la búsqueda. Entre los operadores que se pueden utilizar se encuentran:

Los relacionales: >, <, ≥, ≤, =

Los aritméticos: +, -, *, /

Los booleanos: AND, OR, XOR, DIFFERENCE

- Consultas estadísticas.

Consisten en efectuar operaciones aplicando algoritmos sobre las columnas de las tablas de la base de datos. Permiten, por ejemplo, determinar la frecuencia de la aparición de determinado fenómeno, o crear una columna nueva con una información derivada (por ejemplo, la densidad de población, conociendo la superficie del municipio y el número de habitantes). Como en el caso anterior, el tipo de consulta a efectuar está en relación directa con la escala aplicada a cada atributo.

IV.1.2 Otras salidas de los resultados analíticos.

Los resultados del análisis se pueden comprobar, mostrar gráficamente en forma de mapas o diagramas, y listar. También existen actualmente opciones más sofisticadas (DEM animadas, etc.), que exponemos brevemente. En el primer caso, para comprobar los resultados del análisis se puede acceder a los registros obtenidos por medio de una consulta SQL. También se pueden llegar a listar hasta 16 propiedades (dependiendo de la plataforma SIG utilizada), salvando los resultados de las operaciones en un archivo de texto o las tablas obtenidas a una nueva base de datos. Por último, también es posible diseñar un informe personalizado con los formatos que se deseen.

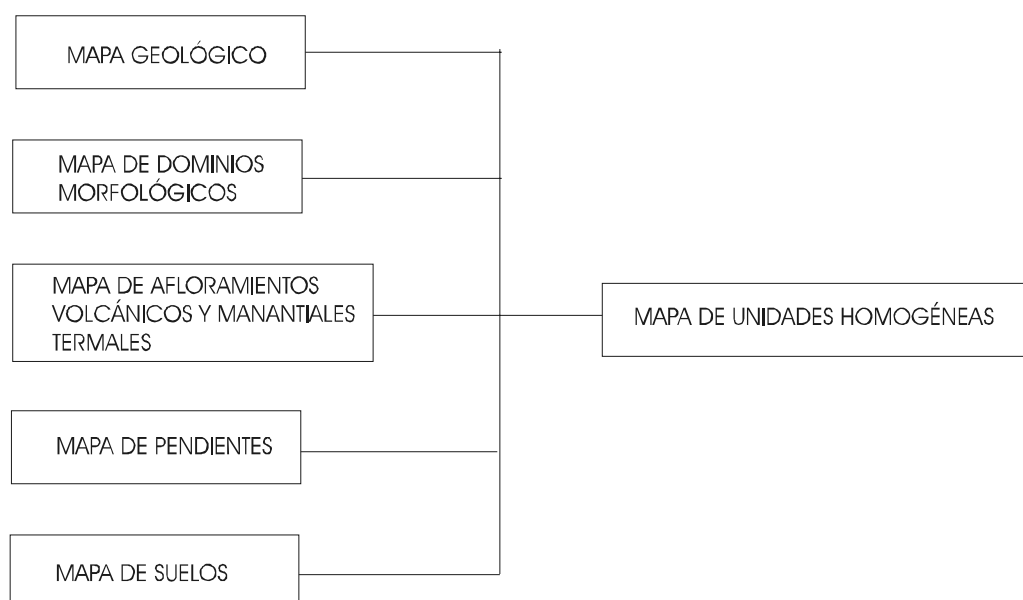
Las opciones gráficas resultan de gran importancia en las fases ulteriores de la redacción del planeamiento y de la gestión municipal. De hecho, la cartografía se utiliza para sintetizar de forma inmediata e intuitiva las búsquedas efectuadas sobre las bases de datos.

Otro grupo de salidas más sofisticadas son las que combinan la simulación de la tridimensionalidad con otras cualidades visuales de los objetos y con el movimiento. Un ejemplo

es la realización de un Modelo del Terreno (DEM), en sus numerosas variantes. Tiene la ventaja de que se ve la morfología del territorio de forma intuitiva, además de que permite también la obtención de mapas derivados (por ejemplo, a partir de la altimetría, los mapas de pendientes y los de orientación de las pendientes (*aspect*)). Sobre el DEM se puede aplicar un mapa de bits procedente de una imagen fotográfica aérea, para dar mayor realismo y permitir con mayor facilidad la localización de ciertos fenómenos (por ejemplo, un núcleo urbano). Finalmente, se aplica un recorrido y se graba por medio de una cámara.

IV.2 Fase de diagnóstico del medio físico geomorfológico. Análisis I: El Mapa de Unidades Homogéneas.

Los mapas temáticos que proceden de los datos incorporados en cada una de las capas y los mapas redactados en III.2, sirven para obtener un mapa de unidades homogéneas respecto a los parámetros Físico-Geológicos. En él se representan las unidades integradas respecto a los parámetros seleccionados, es decir, conjuntos de formas con entidad propia dentro de su contexto y definidas de acuerdo con su relieve, litología y génesis.



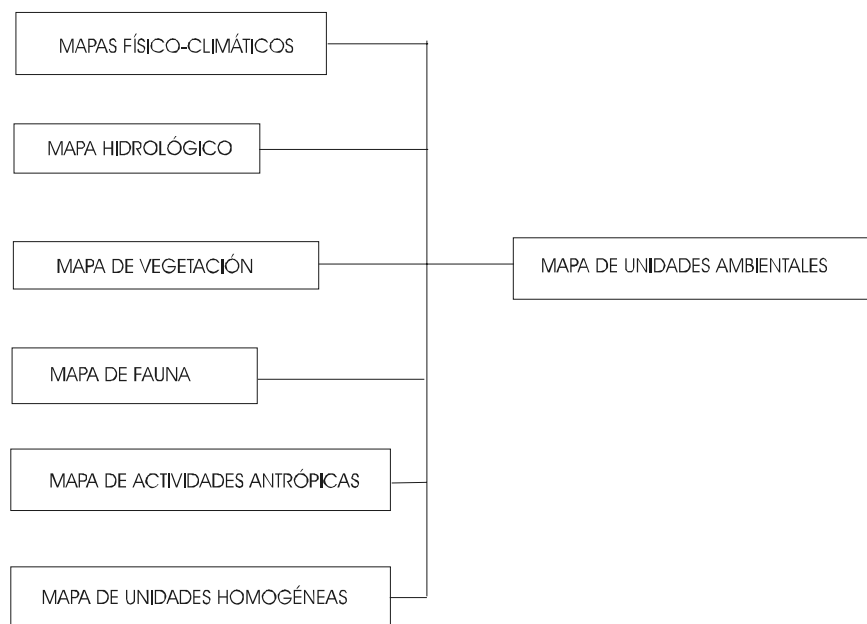
Las unidades geomorfológicas se caracterizan por que existen dentro de ellas subunidades definidas por la forma y por la pendiente. Éstas son las que se van a utilizar como base para la construcción de mapas geoambientales, incorporando los aspectos bióticos y antrópicos que se desee incorporar en cada caso. En consecuencia, estas unidades presentan una serie de parámetros que las caracterizan cuantitativa y cualitativamente, lo que permite establecer su adecuación o no para cada uno de los usos específicos propuestos por el planeamiento. Para redactar este mapa combinado, se ha procedido a la superposición de la serie de mapas arriba descrita. Una vez superpuestos, se ha procedido a analizar los resultados de la distribución geográfica de los mismos, estudiando las coincidencias de las diferentes variables, con el fin de establecer unas ciertas asociaciones de los parámetros por zonas. El mapa de pendientes se ha realizado a partir de unos rangos juzgados como óptimos dadas las características de la zona. Estos rangos tienen aparejada una tabla de usos idóneos o admisibles (véase III.2.2.3), que son los que van a predeterminar unas ciertas condiciones en el futuro planeamiento.

IV.3 Análisis II: El Mapa de Unidades Ambientales.

El mapa de Unidades Ambientales se obtiene por superposición de los mapas físico-climático, hidrológico, de vegetación, de fauna de actividades antrópicas y de Unidades Homogéneas. Las unidades ambientales proporcionan el conocimiento esencial de las características que aparecen con cierta homogeneidad a lo largo del territorio.

Este mapa constituye la base irrenunciable para la preparación de los mapas descriptivos y potenciales de paisaje, y para extraer, a partir de ellos, la valoración intrínseca del medio.

La evaluación de la fragilidad frente a las distintas actuaciones ha de ser una de las bases para la ordenación de usos en el planeamiento. El esquema a desarrollar es el siguiente:



Es la base para la redacción de mapas descriptivos y potenciales de paisaje, y posteriormente, obtener la valoración intrínseca del medio. La evaluación de la fragilidad frente a las distintas actuaciones, puede ser el fundamento para la adscripción de usos en el planeamiento.

IV.4 Análisis III: Fase de diagnóstico de los parámetros visuales.

Dada la condición del paisaje como recurso visual, la visibilidad, la posibilidad que un determinado punto sea visto y accesible, son factores de ponderación de la calidad visual, sobre todo en aquéllos casos en los que se pretende evaluar el impacto producido por las actuaciones humanas.

IV.4.1 El estudio de la visibilidad.

Es éste un estudio que permite evaluar con mayor conocimiento algunos de los efectos esenciales sobre el medio, y comprobar la calidad espacial del lugar. Proporciona comparaciones dimensionales, posiciones relativas, secciones de calles, orientaciones, etc. transformando una opción técnica de proyecto en otra estética, abierta a la creatividad.

Apoyado en diversas teorías –Märtens, Arnheim, Lynch [HIGOUCI, 1983], se ha desarrollado en diversas metodologías con variable grado de objetividad. De este modo se definen unos parámetros cuya evaluación siempre será más “científica” que la valoración estética. El paisaje pasa a ser un patrimonio físico tangible y un patrimonio cultural resultado de la acción humana –proyectada o no- sobre el soporte natural [NEWTON, 1971], que es además diferente en cada lugar. La variedad de formas y volúmenes es lo que proporciona unas condiciones de visibilidad específicas para cada ámbito; y ello lleva a valorar cada intervención que configura el paisaje por su propia calidad como obra, por su grado de adecuación a los determinantes geográficos y por su capacidad de ser recordado. En esta hipótesis de trabajo resulta previo el reconocimiento de los volúmenes, separando las formas del relieve de las acciones antrópicas proyectadas o no, que actúan modificando su estructura hasta definir la configuración espacial propia de cada lugar. Se estudia por tanto la relación entre las formas y la modificación o sustitución del soporte que suponen [BARBA, 1996].



Impactos visuales

actividad extractiva en el municipio de Almadén.

producidos por la

- La forma del relieve en los estudios de visibilidad.

El soporte constituye un elemento esencial de la configuración espacial, que a gran escala no se ve afectado por la actividad humana. Esta condición de espacio inalterable con su potencial visual, constituye la primera cualidad de la “identidad” del lugar. Se puede considerar

pues un recinto visual permanente, en cuyo interior se desarrollan las intervenciones. Los ámbitos, considerados como recintos o lugares diferenciados en el espacio, se caracterizan precisamente por el modo en que aparece su límite y su direccionalidad interior. Higouchi [HIGOUCHI, 1983] establece seis índices para leer la estructura visual del espacio abierto a todas las escalas:

- S El efecto distancia. Señala, al margen de las variaciones atmosféricas, los tres campos visuales que se establecen desde un punto: corto, medio y largo.
- S El ángulo de incidencia. Es el que forma el rayo visual inferior del cono de 60° que se produce en vertical desde el punto de vista, con las líneas de visión de la superficie. Cuanto más inclinada hacia la vertical está la superficie y más cerca está de los 60° y mejor es la observación que se tiene de este plano.
- S La profundidad e invisibilidad. La profundidad se refiere a la altura que han de tener los obstáculos para que haya elementos ocultos –por debajo de la línea de visión- detrás.
- S El ángulo de depresión. Es el ángulo que se forma entre la horizontal y el rayo que penetra en el ojo partiendo del objeto observado. Define el concepto de “aquí y allí”, y el centro de la visión panorámica.
- S El ángulo de elevación. Define el efecto visual de los objetos según su altura en relación con el espectador. Por experiencia se sabe que sólo aquéllos elementos sobresalientes que están por encima de los 9° de inclinación del rayo visual que alcanza el cierre del campo visual, son identificables.
- S Y la profundidad de campo. Depende fundamentalmente de la textura, ya que las texturas lisas no permiten su lectura, pero también de la inclinación de la superficie que se observa respecto a la visual. Esta lectura puede sumarse a otras de la visibilidad que sólo contemplan las distancias lineales directas en la lectura de las interferencias visuales [LYNCH, 1972; McHARG, 1969], y que son en definitiva las que se han aplicado en los estudios de impacto ambiental realizados por medio de un Sistema de Información Geográfica. En general, al penetrar en un paisaje se pueden descubrir tres casos: que no haya límite y que el paisaje se extienda hasta el horizonte; que el límite esté constituido por un conjunto de planos en la distancia media que forma el entorno inmediato; o que los planos que constituyen el límite visual se encuentren entre la distancia media y el horizonte. Análogamente, según sea la disposición de los planos del relieve a la distancia intermedia, se puede percibir:
- S Un cerramiento próximo, con lo que se define una unidad paisajística doblemente cerrada -como sucede en los valles muy angostos-, o sólo parcialmente cerrada –como en los altiplanos en los que hay sombras de

visibilidad.

- S Una unidad bien definida espacialmente, como un recinto –la mayoría de los valles y riberas cuando no hay grados de cerramiento intermedios y cualquier implantación se ve “en alzado”. Son lugares con una clara direccionalidad interna y en los que la exposición visual de cualquier actuación es muy evidente. Han acogido desde siempre el poblamiento que se resguarda en las laderas y se extiende en los fondos con cultivos.

- S Una unidad paisajística totalmente abierta –un llano, la visión desde un punto emergente sobre un llano- sin interferencias visuales hasta el horizonte, y donde cualquier pequeño elemento arroja mucha “sombra visual” sobre otro situado detrás. En estas unidades se hace preciso hallar o crear estos elementos emergentes para establecer condiciones de identidad y definir espacios centrales. Son potencialmente isótropos, pero se sujetan a las direcciones que definen el soleamiento, las vistas, etc. Son lugares colonizados con hitos centrales. En definitiva, se pueden clasificar para cada ámbito unidades paisajísticas que responden a espacios con cierta complejidad interior y de naturaleza diferente, y que resumen las posibilidades de visibilidad que propone cada relieve.

IV.5 El Mapa de Unidades Descriptivas de Paisaje..

Las unidades de paisaje son áreas homogéneas en sus componentes paisajísticos y en la respuesta visual ante cualquier actuación. Cubren todo el territorio estudiado.

Este mapa, igual que el de Unidades Morfológicas, permite estudiar la adecuación de los asentamientos humanos al medio. Pero mientras el Mapa de Paisaje se basa en los parámetros de calidad visual y fragilidad, el segundo se apoya en los riesgos, entendidos como procesos activos (véase IV.6). El mapa de Unidades Descriptivas de Paisaje se obtiene a partir de un mapa derivado, como es el de las Unidades Ambientales, aplicándole las conclusiones obtenidas de los parámetros visuales correspondientes al ámbito de estudio. En el análisis se persigue conocer los factores principales que mantienen el paisaje en el aspecto presente: es decir, qué elementos, interrelaciones, energías y procesos son los responsables de su estructura y estado actual. Abarca dos aspectos principales: el descriptivo, que considera exclusivamente sus características intrínsecas, y el de potencialidad, que refleja la aptitud que presenta para albergar ciertas funciones. En general, para objetivar los análisis de la calidad visual intrínseca del paisaje se utilizan los parámetros siguientes: iluminación, color, textura, escala, espacio, forma, contorno, orientación, composición, posición del observador y distancia. El concepto de singularidad se puede considerar un valor absoluto (singular, raro, único...) o relativo, dependiente de las condiciones del entorno, pues se refiere a la valoración de lo percibido por la impresión visual debida a un cambio de experiencia y de expectativas, hecho que refuerza la atención. Depende, en definitiva, de la sorpresa que sea capaz de producir una zona en relación con las adyacentes.

Con los criterios arriba expuestos se elaboran tres análisis de paisaje:

- La configuración del terreno en espacios bastante cerrados favorece el estudio en cuencas visuales para tener una visión de conjunto.
- Para analizar las características puntuales del paisaje, se efectúa la descripción y distribución espacial de las unidades y tipos de paisajes a partir de las ambientales.
- En correspondencia con la idea de visibilidad, se estudia la percepción de los distintos componentes del paisaje según la posición del observador, desde distintos puntos de observación fácilmente accesibles.

Se trata el paisaje desde un punto de vista de descripción de lo existente y de sus cualidades intrínsecas, aunque esto desemboque en una evaluación de potencialidad, también intrínseca, en cuanto a su capacidad de absorción de impactos por la creación de nuevos usos, o la modificación de los ya existentes.

Otro aspecto a considerar es el de la fragilidad visual. En él se pretende señalar la susceptibilidad de un paisaje al cambio, cuando se desarrolla un uso sobre él; o lo que es lo mismo: el grado de deterioro del paisaje ante la incidencia de determinadas actuaciones.

Debido a que las unidades de paisaje definidas están vinculadas a aspectos claramente artificiales como son las construcciones humanas, es necesario saber de algún modo el grado de vulnerabilidad visual representado por el potencial de un paisaje para absorber o ser visualmente perturbado por la actividad humana.

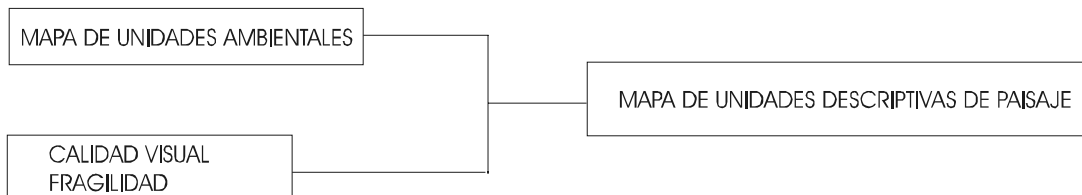
Para la evaluación de los parámetros visuales, sobre todo de la calidad visual y la fragilidad, se han empleado esquemas metodológicos basados en métodos directos de subjetividad aceptada [MOPTMA, 1995], a través de un conocimiento exhaustivo del territorio por medio de itinerarios con apoyos cartográficos y apreciaciones directas, realizando una valoración sintética aunque subjetiva de las diferentes unidades, dándole unas categorías en escalas semicuantitativas de fácil comprensión. No hay que olvidar que los factores histórico-culturales incrementan la fragilidad visual o ecológica.

Los diferentes puntos de observación y emisión de visuales se han seleccionado sobre la base de la accesibilidad de la observación (desde carreteras y pueblos esencialmente).

La combinación de información que se ha utilizado para redactar el Mapa de Unidades de Paisaje consiste en efectuar las citadas operaciones de superposición de mapas.

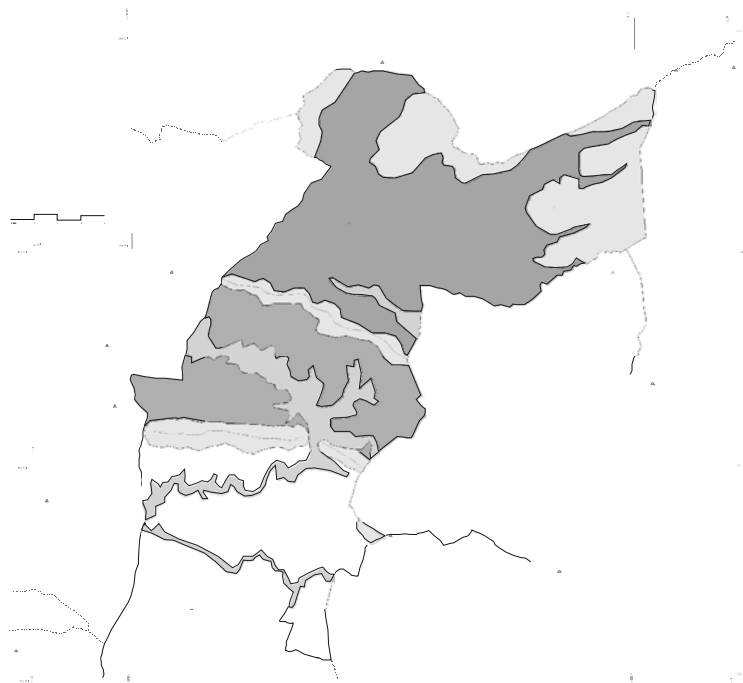
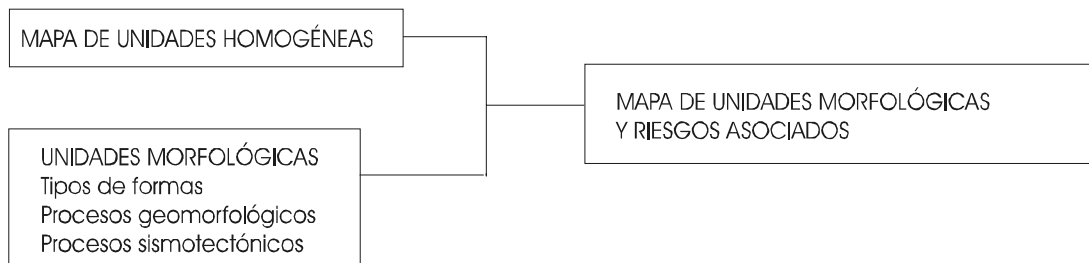
IV.6 Análisis V: El Mapa de Unidades Morfológicas y Riesgos Asociados

Este mapa establece una relación entre las Unidades Morfológicas y sus relación con los fenómenos naturales que concurren en la zona, para ver los posibles procesos activos existentes, y proporcionar una cierta cuantificación, si no en valor, sí en frecuencia y posible progresión; también se establece su comportamiento frente a usos que se superpongan a ellos, bien de modo directo o inducido. Establece la relación entre las unidades morfológicas y los fenómenos naturales que concurren en la zona, con el fin de observar la posibilidad de existencia de procesos activos y obtener una cierta cuantificación, si no en valor, sí en frecuencia y posible progresión. También establece el comportamiento frente a usos que se superpongan a ellos, de modo directo o inducido.



Un parámetro de gran importancia en el estudio de las posibilidades de aceptación de un uso concreto, es el análisis de los procesos que crea o modifica y que serán los causantes de las variaciones que se produzcan en el medio físico. Una actuación mínima en un principio, puede llegar a convertirse en un factor determinante en la evolución del entorno a causa de los procesos que desencadena. El estudio de los procesos y riesgos de ellos derivados se ha hecho

en función del uso ya establecido del asentamiento de los pueblos ya existentes. Planteados de un modo prospectivo, estos análisis deben llevar a prever actuaciones que puedan detener algunos de los procesos degradantes del medio, desencadenar otros de recuperación o promover actuaciones de modificación del mismo hacia valores que, desde el punto de vista ecológico se consideran como positivos, si los de recuperación no son posibles por la irreversibilidad del impacto o por el excesivo coste en tiempo o en medios económicos.



En este caso, los riesgos que se estudian son los sísmicos, los derivados de las fracturas de los escarpes rocosos, los derivados de los movimientos de ladera., los derivados de la actividad sísmica, los derivados de las actividades extractivas, con su correspondiente e importantísima alteración del paisaje, los derivados de la erosión y arrastre en los fondos de valle, y el hidrogeológico, derivado de la contaminación procedente de los vertidos sólidos y líquidos de las minas y urbanos; los residuos derivados de contaminantes agrícolas tienen en este caso menor incidencia. En cambio, los riesgos de inundación se encuentran minimizados debido a que los ríos más importantes se encuentran regulados; tampoco son importantes los de encharcamiento, porque el territorio posee casi en su totalidad unas pendientes superiores al 3 %.

En definitiva, el Mapa de Unidades Morfológicas y Riesgos Asociados utiliza las Unidades Morfológicas existentes como unidades dinámicas –Morfodinámicas-, lo que permite analizar los procesos actuales de erosión/sedimentación en todas sus variantes, así como los riesgos asociados con dichos procesos.

IV. B. ANÁLISIS URBANOS Y ARQUITECTÓNICOS

IV.7 Análisis de la estructura urbana.



IV.7.1. Morfología urbana.

Con el fin de obtener consecuencias de interés para el crecimiento y salvaguarda del tejido urbano existente, se han analizado en cada caso las características de la estructura urbana, poniendo una atención especial en las relaciones históricas que se han establecido entre las condiciones del soporte y del clima y su configuración. Esto ha llevado, según los casos, a advertir la importancia de las direcciones dominantes del viento, de las necesidades de asoleo en los espacios públicos y privados según las diferentes estaciones del año, o de la adaptación a una topografía elegida por razones diversas (agua potable suficiente, refugio u obstrucción visual frente a invasiones...).

Asimismo se ha dedicado un apartado a las posibles perspectivas de evolución.

IV.8 Análisis de la arquitectura.

IV.8.1. La arquitectura popular.

Dentro de este apartado se han realizado análisis exhaustivos sobre los siguientes elementos: la vivienda, las ventas o paradores, los chozos, refugios y casetas; las cuevas y viviendas subterráneas; los molinos de viento. Análogamente, se ha procedido a catalogar los materiales y técnicas constructivas tradicionales más frecuentes.

IV.8.2 El microclima.

IV.8.2.1 Clima y hombre. Diagramas bioclimáticos.

Una vez conocido el clima del ámbito de trabajo, hay que analizar su influencia en el hombre. Hay que establecer los fundamentos y los límites del proceso de intercambio de calor entre el hombre y su ambiente térmico, ya que el mantenimiento del equilibrio térmico entre el cuerpo humano y su entorno es una de las necesidades básicas para mantener la salud, el bienestar y el confort. Como se ha visto en III.2.1, para ello se utilizan los Diagramas Bioclimáticos de Taylor, el Diagrama de Olgyay, y el Diagrama de Givoni.

IV.8.2.2 El bioclima de cada ámbito de trabajo.

Hay que tener en cuenta que la arquitectura popular no supera los análisis científicos, por lo que las causas de su bondad no se pueden aislar o extrapolar. En consecuencia, a partir de los datos obtenidos in situ y de estos diagramas, es posible redactar unas recomendaciones para la edificación bioclimática en el término municipal. En general, se recomienda establecer como guía esquemática de posibles actuaciones sobre la arquitectura los cuadros correspondientes a

protección activa y a acondicionamiento pasivo [HIGUERAS, 1998].

V. CONCLUSIONES

La conclusión más importante es que la metodología es universalmente aplicable, es decir, que con independencia del territorio y de las plataformas SIG comerciales sobre las que se implemente el sistema, la metodología no pierde validez ni vigencia. En este sentido, los resultados obtenidos son los previstos en los objetivos, y que se resumen en la obtención de una metodología que permite:

- (1) A los municipios redactar su planeamiento partiendo de cero, es decir, desde los estadios más elementales de definición, selección, obtención y control de los datos de interés.
- (2) Y utilizar en este procesos (y en los posteriores de gestión del planeamiento) la herramienta informática más potente y adecuada, que es el SIG.

El estudio de una serie de fenómenos ha obligado a trascender el ámbito puramente municipal y a abordar el ámbito provincial. Este conocimiento es fundamental a la hora de plantear cualquier acción prospectiva que deba considerar las tendencias, por ejemplo, de crecimiento de la población o de creación de tejido industrial. En consecuencia, la metodología desarrollada se apoya en el trabajo a diferentes escalas, por diversas razones: 1ª el estudio y análisis en profundidad de las unidades ambientales supera siempre el ámbito municipal, que al final supone una limitación territorial puramente administrativa y artificial; 2ª existen aspectos de la metodología que requieren una gran aproximación al casco urbano, como sucede con todos los estudios relacionados con el clima y el confort a nivel urbano y a nivel arquitectónico. Esto requiere trabajar a escalas mucho mayores que la municipal, -mayores de 1:5.000. Y finalmente, la escala municipal es imprescindible por razones que impone la legislación urbanística. Las diferentes soluciones e incidencias en la redacción de la cartografía de base a varias escalas han quedado adecuadamente expuestas en los correspondientes capítulos. En ellos se proporciona una guía completa de las posibilidades de obtención de cartografía digital, así como de la resolución de los problemas que van apareciendo durante el proceso. El mismo sentido de “guía” se ha dado al importantísimo tema de la elección y obtención de los datos necesarios para manejar adecuadamente las variables medioambientales y urbanísticas. No sólo se han analizado las diferentes fuentes disponibles al detalle, con sus características y sus pros y sus contras, sino que se han definido los modos y criterios para realizar muestreos y adquirir los propios datos. Asimismo se detalla la integración de los diferentes datos en el SIG. Para ello hemos utilizado y adaptado tres sistemas comerciales diferentes (Geographics®, ARC INFO® y MAP INFO®), con el fin de que la plataforma no condicionara el desarrollo de la metodología. En esta misma línea, también se ha experimentado sobre las bases de datos ACCESS®, sobre protocolos ODBC y las integradas en cada sistema. Cada experiencia nos ha proporcionado una serie de ventajas y de inconvenientes que se comentan en el capítulo correspondiente, y que ponen de manifiesto que la máxima complejidad

operativa no siempre es necesaria. Esto lleva inevitablemente a una primera reflexión sobre la rentabilidad del sistema para los municipios.

De entre los diferentes aspectos que intervienen en el SIG no se puede olvidar en ningún caso al elemento humano, que es al final el que va a utilizar el sistema, y al cual hay que formar convenientemente.

Sobre estos sistemas, y una vez introducidos los datos y creada la topología que permite al SIG reconocer las posiciones relativas de los objetos gráficos y sus propiedades geométricas, se han ido obteniendo los diferentes mapas temáticos primarios y derivados, a diferentes escalas. La metodología propone para ello unos esquemas muy claros y detalladamente explicados, para evitar ambigüedades interpretativas. A continuación, sobre la base de los mapas obtenidos, se proponen una serie de operaciones analíticas que van a permitir una primera aproximación a las posibilidades de ubicación óptima de usos interesantes. Obviamente, cada mapa viene acompañado de las necesarias tablas y recomendaciones que nuestra propia experiencia en la redacción de planeamiento y en el estudio de las capacidades ambientales de un territorio nos ha llevado a considerar y a recomendar su utilización.

A lo largo de todo el desarrollo metodológico las fuentes bibliográficas y cartográficas tienen una presencia constante. Ello resulta esencial, porque las referencias que proporcionamos son básicas y permiten incluso a los profanos una aproximación ordenada, lógica y bastante completa de los problemas que este tipo de planeamiento (y de su seguimiento posterior) conlleva.

Volviendo a las operaciones analíticas y para optimizar su efectividad, se han de ver completadas con otra serie de operaciones que proponemos y que son el estudio de las cuencas visuales, el estudio de los diagramas bioclimáticos y el análisis detallado de la estructura urbana y de las características de la arquitectura existente. Estos datos se han obtenido siempre in situ. A lo largo de toda la investigación se enfatiza en la importancia del trabajo de campo. Estas operaciones completan a las anteriores y permiten acceder a la definición de las Normas Urbanísticas y los Estudios de Detalle, asegurando el confort y la adecuación climática de las futuras intervenciones en el tejido urbano. Esto supone un valor añadido a la metodología, ya que al hablar de redacción de planeamiento municipal en ningún caso ha de limitarse a la redacción de un plan general. La metodología proporciona herramientas y criterios para tomar decisiones a escala mucho mayores.

Finalmente, también se analizan las diferentes posibilidades de presentación de la información obtenida por medio del SIG: se comentan las posibilidades tradicionales de los mapas, las tablas, las estadísticas y los informes, pero se introducen también las nuevas posibilidades que brinda la informática en el campo Multimedia.

El Proyecto constituye, pues, una guía paso a paso en la redacción del planeamiento medioambiental, que no excluye la reflexión sobre las diferentes alternativas que han ido surgiendo por el camino.

VI. BIBLIOGRAFÍA

ABEL, D.J. y MARK, D.M.

S “A comparative analysis of some two-dimensional orderings”. *International Journal of Geographical Information Systems* 4: 21-31.

ALDENDERFER, M. y MASCHNER, H.D.G. (Eds.)

S *Anthropology, Space, and Geographic Information Systems*. New York / Oxford: Oxford University Press.

BARBA CASANOVAS, R.

(1996) “El impacto ambiental en el planeamiento Urbanístico. El control visual de las intervenciones”. *El impacto ambiental en el planeamiento urbanístico*. Madrid: Fundación Cultural COAM: 9-25.

BERZAS NEVADO, J.J.

(1994) *Una aproximación a la problemática medioambiental*. Cuenca: Publs. Universidad de Castilla-La Mancha.

BOLÓS, M. de

(1992) *Manual en Ciencia del Paisaje. Teoría, métodos y aplicaciones*. Barcelona, Massón.

BOSQUE SENDRA, J.

(1992) *Sistemas de Información Geográfica*. Madrid: Rialp.

BRACKEN, I. y WEBSTER, C.

(1989) “Towards a typology of geographical information systems”. *International Journal of Geographical Information Systems* 3: 137-152.

(1990) *Information Technology in Geography and Planning. Including Principles of GIS*. London: Routledge.

BRASA RAMOS, A.

(1997) *Determinación mediante Teledetección de la evapotranspiración en regadíos extensivos*. [Tesis Doctoral, ed. en microficha]. Cuenca: Publs. Universidad de Castilla-La Mancha.

BURROUGH, P.A.

(1986) *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment*. Oxford, Clarendon Press.

CANDELA, C.

(1994) “Soporte Normativo del Planeamiento Urbanístico en España”. En MOYA, L. (Ed.): *La práctica del planeamiento urbanístico*. Madrid: Síntesis: 39-68.

CARCELLER I ROQUE, X.

(1996) “Instrumentos de planificación y mecanismos de gestión para la mejora del medio ambiente. Los espacios naturales protegidos.” *El impacto ambiental en el planeamiento urbanístico*. Madrid: Fundación Cultural COAM: 27-33.

CASTRO RÍOS, R. y GARCÍA-ABAD, J.J.

(1993) “Confección de la cartografía dinámica de ocupación del suelo con SIG: municipio de Brea de Tajo”. *Actas del 2º Congreso AESIG*. Madrid: AESIG: 375-392.

CEBRIÁN, J.A.

(1994) *GIS Concepts*. Cáceres: Universidad de Extremadura.

CEBRIÁN, J.A. y MARK, D.

(1986) "Modelos topográficos digitales". En *Métodos cuantitativos en Geografía: enseñanza, investigación y planeamiento*. Madrid, A.G.E.: 292-334.

CENDRERO, A.

(1975) *El mapa geoambiental en la evaluación de recursos naturales y en la planificación del territorio*. Santander: Publs. de la Universidad.

CEOTMA

(1982) *Guía para la elaboración de Estudios del Medio Físico: contenido y metodología*. Madrid.

CHÍAS NAVARRO, P.

(1997) *Los Sistemas de Información Geográfica (I): Introducción y conceptos generales*. Madrid: Publicaciones de la Escuela de Arquitectura.

CHÍAS, P. y ABAD, T.

(2002) "**Aplicación de los sistemas de información geográfica siguiendo criterios medioambientales. En Actas del I Congreso de Ingeniería Civil, Territorio y Medio Ambiente. Colegio de Ingenieros de Caminos, C. Y P., Madrid. Pp. 1421-1439.**

CHÍAS, P. y VILLOTA, I.

(2000a) "La nueva cartografía inteligente: los SIG y la evaluación de impactos ambientales". En colaboración con el prof. Villota. *Actas del VIII Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica*. Barcelona: ETS Arquitectura. Pp. 361-365.

(2000b) "Cartografía de paisaje: uso del SIG". En colaboración con el prof. Villota. *Actas del VIII Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica*. Barcelona: ETS Arquitectura. Pp. 367-372.

CHUVIECO, E.

(1990) *Fundamentos de Teledetección*. Madrid: Rialp.

COLL, J.I.; GUARNER, V. Y HOSTA, LI.

(1993) *La práctica de la gestión urbanística*. Barcelona: SCUVIC.

COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS

(1990) *Libro Verde sobre el medio ambiente urbano. CEE, EUR 12902 ES*. Bruselas.

(1992) *Hacia un desarrollo sostenible. Programa Comunitario sobre política y acción en relación al medio ambiente y al desarrollo sostenible*.

(1994) *Revisión Provisional de la aplicación del Programa de Política y Acción de la Comunidad Europea en relación con el medio ambiente y el desarrollo sostenible*. COM (94). Luxemburgo: Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas.

CONFERENCIA EUROPEA SOBRE CIUDADES SOSTENIBLES

(1994) *Carta de las ciudades europeas hacia un desarrollo sostenible (Carta de Aalborg)*. Bruselas.

CONSEJERÍA DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES. JUNTA DE ANDALUCÍA.

(1997) *Arquitectura y clima en Andalucía. Manual de diseño*. Sevilla.

DATE, C.J.

(1995) *An Introduction to Database Systems*. Reading, MA: Addison-Wesley.

“DECLARACIÓN CONJUNTA DE LAS ASOCIACIONES INTERNACIONALES DE CIUDADES (DECLARACIÓN DE CURITIVA, Río de Janeiro, 1-15/6/1992)”

(1992) *Els Tractats del Fòrum Internacional d'Organitzacions no governamentals*. Barcelona: Departament de Medi Ambient.

DOUGLAS, D.

(1990) “It makes me so CROSS”. En PEUQUET, D.J. y MARBLE, D.F. (Eds.)(1990): *Introductory Readings in Geographic Information Systems*. London: Taylor & Francis: 306-307.

ELMASRI, R. y NAVATHE, S.B.

(1994) *Fundamentals of Database Systems*. Redwood City, CA: Benjamin / Cummings.

ESCRIBANO, M.

(1991) *El Paisaje*. Madrid: Publicaciones de MOPU.

ESRI

(1990) *Understanding GIS*. Redlands, CA: ESRI

EUROPEAN EXPERT GROUP ON THE URBAN ENVIRONMENT SUSTAINABLE CITIES PROJECT

(1994) *European sustainable cities. First Annual Repport*. Aalborg, Denmark.

FARIÑA TOJO, J.

(1990) *Clima, territorio y urbanismo*. Madrid: Departamento de Publicaciones. ETS de Arquitectura.

(1996) *Influencia del medio físico en el origen y evolución de la trama urbana de la ciudad de Toledo*. Madrid: Departamento de Publicaciones, ETS Arquitectura.

(2000) *La protección del patrimonio urbano: instrumentos normativos*. Madrid, Akal.

(2001) *La ciudad y el medio natural*. Madrid, Akal.

FARIÑA, J. e HIGUERAS, E.

(1999) *Turismo y uso sostenible del territorio*. Madrid: Departamento de Publicaciones, ETS Arquitectura.

FERNÁNDEZ GARCÍA, F.

(1986) *El clima de la Meseta meridional: los tipos de tiempo*. Madrid.

FLORES, C.

(1973) *Arquitectura Popular Española*. (4 vols.) Madrid: Aguilar.

GARCÍA ARROYO, A.

(1973) *Arquitectura radical, arquitectura del pueblo*. Madrid: Instituto Torroja.

(1983) *Bases para el diseño solar pasivo*. Madrid: Instituto Torroja.

GARCÍA LANZA, J.

(1993) *Análisis tipológico de los Términos Municipales de la Comunidad de Madrid por medio de*

- indicadores urbanísticos*. Madrid, Escuela Técnica Superior de Arquitectura.
- (1999) *El perfil urbanístico de los municipios*. Madrid, Escuela Técnica Superior de Arquitectura.
- GARCÍA PALOMO, J.P. y MEDINA SALCEDO, F.
- (1993) “Estudios atmosféricos desarrollados con SIG tridimensionales”. *Actas del 2º Congreso AESIG*. Madrid: AESIG: 415-422.
- GATRELL, A.C.
- (1991) “Concepts of space and geographical data”. En MAGUIRE, GOODCHILD y RHIND (Eds.) (1991): *Geographical Information Systems*. Harlow: Longmans. Vol I: 119-134.
- GIVONI, B.
- (1969) *Man, Climate and Architecture*. Amsterdam / London: Elsevier.
- GÓMEZ OREA, D.
- (1978) *El Medio Físico y la Planificación*. (2 vols.) Madrid, Cuadernos CIFCA.
- (1981) *Contenido y metodología para estudios del Medio Físico*. Madrid.
- GOODCHILD, M.F.
- (1995) “The State of GIS for Environmental Problem-Solving”. En GOODCHILD, PARKS y STEYAERT, Eds.: *Environmental Modeling with GIS*. New York / Oxford: Oxford University Press: 8-15.
- GOODCHILD, PARKS y STEYAERT (Eds.)
- (1996) *Environmental Modeling with GIS*. New York / Oxford: Oxford University Press.
- GUTIÉRREZ PUEBLA, J. y GOULD, M.
- (1994) *SIG: Sistemas de Información Geográfica*. Madrid: Síntesis.
- HIGOUCI, T.
- (1982) *The Visual and Spatial Structure of Landscapes*. Cambridge, Mass.: The MIT Press.
- HIGUERAS, E.
- (1997) *Urbanismo Bioclimático: Criterios medioambientales en la ordenación de asentamientos*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, ETSAM.
- INSTITUTE FOR EUROPEAN ENVIRONMENT POLICY
- (1991) *Towards a European Ecological Network*. Arnheim: IFEP.
- MAGUIRE, GOODCHILD y RHIND (Eds.)
- (1991) *Geographical Information Systems: Principles and Applications*. (2 vols.) London: Longman / New York: Wiley.
- McHARG, I.L.
- (1969) *Design with nature*. New York, Doubleday/Natural History Press.
- MOPTMA
- (1996) *Guía para la elaboración de estudios del medio físico*.
- MOPT-PNUMA-HABITAT
- (1991) *Directrices ambientales para la planificación y la gestión de asentamientos*.

MOREIRA, J.M y GIMÉNEZ AZCÁRATE, F.

(1992) "El Sistema de Información Ambiental de Andalucía: SinambA. Una herramienta para el análisis y la gestión del Medio Ambiente". *Actas del 2º Congreso AESIG*. Madrid: AESIG: 491-498.

MOYA GONZÁLEZ, L. (Ed.)

(1994) *La práctica del planeamiento urbanístico*. Madrid: Síntesis.

NEWTON, N.T.

(1971) *Design on the Land*. Cambridge, Mass.: The Belknap Press of Harvard University Press.

OLGYAY,

(1973) *Design with Nature*.

OPENSHAW, S.

(1991) *Developing appropriate spatial analysis methods for GIS*". En MAGUIRE, D.J.; GOODCHILD, M.F. y RHIND, D.W. (Eds.) (1991): *Geographical Information Systems*. Harlow: Longmans. Vol I: 389-402.

PEANO, A.

(1993) *La difesa dell'ambiente*. Gangremi Editore.

PILLET CAPDEPÓN, F.

(1996) "Geografía Humana". *Ciudad Real y su provincia*. Sevilla: Ed. Gever.T.I: 133-244.

RUIZ PÉREZ, M.

(1996) "Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica a la realización de estudios de Evaluación de Impacto Ambiental". *El impacto ambiental en el planeamiento urbanístico*. Madrid: Fundación Cultural COAM: 49-76.

SALAS, J. y CHUVIECO, E.

(1993) "Modelización de variables microclimáticas a partir de un Sistema de Información Geográfica". *Actas del 2º Congreso AESIG*. Madrid: AESIG: 423-446.

SECCIÓN DEL ESTADO ESPAÑOL DE LA FEDERACIÓN DE PARQUES NATURALES Y NACIONALES DE EUROPA

(1995) *Espacios naturales protegidos del Estado Español*. Madrid.

SMITH, P. y BARNES, G.

(1987) *Files and Databases: An Introduction*. Reading, MA: Addison - Wesley.

SORIA Y PUIG, A.

(1989) "El territorio como artificio". *Revista OP* 11: 30-39.

STEINITZ, C.

(1993a) "GIS: A personal historical perspective". *GIS Europe* 5, vol 2: 19-22.

(1993b) "A framework for theory and practice in landscape planning". *GIS Europe* 6, vol 2: 42-45.

(1993c) "The changing face of GIS from 1965-1993". *GIS Europe* 7, vol 2: 38-40.

TOMLIN, C.D.

(1990) *Geographic Information Systems and Cartographic Modelling*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

(1990) "Cartographic Modelling". En MAGUIRE, GOODCHILD y RHIND (Eds.) (1991): *Geographical Information Systems*. Harlow: Longmans. Vol I: 361-374.

TORRES BALBÁS, L.

(1985) *Ciudades hispanomusulmanas*. Madrid.

TUORI, M. y MOON, G.

(1984) "A Topographic Map Conceptual Data Model". *Proceedings of the First International Symposium on Spatial Data Handling*. Zürich. Vol. 1: 28-37.

UICN

(1993) *Action Plan for Protected Areas in Europe*. Gland: UICN.

UICN-PNUMA-WWF

(1991) *Cuidar la Tierra (Estrategia para el futuro de la vida)*. Gland: UICN.

UNWIN, D.J.

(1981) *Introductory Spatial Analysis*. New York: Methuen.

VILLOTA ROCHA, I. de

(1985) *Estudio sobre la arquitectura popular en la zona alta septentrional de Alicante y su relación con el entorno: la Vall de Gallinera*. [Tesis Doctoral inédita] Madrid: ETSAM.

VV.AA.

(1996) *El impacto ambiental en el planeamiento urbanístico*. Madrid: Fundación Cultural COAM.

WAUGH, T.C. y HEALEY, R.G.

(1986) "The Geoview Design: A Relational database Approach to Geographical data Handling". *Proceedings of the Second International Symposium on Spatial Data Handling*. Seattle (Washington): 193-212. Reproducido también en (1987): *International Journal of GIS* 1: 101-118.

WORBOYS, M.F.

(1995) *GIS. A Computing Perspective*. London / Bristol PA: Taylor & Francis.

WORBOYS, M.F., HEARNshaw, H.M. y MAGUIRE, D.J.

(1987) "Object oriented data modelling for spatial databases". *International Journal of Geographical Information Systems* 4: 369-383.

WRI-UICN-PNUMA

(1992) *Estrategia global para la biodiversidad. Pautas de acción para salvar, estudiar y usar en forma sostenible y equitativa la riqueza biótica de la Tierra.*

YÁÑEZ PARAREDA, G.

(1982) *Energía solar, edificación y clima.* Madrid: MOPU.

(1988) *Arquitectura solar. Aspectos pasivos, bioclimatismo e iluminación natural.* Madrid: MOPU.

ZAHONERO I XIFRÉ, A.

(1996) “Estudio de los factores ambientales en el Proyecto y Planificación Urbanística. La evaluación del impacto ambiental”. *El impacto ambiental en el planeamiento urbanístico.* Madrid: Fundación Cultural COAM: 35-47.

LOS CUADERNOS DE INVESTIGACIÓN URBANÍSTICA pretenden difundir aquellos trabajos que por sus características, muchas veces de investigación básica, tienen difícil salida en las revistas profesionales. No se trata de una revista, ni existen criterios fijos sobre su periodicidad ni dimensiones, dependiendo exclusivamente de la existencia de originales, y de las subvenciones que puedan obtenerse para su publicación. Están abiertos a cualquier persona o equipo investigador que desee publicar un trabajo realizado dentro de la temática del urbanismo y la ordenación del territorio. Todos los originales deberán estar mecanografiados en un fichero de formato ASCII o ANSI. Si incluye dibujos serán en blanco y negro, a ser posible de trazo y sin grises o medias tintas, y con una dimensión máxima de 15x21 cm. La decisión sobre su publicación la tomará la Comisión de Doctorado del Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. El autor tendrá derecho a diez ejemplares gratuitos. Para envío de originales, compras, petición de números atrasados, etc.:

CUADERNOS DE INVESTIGACIÓN URBANÍSTICA
Sección de Urbanismo del Instituto Juan de Herrera (SPyOT)
Instituto "Juan de Herrera"
Escuela Técnica Superior de Arquitectura
Avenida Juan de Herrera 4 28040 Madrid
Teléfono: (91) 3.36.65.08 Fax: (91) 3.36.65.34
E-mail: ciu@aq.upm.es

NÚMEROS ANTERIORES:

- 1 José Fariña Tojo: *Influencia del medio físico en el origen y evolución de la trama urbana de la ciudad de Toledo*, 30 páginas, abril de 1993.
- 2 Julio Pozueta: *Las ordenanzas de reducción de viajes*, 31 páginas, abril de 1993.
- 3 José Manuel Escobar Isla y Antonio M^o Díaz (colaborador): *Hortus conclusus, el jardín cerrado en la cultura europea*, 48 páginas, mayo de 1993.
- 4 Julio García Lanza: *Análisis tipológico de los términos municipales de la comunidad de Madrid por medio de indicadores urbanísticos*, 44 páginas, octubre de 1993.
- 5 Aida Youssef Hoteit: *Cultura, espacio y organización urbana en la ciudad islámica*, 48 páginas, noviembre de 1993.
- 6 Jesús Caballero Vallés: *El índice favorecedor del diseño (influencia del diseño de los sectores en el igualatorio reparto de cargas y beneficios en el suelo urbanizable)*, 41 páginas, mayo de 1994.
- 7 Julio Pozueta, Teresa Sánchez-Fayos y Silvia Villacañas: *La regulación de la dotación de plazas de estacionamiento en el marco de la congestión*, 37 páginas, enero de 1995.
- 8 Agustín Hernández Aja: *Tipología de calles de Madrid*, 71 páginas, febrero de 1995.
- 9 José Manuel Santa Cruz Chao: *Relación entre variables del medio natural, forma y disposición de los asentamientos en tres comarcas gallegas*, 55 páginas, febrero de 1995.
- 10 José Fariña Tojo: *Cálculo de la entropía producida en diversas zonas de Madrid*, 74 páginas, abril de 1995.
- 11 Agustín Hernández Aja: *Análisis de los estándares de calidad urbana en el planeamiento de las ciudades españolas*, 75 páginas, septiembre de 1995.
- 12 José Fariña Tojo y Julio Pozueta: *Tejidos residenciales y formas de movilidad*, 77 páginas, diciembre de 1995.
- 13 Daniel Zarza: *Una interpretación fractal de la forma de la ciudad*, 70 páginas, abril de 1996.
- 14 Ramón López de Lucio (Coord.): *El comercio en la periferia sur metropolitana de Madrid: soportes urbanos tradicionales y nuevas centralidades*, 58 páginas, septiembre de 1996.
- 15 Agustín Hernández Aja: *Pisos, calles y precios*, 63 páginas, diciembre de 1996.
- 16 Julio Pozueta Echavarrí: *Experiencia española en carriles de alta ocupación. La calzada BUS/VAO en la N-VI: balance de un año de funcionamiento*, 57 páginas, marzo de 1997.
- 17 Inés Sánchez de Madariaga: *Las aportaciones urbanísticas en la práctica norteamericana*, 59 páginas, mayo de 1997.
- 18 Julio Pozueta Echavarrí (Coord.): *Experiencia española en la promoción de alta ocupación: el Centro de Viaje Compartido de Madrid*, 63 páginas, julio de 1997.
- 19 Agustín Hernández Aja: *Análisis urbanístico de barrios desfavorecidos: catálogo de áreas vulnerables españolas*, 104 páginas, septiembre de 1997.
- 20 Ramón López de Lucio (Coord.): *Investigación y práctica urbanística desde la Escuela de Arquitectura de Madrid: 20 años de actividad de la Sección de Urbanismo del Instituto Juan de Herrera (SPyOT), 1977-1997*, 126 páginas, noviembre de 1997.
- 21 Daniel Zarza: *La enseñanza del Proyecto Urbano: A propósito de algunos trabajos de la asignatura Urbanística II (Sotos y bordes en Aranjuez)*, 63 páginas, febrero de 1998.
- 22 Francisco José Lamiquiz y Enrique Maciá Martínez: *Configuración y percepción en la Plaza de Isabel II de Madrid*, 49 páginas, abril de 1998.
- 23 Ramón López de Lucio y Emilio Parrilla Gorbea: *Espacio público e implantación comercial en la ciudad de Madrid*, 57 páginas, julio de 1998.
- 24 Ester Higuera: *Urbanismo bioclimático*, 74 páginas, septiembre de 1998.
- 25 Ángel Carlos Aparicio Mourelo: *Políticas de regeneración urbana en los Estados Unidos*, 57 páginas, enero 1999.
- 26 Julio García Lanza: *El perfil urbanístico de los municipios*, 87 páginas, Abril 1999
- 27 Fernando Roch Peña, Ana Pérez y Francisco Javier González: *Estudio inmobiliario de Torrejón de Ardoz*, 78 páginas, Julio 1999
- 28 José Fariña Tojo y Ester Higuera: *Turismo y uso sostenible del territorio*, 67 páginas, Julio 1999.