

**DISEÑO DE UN SIG DE BAJO COSTE. APLICACIÓN A UN ATLAS
SUBREGIONAL.**

Rafael MACHADO SANTIAGO

*Dpto. Análisis Geográfico Regional y Geografía
Física. Universidad de Granada*

Jörg FISCHER

Universidad de Paderborn (R.F.A)

Carmen EGEA JIMÉNEZ

Dpto. Geografía Humana. Universidad de Granada

RESUMEN: Se expone la metodología seguida para la realización del Atlas Geográfico Comentado de la Provincia de Jaén en base a una cartografía asistida por ordenador y utilizando un equipo sencillo sin muchas prestaciones a la hora de disponer de programas de gran potencia.

ABSTRACT: This paper shows the methodology used to perform the "Atlas Geográfico de la Provincia de Jaén" through a C.A.D. and a simple hardware to run a very powerfull software.

INTRODUCCIÓN.

En los últimos años, el desarrollo de los sistemas cartográficos asistidos por ordenador ha provocado un aumento y mejora considerable de la producción de mapas temáticos que representan determinados conceptos u hechos geográficos. Por ello, en países de reconocida tradición cartográfica, los atlas que se elaboran ya no son una simple colección de mapas recogidos en uno o en varios volúmenes y con una proliferación de escalas no acorde con la cuantía y el tipo de información que muestran, sino que suponen un indudable avance al presentar una unidad interna que permite establecer correlaciones entre los fenómenos estudiados, y técnicamente dan solución a problemas que se presentan en cartografía.

Sin embargo, y reconociendo que todo atlas debe ser la culminación de un trabajo de investigación científica en el que se den cita expertos en diferentes disciplinas, y en donde se realice un cuidadoso estudio de la representación

cartográfica, del tipo de usuario al que va destinado e incluso de la forma de edición, no cabe duda que para su realización se requiere el empleo de una tecnología informática sofisticada y, por lo tanto, de alto coste económico, que no está al alcance de cualquier equipo que desee acometer la magna empresa de su ejecución.

Por ello, en la mayoría de los casos, la confección de un atlas queda reservada a organismos estatales o a empresas privadas que cuentan con una potente y actualizada infraestructura informática y técnica, pero que están condicionados a ofrecer un producto referido a todo un ámbito nacional o, a lo sumo, regional, y a un precio final asequible al usuario pero no en relación al elevado coste que ha supuesto su materialización.

Esta es la causa de la prolífica edición en los últimos años de atlas nacionales y regionales en España y, al mismo tiempo, de la escasez de los Atlas subregionales, ya que los objetivos y finalidad de este tipo de obras, en gran parte, son diferentes.

Ahora bien, últimamente, la cartografía asistida ha recibido un impulso importante con la aparición en el mercado de microprocesadores, periféricos y programas que no sólo aceleran el trabajo y permiten obtener una buena calidad gráfica, sino que económicamente pueden estar al alcance de equipos de investigación menos respaldados financieramente y que realizan cartografía temática a escalas reducidas.

Por ello, cuando un equipo acomete la realización de un atlas subregional, independientemente de la posibilidades técnicas que ofrezca la infraestructura con que cuente, debe tener en cuenta, en principio, que la propia escala está condicionando el objetivo primordial de su trabajo, que debe presentar una imagen lo más real posible del espacio que habitan y en donde desarrollan sus actividades los ciudadanos, para que sea conocida y utilizada por éstos y por los planificadores y enseñantes. De este modo, la información cartográfica que se muestra podrá ser requerida por educadores, políticos y público en general, máxime si los temas que trata son variados y se presentan en un conjunto que permite establecer correlaciones entre ellos y ofrecen, además, una información actualizada para poder hacer una planificación de los recursos naturales y humanos. Finalmente, también habrá que tener presente que buena parte del producto final que surja puede constituir una síntesis de anteriores investigaciones, y servir de base para la realización de otros estudios más pormenorizados o generales como atlas comarcales, regionales o nacionales.

Por esto, hoy día, cuando se constata un mayor acercamiento de los geógrafos a la cartografía, la función de difundir sus conocimientos a través de un sistema

concentrado de información gráfica es mucho más cercano y directo a través de un atlas subregional, pues el espacio y la escala de análisis es más próxima al usuario y convierte a éste en un buen receptor para asimilar conocimientos y educarlo en la lectura e interpretación de mapas, y lógicamente para familiarizarlo con los nuevos métodos y medios de representación gráfica, sobre todo si incluye fotografías, textos y leyendas explicativas.

Sin embargo, y a pesar de la importancia de un atlas subregional, en nuestro país son escasos los que se realizan con los nuevos sistemas asistidos por ordenador, dado que la mayoría de los SIG que ofrece el mercado están diseñados y presentan paquetes informatizados para ser utilizados con una potente y costosa infraestructura informática, por lo tanto no siempre accesible para la mayoría de los equipos cartográficos existentes.

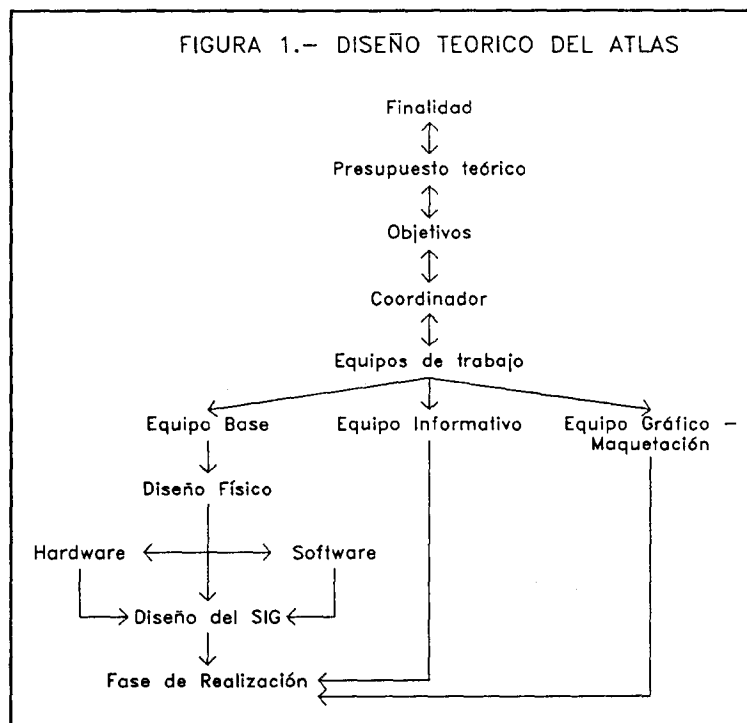
Este, desde luego, es el primero y principal obstáculo para una gran mayoría de los departamentos universitarios de geografía de nuestro país, para cuya labor docente e investigadora cuentan con suficientes información espacial y, en muchos casos, con excelentes profesionales que, por su propia formación, tienen buenos conocimientos para el análisis territorial y, desde luego, práctica en la aplicación del lenguaje y simbolismo cartográfico, por lo que están motivados en la realización de este tipo de atlas.

En este contexto se inserta el trabajo que presentamos con la preocupación por dar a conocer el diseño, contenidos, desarrollo metodológico y la problemática que conlleva la realización de un atlas, subregional en este caso, a través de un Sistema de Información Geográfica (SIG) desarrollado con un modesto equipo informático mediante la combinación de unos programas estándar de gran distribución y fácil acceso, consiguiendo un resultado satisfactorio.

DISEÑO TEÓRICO DEL ATLAS E INFRAESTRUCTURA INFORMÁTICA.

El encargo de realización del "Atlas Geográfico Comentado de la Provincia de Jaén", por parte de la Diputación de esta provincia andaluza en el año 1991, a un equipo integrado en su totalidad por geógrafos pertenecientes al Grupo de Investigación "Recursos Naturales, Medio Ambiente y Desarrollo Regional" del Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física de la Universidad de Granada, hizo que acometiéramos la elaboración del diseño planteándonos, en principio, la finalidad primordial de la obra (Figura 1). Así, pensamos que el atlas debería reflejar un trabajo de síntesis que tuviera por finalidad la de hacer disponible para un gran número de personas los fenómenos geográficos, por lo tanto, aquellos que espacialmente consideramos más

importantes a cerca del territorio denominado administrativamente provincia de Jaén.



Al mismo tiempo, una serie de **objetivos** complementarios surgieron: realizar una representación gráfica clara, fácilmente legible, expresiva, estética, así como una cartografía que tuviese la mayor información disponible pero resaltando los aspectos esenciales.

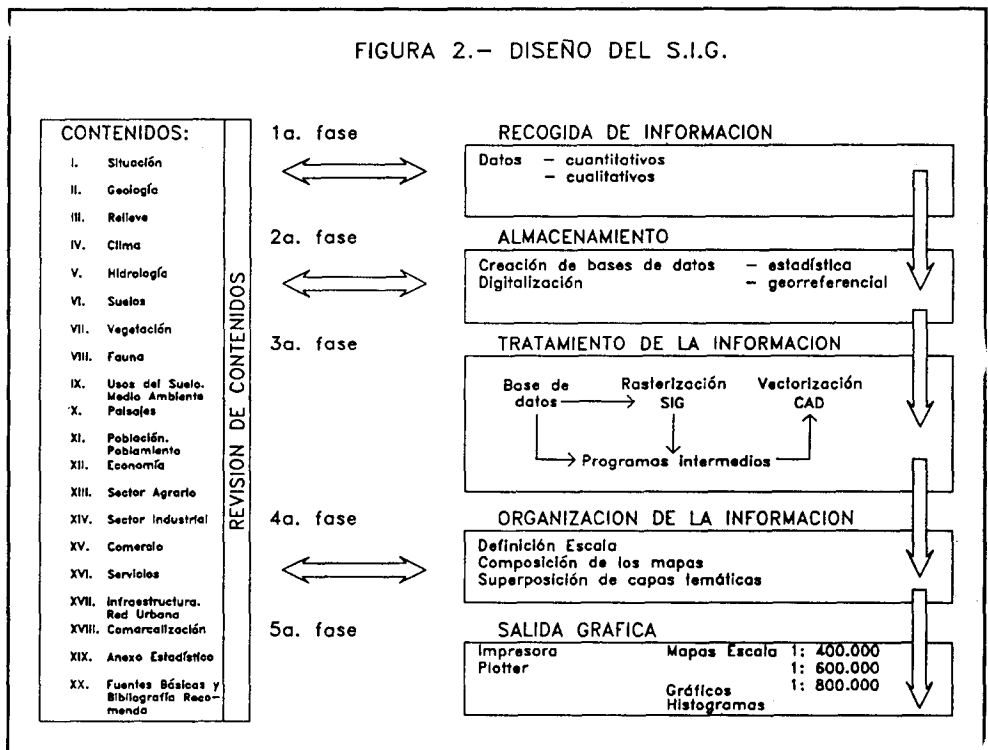
También había que conseguir una homogeneidad en la secuenciación de los capítulos y en la distribución de los distintos tipos de gráficos en cada uno, además de unos textos que acompañasen a los grandes apartados del atlas, con un lenguaje lo más llano posible sin merma de rigor científico, y que estuviesen en paridad, en cuanto a extensión, en relación al material gráfico. Asimismo se trataba de obtener un atlas con un formato, número de páginas, facilidad de manejo y con pocos medios técnicos a unos costes reducidos, y que, de alguna forma, la información contenida en el mismo pudiese actualizarse con posterioridad. Por último, había que ofrecer un producto para editar con los menores costes posibles.

La orientación cognoscitiva de la cartografía era el **presupuesto teórico** del que teníamos que partir para alcanzar los objetivos antes mencionados del atlas, en

el sentido de que éste tiene que reflejar ciertos aspectos del mundo real y comunicar al usuario cierta información concreta, por lo que debe existir una relación de dominio o conocimiento recíproco entre los contenidos temáticos del atlas, la semiología gráfica y las actuales técnicas cartográficas.

Por ello, se constituyó al principio un **equipo base**¹ de trabajo, integrado por cinco geógrafos conocedores del espacio jienense (tres de ellos especialistas en Análisis Regional) y, al mismo tiempo e individualmente, expertos en técnicas de representación gráfica, programación y digitalización, con uno asumiendo la tarea de **coordinación**. El primer paso fue confeccionar un **diseño físico** del atlas en relación al formato, tipo de papel y encuadernación, estructura y disposición temática, y número de páginas, de cuyo resultado surgió una primera maqueta. Del mismo modo, hubo que definir la/s escala/s de manejo y representación de la información, además del tipo de proyección a utilizar.

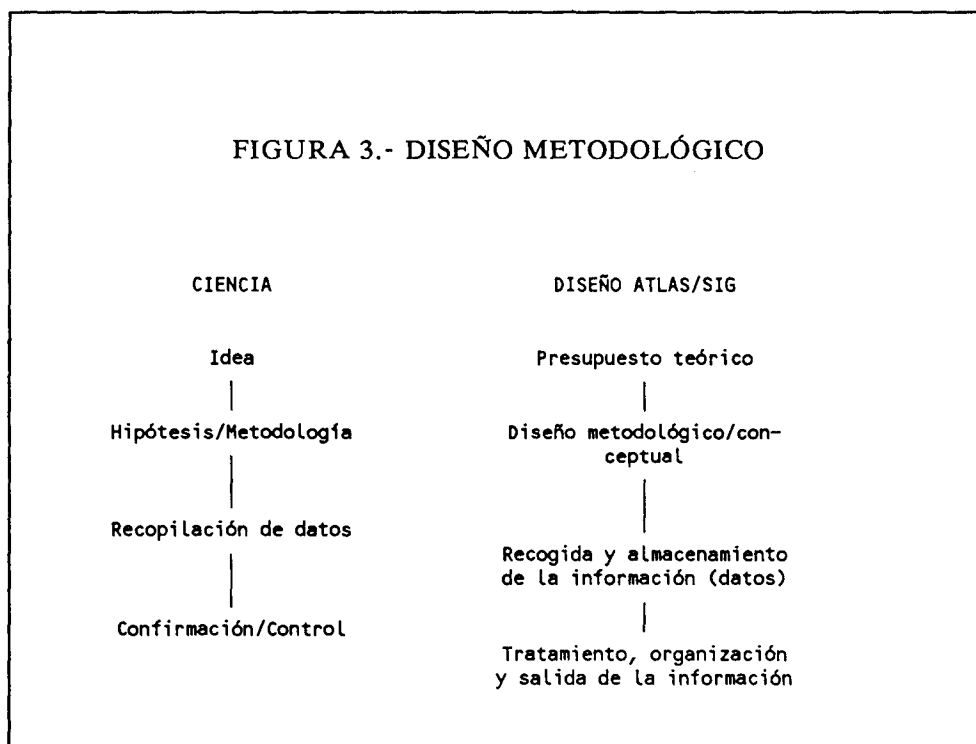
Este equipo tenía que acometer la tarea de realizar el atlas con una arquitectura informática o **Hardware** compuesto por dos PC-386 (SX) una tableta digitalizadora-A2, un plotter para 8 colores-A0, y una impresora matricial-A4. Asimismo, debió construir un **Software** que diera respuesta a las cinco fases principales de elaboración del atlas (Figura 2):



Sobre un segundo equipo de trabajo, denominado **informático** (Figura 1), y como el anterior bajo la supervisión del coordinador del atlas, recayó la misión de recoger y almacenar los datos estadísticos y georreferenciales. recogida de datos alfanuméricos y georreferenciados (digitalizados) cualitativos o cuantitativos; integración en base de datos, es decir, almacenamiento de la información; tratamiento de dicha información de forma cartográfica y estadística; organización de la información para una referenciación territorial homogénea y definición de su nivel de manejo (escalas); salida de resultados cartográficos, gráficos y numéricos. De esta forma, la relación recíproca entre Hardware y Software propició el que este mismo equipo base estuviese en condiciones de hacer el **Diseño del SIG**.

De la misma forma que un tercer equipo tendría que ocuparse de estructurar toda la salida gráfica y de realizar la **maquetación**.

Se materializaba de esta forma un diseño metodológico que sigue por analogía en cierta manera el estudio científico, que se rige fundamentalmente porque se parte de un presupuesto teórico, sigue por la presentación de una hipótesis, la subsiguiente experimentación y la confirmación o rechazo de la misma. Un esquema similar con el del diseño teórico del atlas y, por lo tanto, del SIG (Figura 3):



DISEÑO DEL SIG, CONTENIDO Y FASES DE REALIZACIÓN.

En el diseño del SIG se diferencian dos grandes apartados estrecha y en todo momento interconectados (Figura 2): el relativo a sus diferentes fases de ejecución, y el que hace referencia a sus contenidos o apartados temáticos del atlas, si bien la elaboración del primero depende de la confección minuciosa del segundo.

Efectivamente, el equipo base de trabajo, una vez definidos los veinte capítulos del atlas, tuvo que concretar, para cada uno de ellos, los diferentes tipos de mapas y/o gráficos, además de la escala y orden expositivo de los mismos, estableciendo como norma su revisión desde cada fase del desarrollo del SIG.

Diseñado, de esta forma, el modelo conceptual, sí se pudo concebir definitivamente un sistema de información geográfico (SIG) en cinco fases para responder a las necesidades del usuario, es decir, las que nosotros requeríamos en cada momento para llevar a buen término el proyecto del "atlas de Jaén".

La **primera fase** de realización del atlas la desarrolló el segundo equipo de trabajo que, como el anterior, estaba relacionado en todo momento con el Coordinador, y cuya misión era la de: **recogida de información** alfanumérica y georreferenciada necesaria para cada uno de los apartados temáticos, y contenidos específicos de estos.

Así, el objetivo fundamental en esta fase fue el adecuar y mantener una relación intrínseca entre la información capturada en fuentes de muy diverso origen y depurada posteriormente, con los contenidos temáticos del atlas. Al mismo tiempo se estaba en disposición de establecer una primera redefinición de las escalas y cartografía de base que se iban a utilizar.

En la **segunda fase** de realización del atlas, llevada a cabo por el equipo base de trabajo con la ayuda del segundo, se procedió al **almacenamiento de la información** estadística (datos climáticos, hidrológicos, demográficos, socioeconómicos, etc.), georreferenciada (administrativa, geológica, de relieve, edafológica, usos del suelo, paisajes, poblamiento, etc.) y gráfica o visual (cartografía, imágenes de satélite y fotográficas, etc.).

De esta forma, se constituyó, vía teclado, cuando se trató de atributos o información estadística, o por medio de la digitalización, cuando la información estaba en soporte cartográfico, una doble base de datos en un sistema único de proceso capaz de relacionarlas espacial y temporalmente: la que contenía los datos alfanuméricos y la que soportaba los georreferenciales, ambas ordenadas en función de los diversos apartados temáticos y contenidos específicos en que

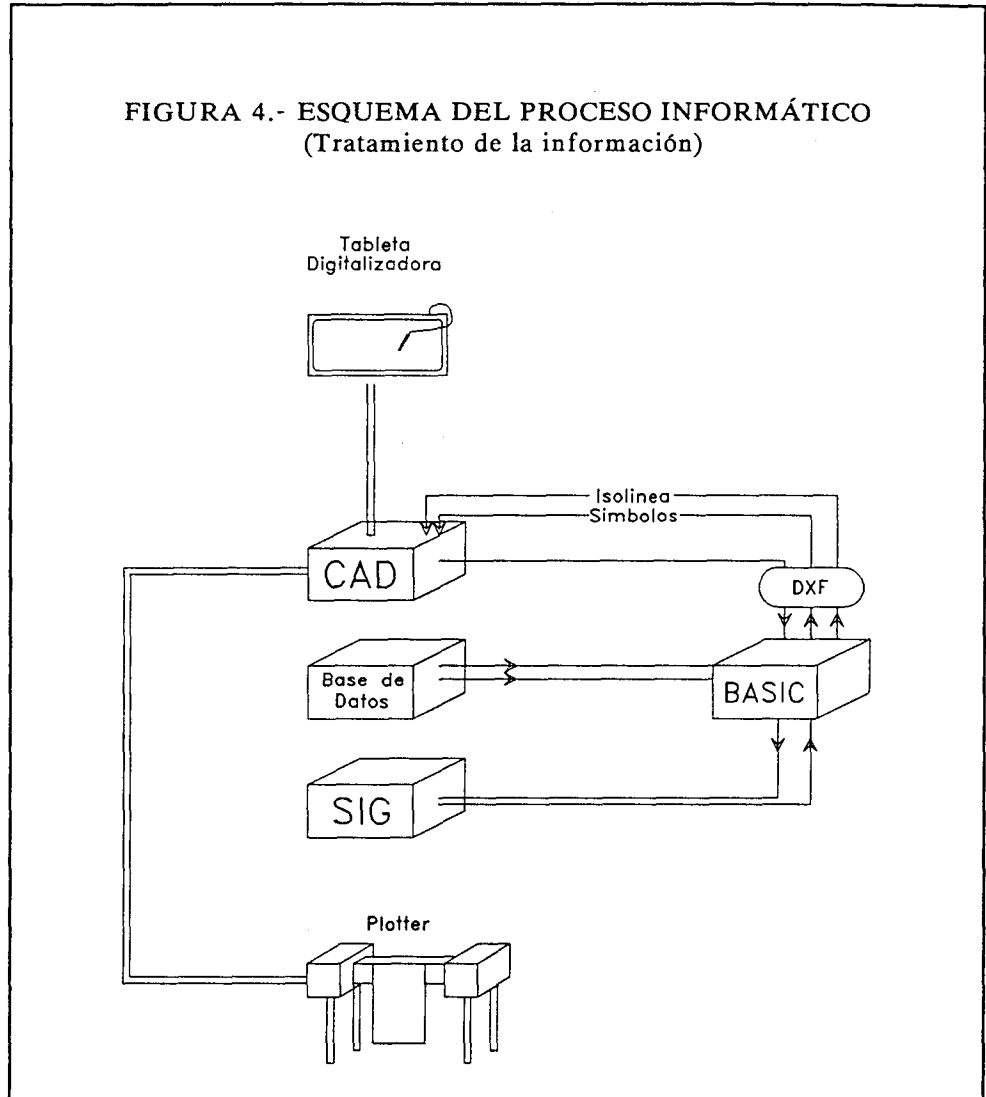
se estructura el atlas.

Esta fase del trabajo era importante, por cuanto establecía la diferencia existente entre un Sistema de Información Geográfica (SIG) y un Sistema de Información Espacial (SIE), en el sentido de que un SIG se distingue por manejar una base de datos espaciales, por lo que dicha base de datos va a representar uno de los componentes más importantes en el diseño e implementación del SIG. En este contexto, teníamos que almacenar, para posteriormente manejar, una información espacial dentro de un marco de referencia geográfico a diferentes escalas y/o niveles de detalle a partir de las coordenadas geográficas (UTM) asignadas a cada uno de los espacios con que trabajamos.

A partir de aquí estuvimos en condiciones de acometer la **tercera fase** del desarrollo práctico del atlas mediante el **tratamiento de la información**, en principio, desde una **base de datos**, organizándola y estructurándola, en su mayor parte, a nivel municipal (Fig. 4). Como referencia espacial se enlazaron los datos con la base cartográfica utilizando las coordenadas geográficas (del sistema de coordenadas elegido) del municipio correspondiente (tomando como punto de partida el centro del núcleo de la cabecera municipal), consiguiendo así una localización de los valores en el sistema informático.

Del mismo modo, en esta etapa, se desarrollaron unos **programas intermedios** (Figura 4) en lenguaje BASIC que permitieron la creación de una cadena de comando para la inserción de símbolos directamente en la base cartográfica referentes a la representación temática de los datos municipales. Para la importación del símbolo se empleó el lenguaje de intercambio DXF (Data Exchange File, en caracteres ASCII). Este programa captó los datos directamente de la base, enlazándolos con las coordenadas geográficas adaptadas (UTM) e implantó allí el símbolo de tamaño proporcional al valor referido. De este modo, se consiguió una aceleración notable del proceso de representación de los datos puntuales².

Utilizando un **programa de diseño asistido por ordenador (CAD)** se digitalizó la base cartográfica (proyección rectangular, por ejemplo, Universal Transversal Mercator U.T.M.) de los mapas empleando su propio sistema de coordenadas. El resultado eran diferentes capas de información superponibles y de fácil combinación, consiguiendo así, mediante la vectorización, un compendio de mapas preparados en el equipo informático (relativos a términos municipales, núcleos urbanos, carreteras, red fluvial, altitudes, etc.). El programa CAD a la vez sirvió para la realización de la impresión a través de una plotter en los tamaños de A4 hasta A0.



La rasterización de los datos espaciales representados por sistemas cuadrículados (mallas, Grid-systems, pixel) es una herramienta indispensable de los SIG. Así, gran parte del análisis y representación de la información espacial (por ejemplo, datos de tipo físico o poblacionales) se hizo de este modo.

El SIG organizó los datos haciendo uso de un modelo relacional y topológico, así se facilitaba el manejo de dos clases de datos espaciales: datos cartográficos que describen localización y topología de un punto, línea o polígono, y datos de atributos que caracterizan dichos elementos. Se relacionan, pues, los elementos

gráficos manejados por el CAD con los elementos de la base de datos³.

El manejo de bases de datos relacionales de procedencia alfanumérica y georreferenciada o espaciales con programas lógicos CAD y SIG utilizando programas intermedios (BASIC, PASCAL, Programas gráficos, etc.), hizo posible la elaboración en pantalla de los diversos mapas y gráficos previamente diseñados en el apartado de contenidos.

Este último proceso en gran parte constituía la cuarta fase de realización del atlas. Suponía **organizar la información**, es decir, elaborar propiamente los diferentes tipos de mapas que nos requerían los diez y ocho primeros capítulos del atlas (contenidos). La definición definitiva de las escalas⁴, la superposición en algunos casos de dos a más capas temáticas, la elección de las diversas formas de representación cartográfica y/o gráfica (selección de formas de implantación de los símbolos y sus proporciones en relación con la escala, así como un primer diseño de colores, rotulación, etc..) era en realidad un trabajo de análisis que se iba produciendo en el propio desarrollo organizativo de la información⁵.

Por último en esta etapa, una vez producidos y archivados los mapas y gráficos, se procedió a seleccionar y ordenar las variables estadísticas y las fuentes de procedencia de los distintos tipos de datos más significativas en relación a los contenidos temáticos del atlas para, posteriormente, insertarlas en dos últimos capítulos del mismo (XIX.Anexo estadístico; XX.Fuentes básicas y bibliografía recomendada).

A través de la plotter, en su mayor parte, o de la impresora, fuimos dando salida gráfica individualmente a toda la cartografía temática, a los gráficos y a los histogramas, lo que constituyó el grueso de esta quinta y última fase de realización del atlas, todo ello a la escala convenida⁶.

La selección definitiva del sombreado, a partir de las variable retiniana "valor" se produjo en este momento para cada mapa, teniendo en cuenta que no se perdiera la graduación de intensidad lógica que debe producir la representación escalonada de los valores más bajos por tintas pálidas y de los más altos por tintas oscuras. Asimismo, en atención a obtener una visión clara y una lectura fácil de los mapas se empleó una gama única de color cuando se trató de pocas graduaciones, si bien en el caso estas eran superiores a ocho se utilizó dos o más gamas, pero sin pasar de los cuatro colores primarios (amarillo, verde, azul y rojo).

Por último, y antes de la maquetación del atlas éste se terminó de estructurar procediendo a una rotulación homogénea para cada tipo de mapa y/o gráfico y partes-capítulos, además de secuenciar definitivamente los contenidos de la obra.

PROBLEMÁTICA Y CONCLUSIONES.

A modo de ejemplo comentamos, brevemente, el procedimiento técnico de alguna de la cartografía realizada, basándonos en algunos mapas de población de la Provincia de Jaén.

La unidad de análisis espacial ha sido en este caso tanto el término municipal como cada una de las entidades de población.

Lo que se hizo en primer lugar fue localizar y digitalizar las entidades de población correspondientes.

Una vez indicados los puntos de localización en el sistema de coordenadas utilizadas en el programa CAD, se enlazaron sus coordenadas con la base de datos.

Esta contenía los totales de población tanto a nivel municipal como de entidad para una serie de años, la que se completaba ahora con las coordenadas geográficas (U.T.M.).

Como ejemplo de representación mediante símbolos se realizó la evolución de la población a nivel municipal en los años 1900, 1950, 1981 y 1991 (Fig. 5). Esta evolución se representa a modo de un histograma para cada municipio, realizando éstos a través de un programa de enlace utilizando el formato DXF para incorporar los símbolos en el mapa.

Otras formas de representación fueron para la densidad de población; y para evitar mal entendidos provocados por la representación de coropletas en base a habitantes/km, utilizados frecuentemente en mapas de densidad, utilizamos un método de generación raster donde incluimos el volumen de población de las entidades correspondientes en cada cuadrícula.

El resultado para raster o pixels de 25 km se muestra en la fig. 6. Para contrastar el resultado obtenido, se le superpuso a este mapa, como información básica, los núcleos urbanos, mostrando así la localización espacial exacta.

A partir de la misma cuadrícula se generó un mapa de isolíneas consiguiendo el resultado mostrado en la Fig. 7.

Por último, se hizo una representación tridimensional con la misma información que la utilizada en los mapas anteriores para mejorar los aspectos didácticos de éstos (Fig. 8).

En resumen, la experiencia acumulada en la realización del "atlas de Jaén", nos permite señalar como cuestiones más importantes a tener en cuenta, al margen de las ya expuestas, la siguientes:

- Debe de constituirse, desde el principio, un equipo de expertos que, debido

a sus conocimientos del espacio geográfico objeto de estudio y técnicos-cartográficos, sea capaz de realizar el diseño teórico y práctico del atlas, así como de evaluar, procesar y presentar una cartografía de síntesis y con rigor científico en relación al índice temático.

- Hay que proceder, entre los diversos componentes del equipo, a una división de funciones y responsabilidades en relación a sus capacidades, y cuyo trabajo a realizar esté estrechamente interconectado además de relacionado con los contenidos temáticos del atlas.

- La existencia de un coordinador que asumirá la toma de decisiones en todo momento y, durante la fase de edición, la supervisión general de la obra (pruebas de color y rotulación, pasado de planchas, estructuración, disposición temática y paginación, impresión, encuadernación, distribución).

- Tener conocimiento del destinatario del atlas, para así enfocar distintos aspectos que se han de recoger en el mismo, del mismo modo que, una vez realizado el diseño teórico, efectuar un estudio de costos de producción (relación coste/calidad/salida gráfica) lo más ajustado a lo proyectado para su financiación.

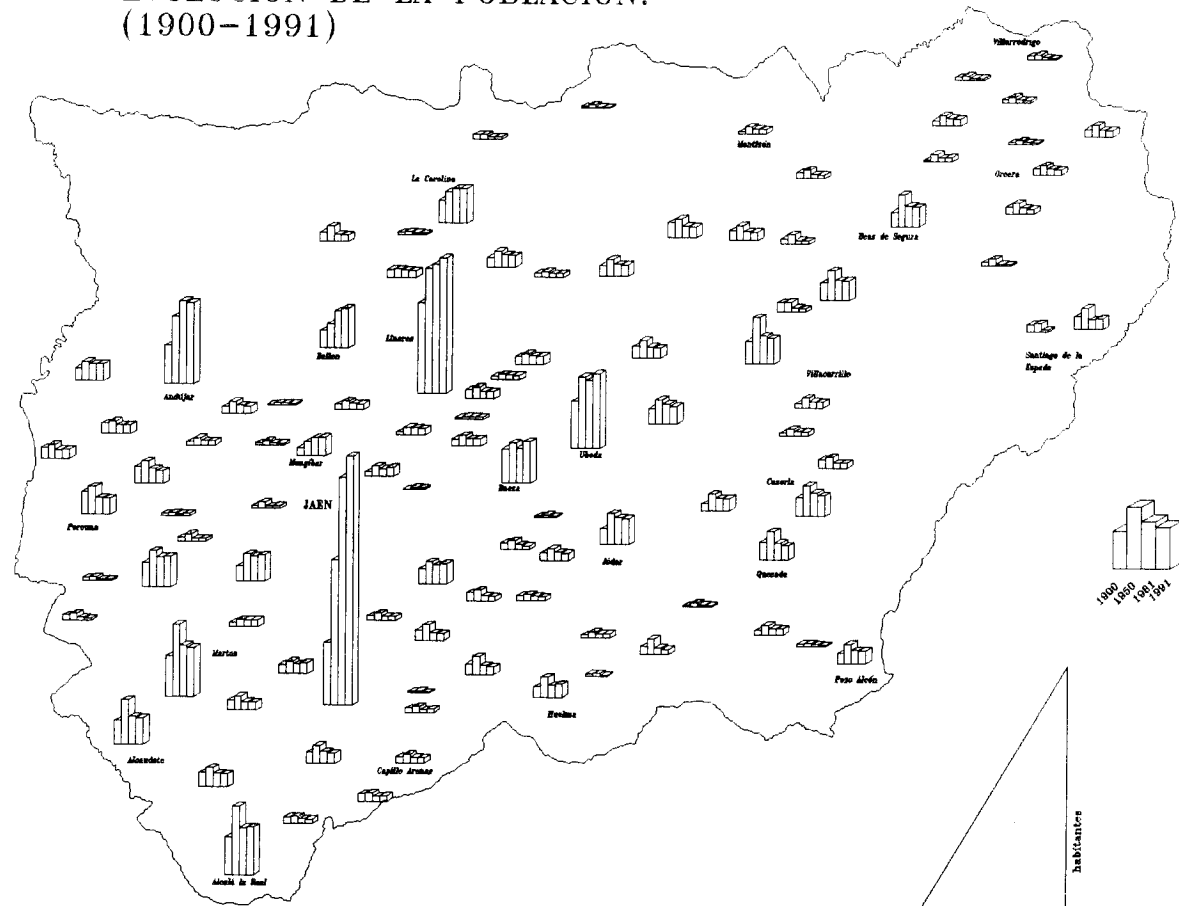
- Realizar un diseño del SIG en función de la infraestructurada informática disponible (a partir de unos mínimos exigibles para dar una salida exitosa al atlas) que de respuesta a los objetivos predeterminados que debe cumplir el atlas.

- Definir adecuadamente la proyección, coordenadas espaciales y, en última estancia, las escalas de los mapas teniendo en cuenta al mismo tiempo el formato, el tipo de información, la forma de representación y el espacio de implantación.

- Elegir convenientemente la simbología, los colores y tipos de letra, estableciendo un sistema único que permita transmitir al usuario del atlas una fácil lectura e interpretación de los diversos mapas/gráficos que contiene.

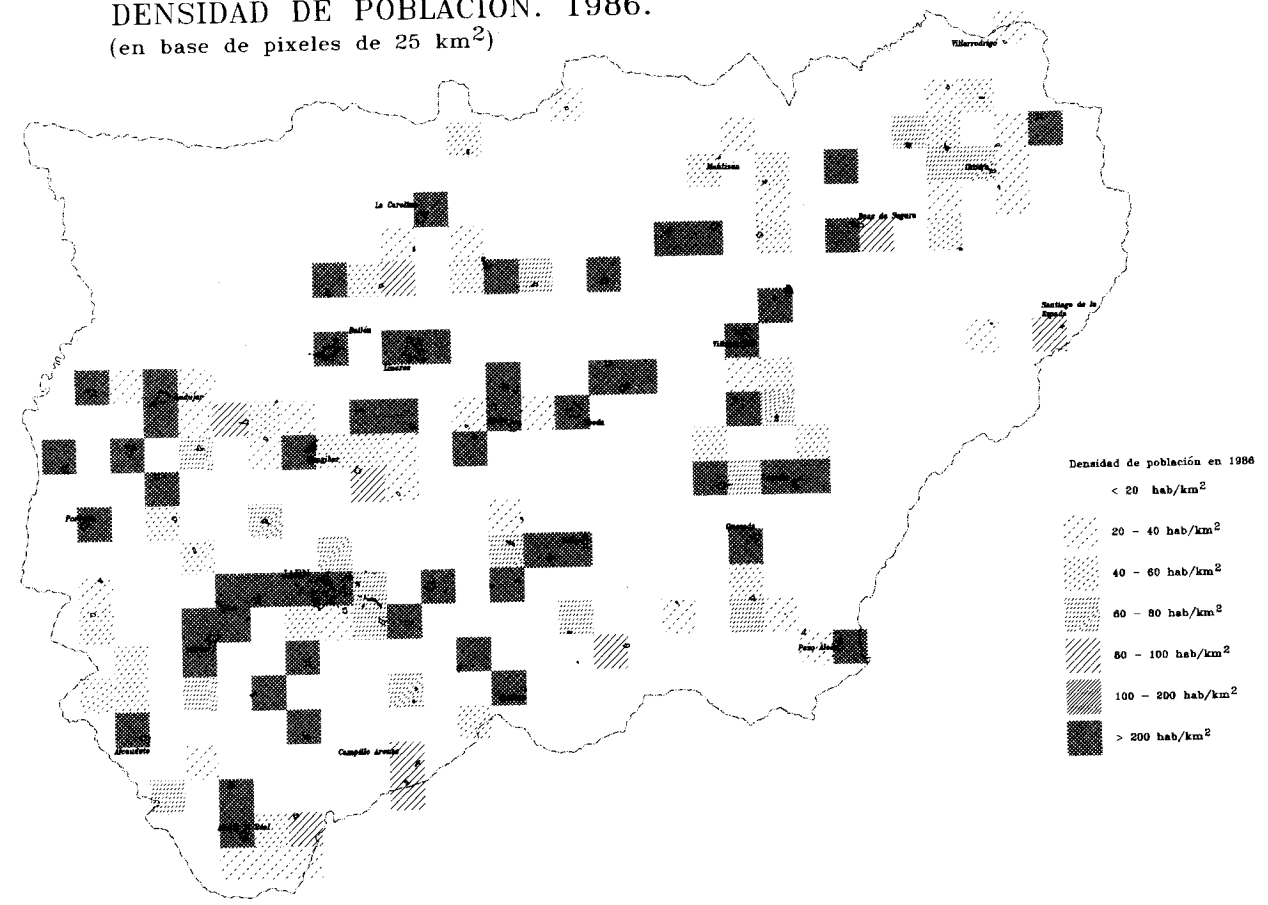
- Redactar unos textos explicativos (a ser posible, con fotografías) que hagan más comprensible cada capítulo y/o mapa del atlas.

EVOLUCION DE LA POBLACION. (1900-1991)



Fuente: Censos de Población. I.N.E. Delegación de Jaén.

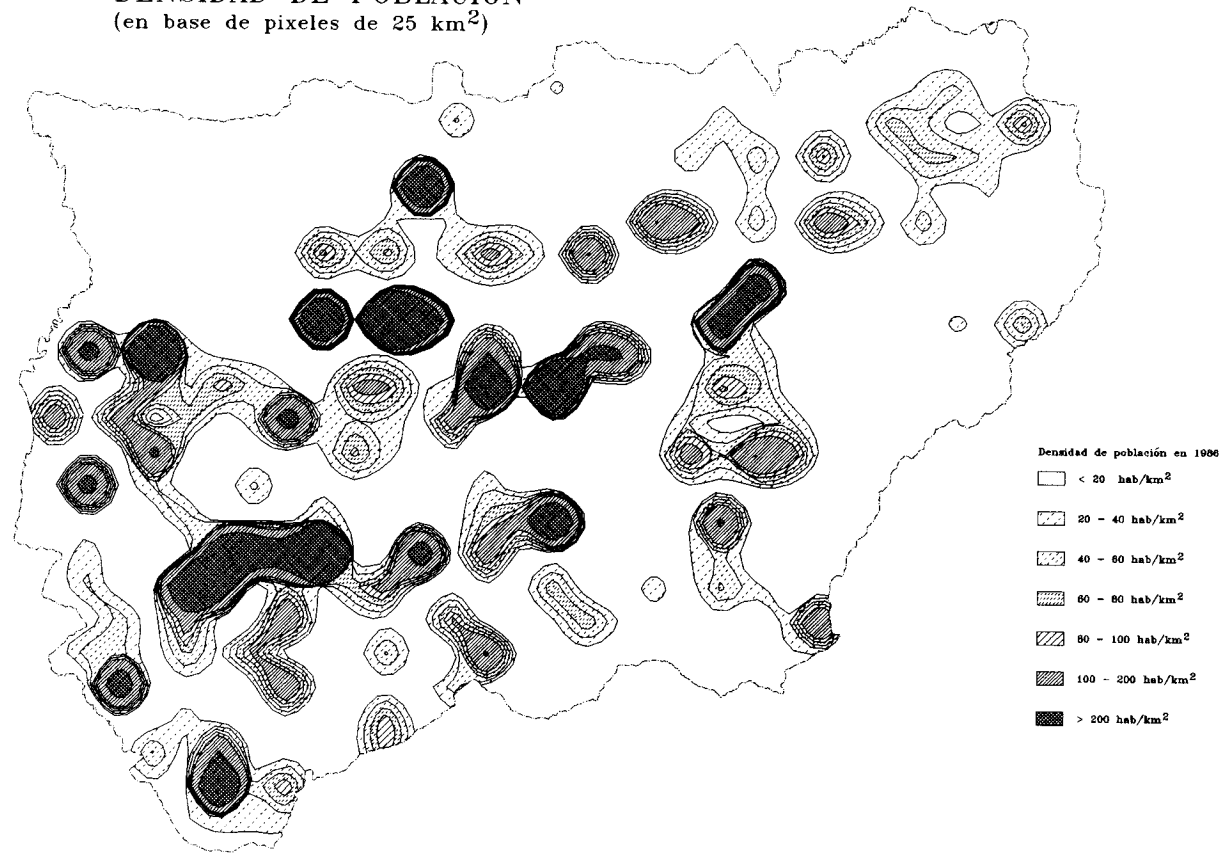
DENSIDAD DE POBLACION. 1986. (en base de pixeles de 25 km²)



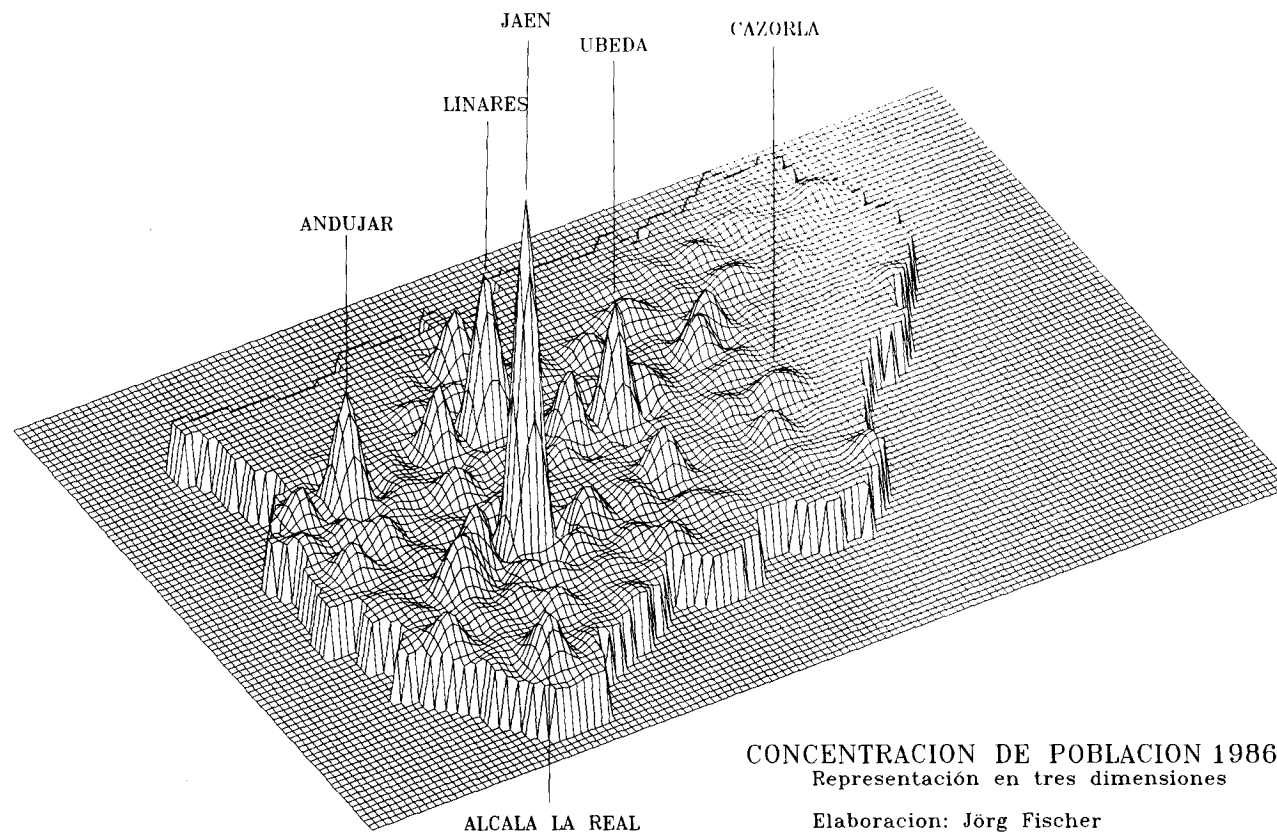
Elaboración: Jorg Fischer
Fuente: Nomenclator de población 1986; I.N.E.

DENSIDAD DE POBLACION

(en base de pixeles de 25 km²)



Fuente: Nomenclator de población 1986; I.N.E.



CONCENTRACION DE POBLACION 1986
Representación en tres dimensiones

Elaboracion: Jörg Fischer

NOTAS:

1.- Este equipo, en realidad responsable del Atlas, lo integraban los geógrafos: Emilio Arroyo López, Diego Compán Vázquez, Carmen Egea Jiménez, Jörg Fischer y Rafael Machado Santiago (coordinador).

2.- Para el mismo procedimiento hay varias alternativas, una de ellas, y probablemente la más rápida, sería la utilización del lenguaje LISP para poder insertar los símbolos directamente desde la superficie del programa CAD sin tener que salir siempre del sistema.

3.- Los defectos en la representación de los sistemas sencillos sin grandes exigencias al equipo informático, nos obligó, para la representación de los resultados de la información, a elaborar un puente entre estos programas y el sistema CAD utilizado para la representación por plotter.

4.- La selección de las distintas escalas para cada mapa es un trabajo evidentemente clave pues "entre mapas de escala muy desigual no hay solamente diferencias cuantitativas, según la talla del espacio representado, sino también diferencias cualitativas, pues un fenómeno no puede ser representado más que a una cierta escala; a otras escalas no es representable o su significación es modificada." (Lacoste, J. 1977; "La geografía, un arma para la guerra").

5.- Otro tema fundamental es el que alude al conocimiento de la expresión gráfica, a su lenguaje en concreto, para poder realizar una idónea elección de la representación. Esto, que en nuestro país no se ha tenido muy en cuenta hasta hace poco, es básico a la hora de elección del coloreado o sombreado, tipo de símbolo y su proporción, ya que entraña una lectura peculiar y una percepción desigual.

6.- Como hemos mencionado, el programa CAD sirve como programa para la realización de la impresión a través de la plotter, obteniendo un resultado satisfactorio para la representación de información vectorial, pero está muy limitada para la representación espacial a través del Bitmap (píxeles, mallas cuadrículadas, etc.), frecuentemente utilizado por los programas del SIG. Una solución para este problema ofrece la nueva tecnología de las impresoras de inyección (o chorro de tinta), ya que están en el mercado tamaños de hasta A0, por lo que cubren la laguna de representación de calidad bastante buena.