

Sistemas de información geográfica temporal

Marino PALACIOS MORERA

«Es posible que una aproximación a la combinación de la interpretación de las configuraciones geográficas presentes y la interpretación de los acontecimientos históricos pueda hacerse, en geografía, a través del método de proyección de sucesivas imágenes de geografía histórica de un mismo lugar. Un intento de desarrollar una imagen en movimiento produciría una variación continua tanto en el tiempo como en el espacio que reflejaría, en efecto, la realidad en toda su complejidad, pero parece estar por encima de nuestra capacidad incluso de visualizar y, a buen seguro, de interpretar».

Richard Hartshorne, 1939

1. TIEMPO Y GEOGRAFÍA

El tiempo es un fenómeno que sólo puede ser percibido por sus efectos, denominados paso del tiempo o cambios y que se encuentra intrínsecamente unido al concepto de espacio.

Cuando hacemos referencia a un sistema de información geográfica como administrador de datos espaciales también estamos tratando información temporal, aunque de manera implícita. Este artículo pretende hacer evidente el carácter temporal de la información geográfica, motivo por el cual, en el título, al concepto información se le ha añadido el adjetivo temporal.

Las relaciones entre el espacio y el tiempo están presentes en geografía desde los orígenes de esta disciplina como ciencia, coincidiendo con las teorías de Darwin sobre la evolución de las especies o las de Hutton y Lyell en geología, que aportan una visión de cambio de la Tierra frente a las ideas

Este texto parte de la Memoria de Licenciatura del autor **Sistemas de Información Geográfica Temporal: Aplicación a la Evaluación del Cambio ambiental en el Valle Medio del Jarama (Madrid)**, U. Complutense, Septiembre de 1993, y su Tesis Doctoral en elaboración.

estáticas anteriores (Harvey, 1983). Pero estas relaciones no se harán evidentes hasta la denominada Geografía del Tiempo, desarrollada por Hägerstrand y sus discípulos.

La Geografía del Tiempo determina las relaciones entre los individuos, el espacio y la dimensión temporal a través de conceptos como el camino o la ruta, las obras de los individuos tanto en el espacio como en el tiempo, y el proyecto, o las acciones que los individuos o los grupos proyectan en el espacio-tiempo (Thrift, 1977). Las rutas y los proyectos se plasman en composiciones denominadas cubos espacio-temporales, representaciones en las que se pretende cartografiar tanto la dimensión espacial como la temporal.

La inclusión de la variable temporal en representaciones cartográficas se desarrolla posteriormente en los estudios regionales de evolución de paisajes. Estos utilizan como herramienta de detección de las transformaciones la fotografía aérea, que permite una visión continuada de un determinado territorio, representándose los resultados tanto en sucesiones de mapas como en composiciones en un solo documento (Junta de Andalucía, 1985).

La dimensión temporal adquiere un nuevo relieve en los estudios territoriales con las nuevas tecnologías de la información, los sistemas de observación de la Tierra y los sistemas de información geográfica. La posibilidad de obtener una imagen de satélite cada 30 minutos, como es el caso del satélite meteorológico Meteosat, permite evaluar procesos que anteriormente nos estaban vedados, a lo que se añade la capacidad de los SIG de procesar la información multivariada resultante o las diversas capas de datos en las que se puede descomponer un lugar.

Surgen de esta forma proyectos que pretenden cuantificar y cartografiar esos procesos, como el programa de la CE **CORINE-land cover** (Sabaté et al., 1990), el **Canada Land Use Monitoring Program** (Thie, 1987), o, simplemente, preservar las huellas del tiempo en el paisaje, como el **Domesday Project** (Aronoff, 1989).

La inclusión de la variable temporal en los SIG como un elemento no fijo arranca de las ideas de Berry (1964) y su **matriz geográfica** (Fig. 1), en la que cada lugar aparece en una columna y la característica de ese lugar en una fila. La intersección de una fila con una columna define una celdilla o, lo que es lo mismo, un hecho geográfico. Los hechos geográficos varían en cuanto a sus características a lo largo del tiempo, creándose una **sucesión de matrices** en las que podemos comparar las diversas filas (cambios en la distribución espacial de los objetos) o las distintas columnas (cambios en el carácter de un hecho geográfico particular).

De esta forma al plantearnos un sistema de información geográfica que maneje información temporal tenemos que utilizar un **lenguaje espacio-temporal** (Harvey, 1983). Mediante este lenguaje a los objetos geográficos se les identifica no sólo por su posición relativa en el espacio (x, y, z) sino

LA MATRIZ GEOGRAFICA

(Berry, 1964)

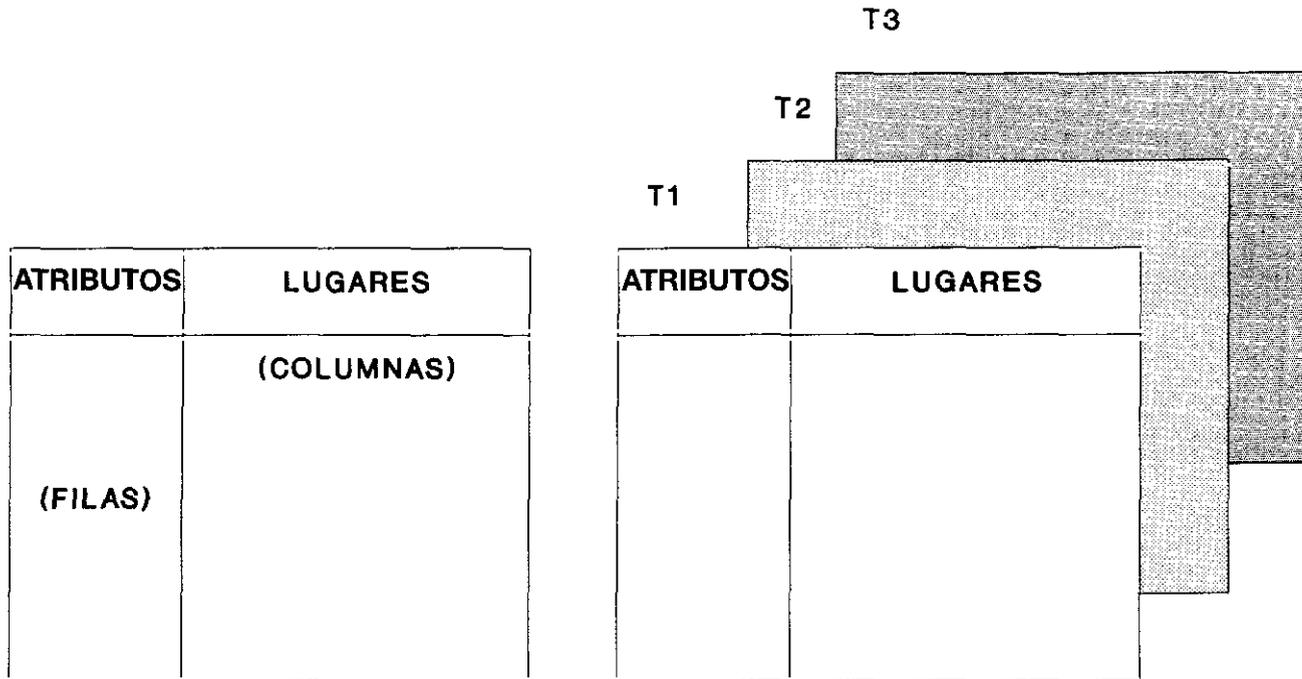


Fig. 1

también por su ubicación temporal (t). La inclusión de esta cuarta dimensión o variable temporal en los SIG permite que la información multivariada que estos sistemas administran no sólo sea tratada mediante un **lenguaje espacial**, la localización de los objetos mediante coordenadas espaciales determinadas, sino que haga referencia a procesos o cambios, a las transformaciones de los objetos a lo largo del tiempo, o a su ubicación temporal.

2. EL TIEMPO Y LOS MAPAS: CONSTRUYENDO EL TIEMPO CARTOGRÁFICO

Antes de describir las características del modelo de SIG temporal que presentamos, definido como un sistema que permite captar datos espacio-temporales, analizarlos y realizar representaciones en las que aparezca la dimensión temporal, es necesario determinar las características del lenguaje espacio-temporal al que antes nos hemos referido, y nada mejor para ello que referirnos al mapa como representación convencional del espacio.

Para Harley (1989) los mapas pueden ser considerados como textos gráficos, una forma de construcción en la que se emplea un sistema convencional de signos. Al ser un texto el mapa puede ser confeccionado e interpretado de diferentes formas, dependiendo del contexto en el que se encuentre el cartógrafo y el interprete: el mapa es un texto cultural y el contexto social es determinante en la confección de un mapa. Integrante del contexto social es la ciencia cartográfica, que considera a los mapas como formas de creación objetivas: el cometido de los mapas es producir un correcto modelo relacional del terreno ya que los hechos a cartografiar son reales y objetivos y tienen una existencia independiente del cartógrafo. De esta forma los mapas sólo pueden reflejar la dimensión espacial de la realidad, quedándose la representación de la dimensión temporal relegada a configuraciones «artísticas», no conformes a los modelos estándares de mapas.

La aceptación de que el tiempo es una dimensión a representar mediante mapas se basa en la construcción de un discurso temporal que sea compatible con el espacial, tarea generalmente asociada a la elaboración cartográfica dentro de sistemas de información geográfica.

Aunque el tiempo no aparezca intrínsecamente reflejado en los mapas, éstos, como todo texto, pueden ser leídos teniendo en cuenta su dimensión temporal. Wood y Feels (1986) indican que el tiempo está presente siempre en los mapas porque éste es inseparable del espacio. De esta forma, se determinan dos características de todo mapa: el tiempo cartográfico y la escala temporal.

Todo mapa, al igual que una fotografía, refleja un estado concreto de un lugar particular en un tiempo determinado. Por lo tanto, todo mapa refleja una ubicación temporal concreta. Esta localización temporal puede

ser definida como **tiempo cartográfico** que, uniendo el lenguaje espacio-temporal a nuestro lenguaje convencional, puede dividirse a modo de los tiempos verbales: pasado, presente, futuro y condicional.

Un ejemplo de mapas en modo presente son los mapas de carreteras que se publican cada año y en los que la ubicación temporal, la fecha, aparecen en portada. Los mapas en tiempo pasado se refieren a situaciones espacio-temporales pretéritas y pueden ser tanto temáticos como fisiográficos («Mapa de la Provincia de Extremadura, Madrid, año 1798», I.G.N., Madrid, 1990). Los mapas condicionales son aquellos que representan situaciones que hubieran ocurrido si se hubiese producido un hecho determinado, y pueden ser muy útiles al evaluar políticas territoriales pasadas. Los mapas futuros se refieren a situaciones que se infieren a partir de datos presentes o pasados. Y, cómo no, también existen mapas fantásticos que no se rigen por nuestras convenciones espaciales o temporales, como son los mapas realizados por J.R.R. Tolkien para su Tierra Media (Fonstand, 1993).

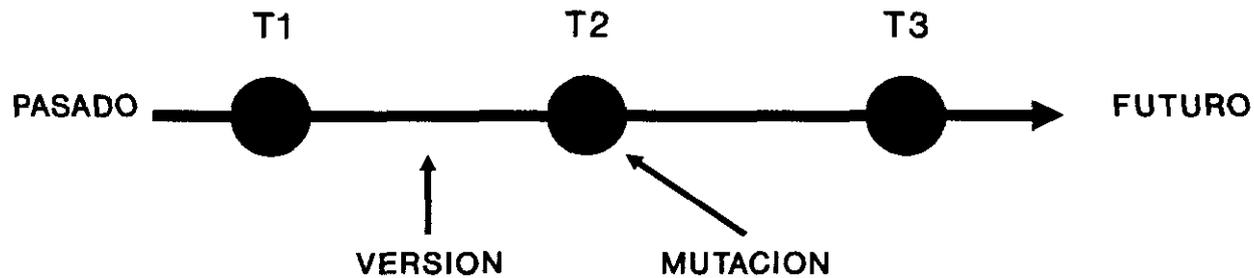
En cuanto al código temporal en los mapas, si la escala espacial es la relación entre el espacio del mapa y el espacio real, la **escala temporal** es la relación entre el tiempo del mapa y el tiempo real. Como ejemplo, podemos mostrar en un monitor una sucesión de imágenes de satélite de un mismo año que ilustre las transformaciones de un paisaje en el intervalo de 1 minuto: hemos comprimido 1 año en 1 minuto o, lo que es lo mismo, 1:525.600. O, simplemente, podemos utilizar nuestra medida del tiempo (el calendario) y ubicar el mapa de acuerdo a su localización temporal.

Además del tiempo cartográfico y la escala temporal para determinar las características de un SIG temporal es necesario determinar una **topología temporal** que, en lugar de establecer la conectividad entre los objetos teniendo en cuenta las relaciones espaciales, establezca las relaciones temporales de esos mismos objetos.

Langran (1992) presenta una topología temporal paralela a una espacial. Siguiendo a Parkes y Thrift (1980) explica el tiempo dentro de la Teoría General de Sistemas. El tiempo sería un sistema con una estructura en **episodios**, es decir, una sucesión de mutaciones que transforman una versión en la siguiente (Fig. 2). En una hipotética línea que va del pasado al futuro se suceden una serie de estados de entidades determinadas (**versiones**) que son transformados en otros por mutaciones. Ampliando estas ideas, y considerando el estado como paralelo temporal del mapa, un **estado** consistiría en la configuración espacial de los objetos en un momento determinado. De esta forma un estado pasa a otro mediante un **evento**, y los objetos que configuran esos estados (que se encuentran en una versión determinada) pasan de una versión a otra mediante una **mutación**, como refleja la figura 3 con un ejemplo real en el valle del río Jarama.

De esta forma se pueden establecer una serie de paralelismos entre la topología espacial y la temporal mediante conceptos equivalentes espa-

TOPOLOGIA TEMPORAL



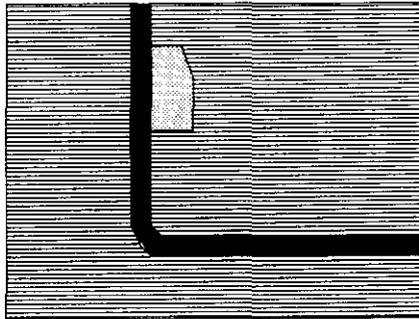
(A partir de Parkes y Thrift, 1980)

Fig. 2

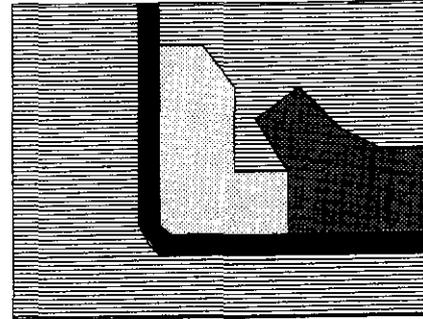
TOPOLOGIA TEMPORAL

ESTADO 1

ESTADO 2



(EVENTO)



VERSION 1



REGADIO



GRAVERA



CURSO DE AGUA

(MUTACION)

VERSION 2



REGADIO



GRAVERA



CURSO DE AGUA



INDUSTRIAL

Fig. 3

ciales/temporales: mapa/estado; líneas/eventos; objetos espaciales/versiones; fronteras/mutaciones; longitud o área/duración; coordenadas/ubicación en el tiempo, etc.

Determinando una topología temporal es posible representar el tiempo (el espacio-tiempo) mediante mapas convencionales teniendo en cuenta diferentes concepciones del tiempo cartográfico, desarrolladas todas ellas a partir de los cubos espacio-temporales de la Escuela de Lund.

La primera de estas concepciones es la denominada **secuencia de estados** (Fig 4). Esta concepción (Langran, 1992; Langran y Chrisman, 1988; Monmonier, 1990) considera a los mapas como estados independientes a modo de una partida de ajedrez, en la que cada jugada puede ser considerada como un estado diferente. El principal problema de esta concepción es que representa estados pero no los eventos que han propiciado el cambio de un estado en el siguiente, además de la gran cantidad de datos a manipular cuando manejamos series temporales largas.

La segunda concepción del tiempo cartográfico es la que podemos denominar como **variación de estados** (Fig. 5). En esta concepción partimos de un estado inicial al que sólo se le añaden los eventos que se han producido, es decir, las entidades que han variado, reduciendo significativamente la información al representar únicamente los cambios (Langran, 1992).

Por último, la **composición espacio-temporal** (Fig. 6) consiste en un mapa-estado base al que, para cada aniversario elegido, se le superponen los cambios producidos, siguiendo la técnica de variación de estados. De esta forma, obtenemos una composición de objetos discretos que «cuenta» una historia particular mediante la inclusión de atributos que señalan las mutaciones producidas en las diferentes entidades. Este método permite un fácil acceso a la información y la posibilidad de seguir la ruta de cada objeto a lo largo del tiempo aunque, en series temporales largas, fragmenta excesivamente la información generándose unidades muy pequeñas.

3. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA TEMPORAL

Aunque todo hecho geográfico presenta tres componentes (posición, atributo y tiempo) los SIG actuales sólo utilizan los dos primeros, obviando la dimensión temporal (Perez-Ruy Díaz, 1992).

La importancia de que el tiempo en los estudios geográficos no sea fijo se basa en las diferentes funciones que permite la información histórica: identificar eventos o circunstancias críticas y predecir, visualizar y controlar las consecuencias de distintos eventos (Visvalingam, 1991; Vrana, 1989).

Estas funciones de la información histórica y la localización temporal o tiempo cartográfico (pasado, presente, futuro y condicional) de los hechos geográficos determinan los temas a tratar por un SIG temporal.

CONCEPCIONES DEL TIEMPO CARTOGRAFICO

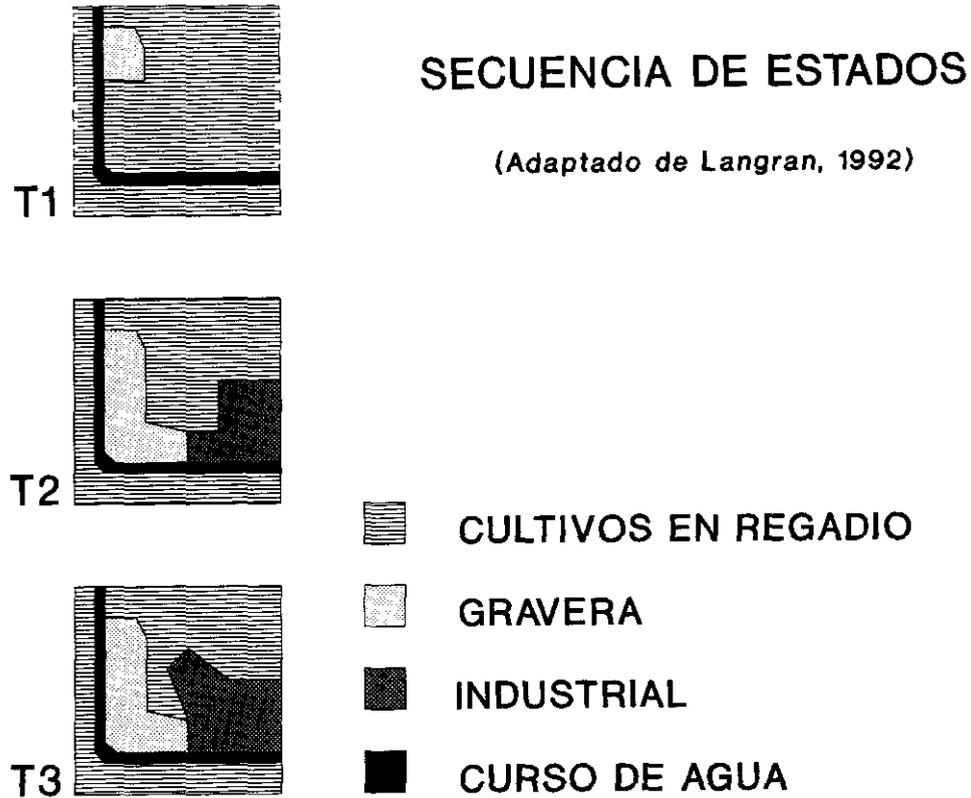


Fig. 4

CONCEPCIONES DEL TIEMPO CARTOGRAFICO

VARIACION DE ESTADOS

(Adaptado de Langran, 1992)

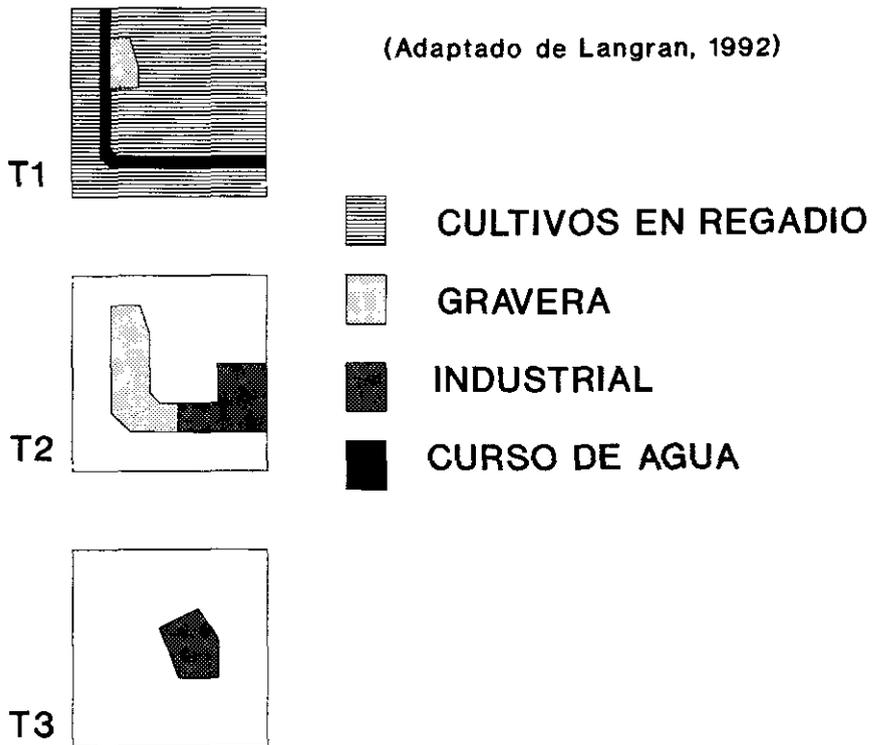
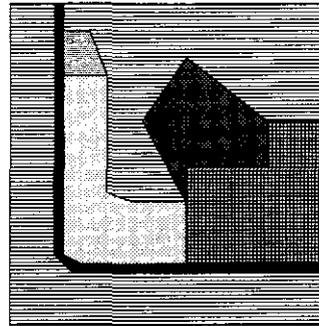


Fig. 5

CONCEPCIONES DEL TIEMPO CARTOGRAFICO



**COMPOSICION
ESPACIO-TEMPORAL**
(Adaptado de Langran, 1992)

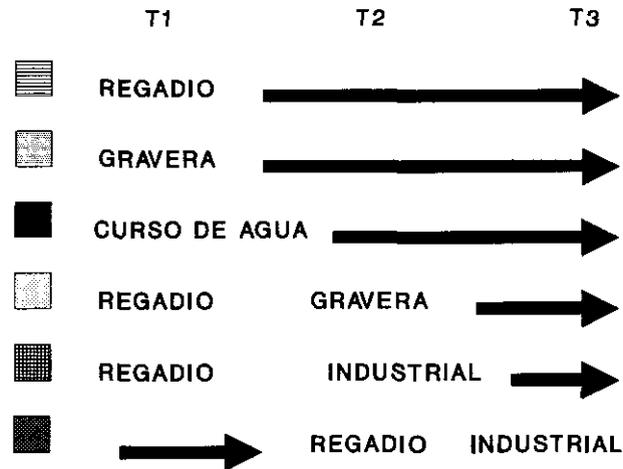


Fig. 6

Los hechos geográficos ubicados temporalmente en el pasado permiten un tipo de análisis basados en la descripción, encuadrándose en este grupo los estudios sobre cambio ambiental (las transformaciones de la Tierra propiciadas por la evolución de las actividades humanas), los procesos naturales (climáticos o morfodinámicos, por ejemplo) o los estudios sobre evolución urbana.

Si queremos evaluar políticas o acciones pasadas debemos comparar los fines esperados de esas actuaciones con los resultados conseguidos, utilizando un tiempo cartográfico condicional. Este tipo de análisis puede ser planteado en la evaluación de políticas urbanísticas, agrícolas o ambientales.

El control puede ser la función principal de un SIG temporal en cuanto a los hechos geográficos situados en el presente. Este puede ser el caso de análisis sobre expansión urbana, control de procesos de degradación ambiental o de riesgos naturales como la sequía.

En un SIG temporal también podemos utilizar un tiempo futuro en el que visualicemos situaciones espacio-temporales que pueden llegar a suceder. Podemos plantear este tipo de análisis en temas en los que recreemos situaciones futuras a partir de datos presentes o pasados: propuestas de planeamiento, de ubicación de actividades concretas atendiendo a las dinámicas anteriores, de protección de espacios, etc.

Un sistema de información geográfica que maneje información histórica o temporal se puede articular en tres conceptos básicos en todo sistema de información: el tipo de datos y su obtención, la entrada al sistema de éstos y su posterior manipulación y la representación de la información obtenida a partir de los datos de entrada.

3.1. La captación de los datos

La captación de los datos en un sistema de información geográfica temporal puede ilustrarse mediante las técnicas empleadas en teledetección (tanto fotografías aéreas como imágenes de satélite) para la detección del cambio ambiental (Palacios Morera, 1992).

Los datos contenidos tanto en las fotografías aéreas como en imágenes de satélite se convierten en información temporal mediante diversos procedimientos (Jensen, 1986): reales digitales o mejoras en una imagen en el contexto de una aplicación particular (sustracción de las cuentas digitales entre dos imágenes, cociente o ratio entre las bandas de diferentes imágenes, análisis de componentes principales o el empleo de diversos filtros digitales); la comparación visual de imágenes o la detección de cambios mediante clasificación de imágenes (comparación de clasificaciones o clasificación de una imagen multitemporal). De esta forma podemos convertir datos espaciales en información espacial con carácter temporal, teniendo en cuenta una serie de requisitos como son la adecuada elección de los aniversarios a analizar, el conocimiento del área de estudio, la correcta elec-

ción de la fuente de información (sensor o sensores, fotografía aérea u otros documentos), las adecuadas correcciones geométricas y radiométricas si se pretenden comparar imágenes o la elección de la técnica a emplear para determinar la naturaleza de las divergencias de la zona de estudio.

3.2. La organización de la información temporal

La organización de la información temporal puede subdividirse en la entrada de los datos al sistema, la organización de los mismos y su manipulación.

Entrada de los datos

El soporte en el que se presenta la información temporal puede ser variado, desde tipos analógicos (mapas temáticos, fotografías aéreas u ortofotomágenes espaciales) a digitales (imágenes de satélite y sus productos como clasificaciones digitales o modelos digitales del terreno), así como los tipos de datos espaciales a tratar (datos puntuales, 0-dimensionales; lineales, unidimensionales; superficiales, datos bidimensionales y volúmenes, superficies tridimensionales).

Asimismo, las estructuras de los datos pueden presentar dos formas: vectorial y teselar (Bosque Sendra, 1992; Cebrián, 1988; Tomlin, 1990).

En un modelo de celdas la información temporal se representaría mediante la sucesión de estructuras teselares, en una concepción del tiempo en secuencia de estados, como muestra la figura 7.

En un modelo vectorial los diferentes objetos (líneas, puntos o superficies) se relacionan mediante un modelo topológico de líneas, nodos y cadenas que determinan polígonos asociados a atributos (fig. 8).

La utilización de uno u otro modelo dependerá de los tipos de fuentes de datos y de la aplicación concreta que busquemos. Por ejemplo, las imágenes de satélite digitales o los productos raster generados a partir de ellas pueden ser incorporados directamente a un SIG de carácter temporal, teniendo en cuenta la complementariedad entre SIG y teledetección (Chuvieco, 1990). En el caso de mapas temáticos de puntos, líneas y superficies pueden incorporarse al sistema mediante digitalización vectorial, atendiendo a la corrección de errores que es necesaria cuando se maneja un gran volumen de datos, el etiquetado de los diferentes polígonos y, especialmente, la coherencia entre los datos de las diferentes capas temporales. En muchos casos será necesaria la conversión del formato de los datos como, por ejemplo, cuando deseemos combinar información obtenida de la interpretación visual de una fotografía aérea con la clasificación de una imagen de satélite digital. En estos casos serán necesarios diversos procedimientos para convertir la información raster en vectorial o la vectorial en raster (Star y Estes, 1990).

ESTRUCTURA DE LOS DATOS

MODELO RASTER

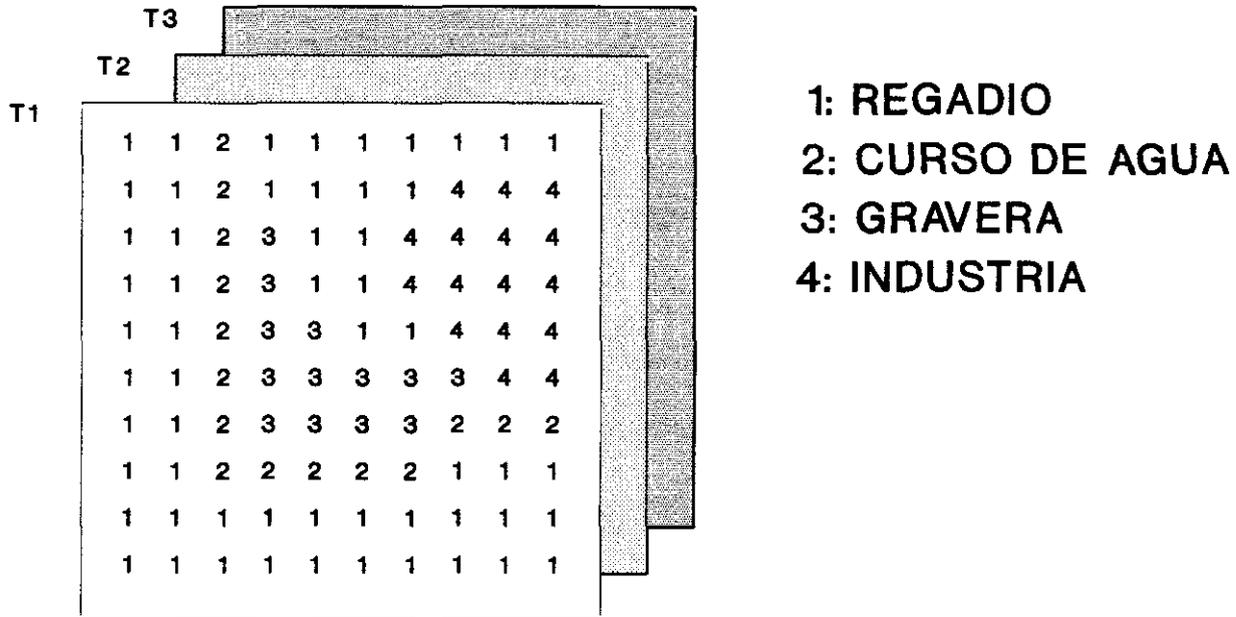
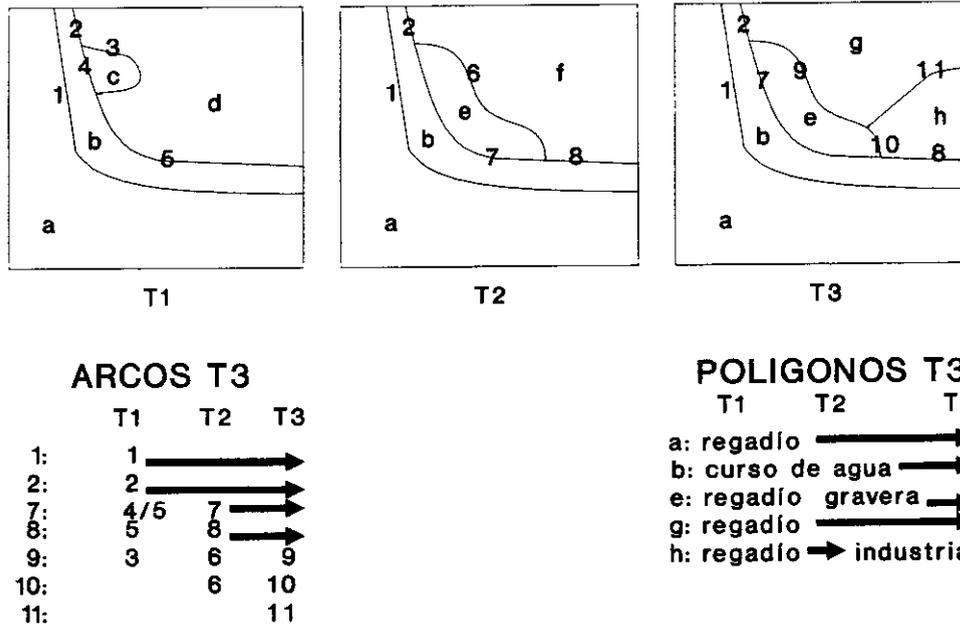


Fig. 7

ESTRUCTURA DE LOS DATOS

MODELO VECTORIAL



(Adaptado de Langran, 1992)

Fig. 8

Organización y manipulación de los datos

La organización de la información temporal puede materializarse empleando los conceptos de variación de estados y el de **overlay** o superposición de capas. Este término (Burrough, 1986) se basa en que el mundo real se descompone en una serie de capas cartográficas que capturan una única dimensión de esa realidad (topografía, hidrografía, usos del suelo, infraestructuras de conexión, etc.). Si utilizamos un diagrama con dos coordenadas espaciales, una de ellas en perspectiva (fig. 9), obtenemos una representación bidimensional del espacio, que puede ser subdividido según sus diferentes atributos en una serie de estratos. Representando en las diferentes capas la información temporal, según la variación de estados, obtenemos una estructura en la que cada cobertura hace referencia al estado del territorio representado en un tiempo determinado.

----- Al mismo tiempo, es necesario estructurar los atributos mediante tablas que recojan el carácter de la variación entre los diferentes aniversarios.

Una vez organizada la información en el sistema hay que realizar procesos de manipulación (mecanismos de control de errores) y análisis de la información temporal (forma de acceso a los datos espacio-temporales).

De esta forma obtenemos resultados tanto estadísticos como cartográficos, estáticos (¿cuál era el estado en un momento determinado?) y dinámicos (¿qué ha cambiado del tiempo t al $t+1$) así como clasificaciones (¿cuál ha sido el área que ha cambiado más?).

3.3. Cartografía temporal

Los métodos para representar la información espacial de carácter temporal, como parte integrante de un SIG temporal, pueden englobarse en estáticos y dinámicos.

Los métodos estáticos de representación del tiempo se basan en **secuencias** o la representación de diversos textos gráficos de un mismo lugar en fechas diferentes, dentro de una concepción temporal de secuencia de estados. En este método se pueden utilizar diversos soportes: mapas convencionales, fotografías, fotografías aéreas o imágenes de satélite. Este método presenta diversos inconvenientes como que, en series largas, los documentos se multiplican hasta no hacerlos operativos, siendo, además, difícil determinar la historia de un hecho geográfico, al estar representado cada evento o cambio en un documento diferente.-----

Para evitar algunos de estos inconvenientes podemos utilizar **mapas de cambio** o **composiciones espacio-temporales** (Alguacil García, 1983; Anderson, 1977; Díaz Muñoz, 1984), en los que, mediante una determinada codificación, se describe la ruta de cada hecho geográfico en el intervalo temporal analizado, como muestra la figura 6.

LA ORGANIZACION DE LA INFORMACION TEMPORAL

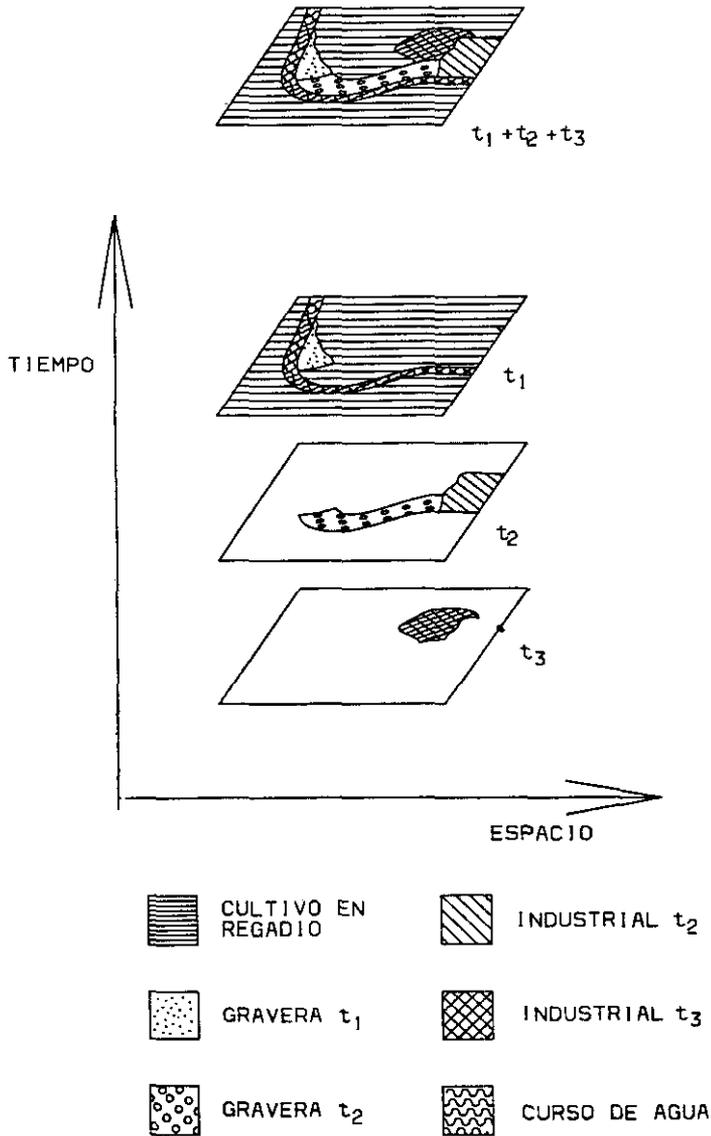


Fig. 9

En lugar de presentar la información temporal en un documento rígido podemos realizar **animaciones visuales** mediante ordenador (Campbell y Egbert, 1990), definidas como la visualización de los diferentes elementos de un mapa (en este caso estados temporales) en un orden particular y con un intervalo temporal entre la presentación de las versiones. Estas composiciones dinámicas presentan como principal ventaja frente a los mapas convencionales (MacEachren y DiBiasi, 1991) un manejo individualizado de la información por parte de cada usuario (control de la escala temporal y espacial, paradas para examinar detalles particulares, ampliaciones, posibilidad de interrogar al sistema sobre un hecho determinado, etc.).

Finalmente, la representación de la información temporal no sólo se puede ceñir a mapas, fotografías aéreas o imágenes de satélite, sino que también abarca fotografías convencionales, imágenes de video, gráficos, textos o el sonido, información muy diferente que puede ser incorporada al sistema mediante procedimientos multimedia, creando así **sistemas multimedia temporales**, en los que se accede a la información tanto por sus coordenadas espaciales como por sus coordenadas temporales.

4. A MODO DE CONCLUSIÓN

En la cita con la que comienza este artículo Richard Hartshorne señala su anhelo de una metodología capaz de presentar el espacio como un hecho en constante cambio que es preciso analizar si queremos comprender un poco más la realidad. Este trabajo ha pretendido mostrar un esbozo de ese método uniendo conceptos tan difíciles de acotar como son la geografía, el tiempo, la cartografía o la información y su manejo y que nosotros hemos englobado bajo el nombre de sistemas de información geográfica temporal.

Los sistemas de información geográfica temporal pueden ser utilizados en estudios que pretenden describir, cuantificar, visualizar y analizar las transformaciones ambientales y los procesos de degradación que traen aparejados en un espacio concreto a lo largo de un intervalo temporal (Palacios Morera, 1994), en estudios de dinámica del paisaje (Sancho Comins et al., 1993) o en la evolución de los usos del suelo (Comas et al., 1992).

Además de este tipo de estudios, metodologías y conceptos similares a los presentados aquí pueden tener numerosas aplicaciones en análisis territoriales.

Los estudios históricos o la descripción de procesos territoriales son una aplicación fundamental de este tipo de sistemas, ya sea en estudios ambientales como el descrito, anteriormente, en análisis de procesos naturales, en dinámicas de espacios urbanizados, especialmente en áreas periurbanas o en estudios históricos de evolución urbana.

La evaluación de los efectos de determinadas políticas sobre el territorio (ya sea en el pasado o sus posibles consecuencias futuras) es otro campo en el que se pueden aplicar estas técnicas. Un ejemplo podría ser el control y seguimiento de las políticas de abandono de tierras así como los planes de reforestación que se están desarrollando en la actualidad, utilizando tanto sistemas de información temporal como técnicas de teledetección.

Pero una de las aplicaciones más significativas de este tipo de sistemas geográficos puede ser la actualización cartográfica y estadística en campos como la información catastral o en inventarios de carácter ambiental, como las cartografías y estadísticas de ocupación del suelo.

De todas formas, y para concluir, aún quedan muchos temas para investigar respecto a este tipo de metodologías como son una definición adecuada del concepto de tiempo en estudios territoriales; el desarrollo de un lenguaje espacio-temporal que incluya la cuarta dimensión en análisis geográficos; la adecuación de los métodos de captación de datos y la posibilidad de manejar datos en tiempo real; la creación de técnicas que permitan utilizar series temporales largas de forma eficaz y, uno de los temas claves, la implementación en SIG temporales de sistemas de representación de la variación del espacio a lo largo del tiempo.

REFERENCIAS

- Anderson, J.R. (1977): «Land use and land cover changes -a framework for monitoring», *Journal Research U.S. Geological Survey*, n.º 5 (2), pp. 143-153.
- Alguacil García, P. (1983): *Sierra de Ayllón (Vertiente Sur): Valoración del Cambio de Usos del Suelo (1956-1980)*, Memoria de Licenciatura, U. Complutense, Madrid.
- Aronoff, S. (1989): *Geographic Information Systems: a Management Perspective*, WDL Publications, Ottawa.
- Berry, B. J. L. (1964): «Approach to regional analysis: a syntesis», *Annals of the Association of American Geographers*, n.º 54, pp. 2-11.
- Bosque Sendra, J. (1992): *Sistemas de Información Geográfica*, Rialp, Madrid.
- Burrough, P. A. (1986): *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment*, Clarendon Press, Oxford.
- Campbell, C. S. y Egbert, S.L. (1990): «Animated cartography/Thirty years of scratching the surface», *Cartographica*, n.º 27(2), pp. 24-46.
- Cebrián, J. A. (1988): «Sistemas de información geográfica» en Rojo, F. et al.: *Aplicaciones de la Informática a la Geografía y las Ciencias Sociales*, Síntesis, Madrid.
- Comas, D. et al. (1992): «Evolución de los usos del suelo en la Alta Garrotxa entre 1957-1989» en *I Congreso AESIGYT*, AESIGYT, Madrid, pp. 454-465.
- Chuvieco, E. (1990): «Teledetección y S.I.G.: ¿técnicas paralelas y convergentes?» en *Actas del IV Coloquio de Geografía Cuantitativa*, Palma de Mallorca, pp. 25-41.
- Díaz Muñoz, M. A. (1984): «Criterios para el análisis de evolución de usos del suelo en zona de montaña: aplicación a un sector de Somosierra», *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, n.º 4, pp. 131-147.

- Fonstad, K. W. (1993): *Atlas de la Tierra Media*, Timun Mas, Barcelona.
- Hartshorne, R. (1939): «La naturaleza de la geografía: conclusión» en Gómez Mendoza, J.; Muñoz Jiménez, J. y Ortega Cantero, N. (1982): *El Pensamiento Geográfico*, Alianza Editorial, Madrid, pp. 355-365.
- Harley, J. B. (1989): «Deconstructing the map», *Cartographica*, n.º 26(2), pp. 1-20.
- Harvey, D. (1983): *Teorías, Leyes y Modelos en Geografía*, Alianza Universidad, Madrid.
- Jensen, J. R. (1986): «Change detection» en *Introductory Digital Image Processing. A Remote Sensing Perspective*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, pp. 234-253.
- Junta de Andalucía (1985): *Evaluación de los Paisajes y Ordenación del Territorio en Andalucía Occidental*, I.T.U.R., Madrid.
- Langran, G. (1992): *Time in Geographic Information Systems*, Taylor and Francis, Londres.
- Langran, G. y Chrisman, N.R.(1988): «A framework for temporal geographic information», *Cartographica*, n.º 25(3), pp. 1-14.
- MacEachren, A. M. y DiBiasi, D.(1991): «Animated maps of aggregate data: conceptuals and practicals problems», *Cartography and Geographic Information Systems*, n.º 18(4), pp. 221-229.
- Monmonier M. (1990): «Strategies for the visualization of geographic time-series data», *Cartographica*, n.º 27(1), pp. 30-45.
- Palacios Morera, M. (1992): «Cambio ambiental, teledetección y sistemas de información geográfica temporal» en *Actas del V Coloquio de Geografía Cuantitativa*, Universidad de Zaragoza, Zaragoza, pp. 291-304.
- Palacios Morera, M. (1994): «Sistemas de Información Geográfica Temporal: Aplicación a la Evaluación del Cambio Ambiental en el Valle Medio del Jarama (Madrid)», *Mapping*, n.º 15, pp. 29-31.
- Parkes, D. y Thrift, N. (1980): *Times, spaces, and Places: a Cronogeographic perspective*, John Wiley and Sons, Chichester.
- Pérez-Ruy Díaz, J. A. (1992): «El tratamiento de datos temporales en los sistemas de información geográfica» en *I Congreso AESIGYT*, Asociación Española de Sistemas de Información Geográfica y Territorial, Madrid, pp. 295-304.
- Sabaté, A. et al. (1990): «Dinámica de los espacios rurales y medio ambiente: teledetección y SIG para su evaluación» en *XII Congreso Nacional de Geografía*, Valencia, pp. 351-355.
- Sancho Comins, et al. (1993): «La dinámica del paisaje: aplicaciones de los SIG raster al ejemplo de Arganda del Rey en las Vegas de Madrid», *Catastro*, n.º 18, pp. 35-51.
- Star, J. y Estes, J. (1990): *Geographic Information Systems: an Introduction*, Prentice Hall, Englewood Cliffs.
- Thie, J. (1987): «Land capability inventories and land use change monitoring in Canada» en *EUROPEAN COMMUNITIES: Statistical Assessment of Land Use: the Impact of Remote Sensing and other Recent Developments on Methodology*, EOSTAT, Luxemburgo, pp. 377-403.
- Thrift, N. (1977): «An introduction to Time-Geography» en *Concepts and Techniques in Modern Geography*, n.º 13, GeoAbstracts, Londres.
- Tomlin, C.D.(1990): *Cartographic Information Systems and Cartographic Modelling*, Prentice Hall, Englewood Cliffs.

Visvalingam, M. (1991): «Area units and the linking of data: some conceptual issues» en WORRAL, L., ed.: *Spatial Analysis and spatial Policy Using Geographic Information Systems*, Belhaven Press, Londres, pp. 12-37.

Vrana, R. (1989): «Historical data as an explicit component of land information systems», *International Journal of Geographical Information Systems*, n.º 3(1), pp. 33-49.

Wood, D. y Feels, J. (1986): «Designs on sign: myth and meaning in maps», *Cartographica*, n.º 23 (3), pp. 54-103.

RESUMEN

Este trabajo pretende contribuir al conocimiento de los sistemas de información geográfica temporal y su aplicación en geografía. En primer lugar, se estudian las diferentes visiones que ha tenido el tiempo en geografía, para continuar con las relaciones entre los mapas y el tiempo. Finalmente, se analizan los sistemas de información geográfica temporal (la captación de los datos, su organización y su representación).

RESUMÉ

Ce travail poursuit contribuer a la connaissance de les systemes d'information géographique temporelle. Premièrement, nous étudions les différentes visions qu'a eu le temps en géographie, pour continuer avec les relations entre les cartes et le temps. Finalement, nous analysons les systemes d'information géographique temporelle (la capture des doneés, leur organization et le representation cartographique).

ABSTRACT

The objective of this article is to contribute to the knowledge of temporal geographic information systems and its applications in geography. First at all, we study the differents visions of the time in geography. Then, we introduce the relations betwen maps and time. Finally, we analyze the temporal geographic information systems (the capture of dats, their organization and the temporal cartography).