

Sistemas de representación y cartografía temática. Evolución de las densidades de población de las provincias españolas en el período 1900-1981

Juan Antonio CEBRIÁN DE MIGUEL
Miguel GARCÍA FERRÁNDEZ

1. INTRODUCCIÓN

Presentamos en este artículo algunas soluciones de automatización en cartografía temática, que se han desarrollado, durante el último curso, gracias a la colaboración del Departamento de Geografía Humana de la Facultad de Geografía e Historia de la Universidad Complutense y el Centro de Cálculo de dicha Universidad.

La iniciativa de este tipo de trabajos tiene su origen en la necesidad, crecientemente sentida, de dotar a la investigación geográfica de las nuevas herramientas de trabajo y de presentación de resultados que ofrecen las más recientes aplicaciones informáticas.

El estado actual de los métodos de tratamiento de imágenes digitales y de representación gráfica mediante ordenador, aporta tal cúmulo de ventajas —de extraordinaria significación en el desarrollo metodológico de las ciencias espaciales—, que resulta muy deseable su pronta asimilación por la Geografía española¹.

El empleo de medios informáticos en investigación geográfica, para resolver problemas de diseño gráfico y cartográfico, aporta una mayor

¹ Hace años ya que la Geografía anglosajona y centroeuropea se beneficia ampliamente de las prestaciones de la tecnología informática en resolución de problemas de representación gráfica y cartográfica. En España también existen algunos trabajos realizados por geógrafos en los que se han utilizado, en la presentación de los resultados de la investigación, programas de cartografía automática (Bosque Sendra, J., 1980; Faus Pujol, M., y Calvo Palacios, L., 1977; Fernández García, F., y Moreno Jiménez, A., 1981; Moreno Jiménez, A., 1979.1, 1979.2 y 1981). De todas formas, existe todavía, en el conjunto de la Geografía española, un desconocimiento muy generalizado de las posibilidades de acceso y de los requisitos de uso de este tipo de procedimientos que, por otra parte, no son excesivamente complicados.

calidad y precisión de las representaciones, pero también, y esto es lo que nos parece realmente importante, una flexibilidad y velocidad de reproducción desconocidas hasta el momento. Este hecho posibilita realmente la incorporación de la representación gráfica y de la cartografía temática al proceso de formulación de hipótesis, y de rechazo o verificación de las mismas, que caracteriza al método geográfico, en tanto que científico-experimental (Rimbert, S., 1980).

2. LAS SOLUCIONES CLÁSICAS AL PROBLEMA DE LA REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE CARACTERÍSTICAS ESPACIALES

Durante mucho tiempo, los diversos sistemas de representación de distribuciones espaciales de características han tenido en común un aspecto fundamental: su limitación a las dos dimensiones del plano de dibujo. Este hecho impide dedicar las dos dimensiones lineales del plano a otra cosa que no sea la definición de las unidades espaciales —ya sean puntos, líneas o zonas—, no quedando ninguna otra dimensión lineal libre para la representación proporcionada de la característica en cuestión. Es necesario, por tanto, recurrir a algún sistema de signos convencionales para resolver el problema.

Los diversos sistemas de signos convencionales utilizados con este fin, aunque muy numerosos, pueden reducirse básicamente a tres (Davis, P., 1974, págs. 65-83):

- Símbolos ponderados.
- Coropletas.
- Isopletas.

El sistema de símbolos ponderados consiste en situar sobre la localización de una determinada unidad espacial —si es puntual—, o sobre la de su centroide —si es lineal o zonal— un símbolo apropiado —círculo, triángulo, etc.— cuya dimensión es proporcional al valor de la característica en dicha unidad. Posteriormente se puede decidir, en función de las necesidades de la representación, que la variación en el tamaño de los símbolos sea discreta o continua y que la escala de proporcionalidad sea la natural o que sea alguna escala transformada —logarítmica, por ejemplo, si el rango de la variable es muy amplio—.

Los mapas de coropletas son muy utilizados cuando se pretende representar la variación de una característica sobre un conjunto de unidades espaciales definidas por sus contornos. Para su elaboración es necesario establecer previamente una gama de tramas —en tonos de mayor o menor intensidad de gris, o recurriendo al empleo de diver-

sos colores— y una correspondencia entre éstas y los diversos intervalos de clasificación de la variable, que en este caso siempre tiene un tratamiento discreto. Posteriormente se traman las diversas zonas en función de la correspondencia previamente definida y del valor de la característica en ellas.

Finalmente, se utilizan los mapas de isopleas cuando se pretende representar la variación espacial de una característica que se supone continua. Las isopleas, etiquetadas adecuadamente, representan la proyección sobre el plano horizontal de las diversas intersecciones de la superficie de variación con un haz de planos horizontales uniformemente distanciados.

Llegados a este punto, aunque no es el objetivo fundamental de este artículo, y por este motivo nos limitaremos a una consideración sucinta del tema, tenemos que decir que existen ya, desde hace un cierto tiempo, soluciones informáticas a estos problemas de representación que acabamos de considerar. Todos los sistemas de representación a que acabamos de aludir pueden llevarse a cabo únicamente por medios humanos, pero su complejidad, que estimamos creciente desde los mapas de coropletas a los de isopleas, pasando por los mapas de símbolos ponderados, justifica el diseño de procedimientos informáticos que los resuelvan satisfactoriamente.

Se dispone ya de un conjunto significativo de programas de cartografía automática de esta índole, que son accesibles a la investigación geográfica en el Centro de Cálculo de la Universidad Complutense. Algunos de ellos han sido confeccionados en el curso de este último año, otros, en cambio, han sido adquiridos a instituciones extranjeras que se dedican al desarrollo de este tipo de procedimientos, o se han recibido a través de los servicios internacionales de intercambio de programas.

Entre los primeros cabe destacar programas que elaboran mapas temáticos recurriendo al sistema de símbolos ponderados (Martínez de Sola, I., 1981) y programas que confeccionan automáticamente mapas de coropletas³. En todos los casos el periférico gráfico empleado para la producción de imágenes es un plotter de precisión (Calcomp 563).

En segundo término, se cuenta, en primer lugar, con la biblioteca de programas de cartografía automática SYMAP (Laboratory for Computer Graphics & Spatial Analysis, 1980), desarrollada por el Harvard Laboratory for Computer Graphics and Spatial Analysis y que fue traída a España, en colaboración, por el Instituto Geográfico Na-

³ Actualmente se encuentra en fase de experimentación el programa MAP-TEM —de cartografía temática mediante coropletas—, desarrollado en colaboración por Cebrían de Miguel, J. A. (Departamento de Geografía Humana de la Universidad Complutense) y Herrero García, R. (Instituto Geográfico Nacional).

cional y el Instituto de Geografía Aplicada del C. S. I. C. y, posteriormente, cedida —una copia— al Departamento de Geografía Humana de la Universidad Complutense. Mediante su uso se pueden obtener mapas de coropletas, de isopletas y de proximidad, reproducidos en impresora de líneas.

También se dispone del programa GYPSY, de cartografía automática mediante plotter —de símbolos ponderados—, desarrollado por Monmonier (Monmonier, M. S., 1969), cedido al Departamento de Geografía Humana de la Universidad Complutense por el Laboratorio de Cartografía Temática de la Universidad de Strasburgo.

Por último, se puede utilizar también el programa CONTOR, desarrollado por el Virginia Polytechnic Institute and State University (Virginia Polytechnic Institute and State University, 1975), que confecciona automáticamente mapas de isopletas mediante plotter, previo ajuste de una superficie de tendencia a los datos de una muestra espacial.

3. LA REPRESENTACIÓN EN PERSPECTIVA ISOMÉTRICA DE BLOQUES DIAGRAMA

Frente a todo este conjunto de sistemas de representación a que hemos pasado revista, y que, como hemos señalado, tienen en común su limitación a las dos dimensiones del plano del dibujo, se han desarrollado recientemente aplicaciones de las técnicas de representación de sólidos geométricos a la definición de modelos de cartografía de variables espaciales en tres dimensiones.

El fundamento básico de este tipo de representaciones lo constituye el hecho de que la variación espacial de una característica puede ser descrita por una superficie tridimensional, que hace corresponder a cada punto del espacio, definido por sus coordenadas geográficas — x e y del plano horizontal—, un valor en la dimensión vertical — z —, que es el peso de la característica en el punto en cuestión. Para definir esta superficie tridimensional es necesario recurrir a procedimientos de interpolación.

Una vez construido el volumen a representar, se procede a proyectarlo sobre el plano de dibujo, considerando —en el caso de las proyecciones isométricas— que no existen puntos de fuga y que todas las líneas de la proyección constituyen un haz de paralelas.

El procedimiento, que describimos a continuación con más detalle, tiene una característica fundamental, que constituye su principal ventaja respecto de los sistemas de representación a que hemos hecho alusión hasta ahora: reservar una componente lineal en el plano de dibujo —espacio imagen—, a cada una de las componentes ortogonales del espacio origen. De esta manera, la característica a represen-

tar tiene una expresión lineal, que es la que propicia una más exacta percepción de la magnitud de un fenómeno.

Cuatro partes fundamentales se pueden distinguir en el conjunto de tareas necesarias para reproducir una vista en perspectiva isométrica de un volumen tridimensional.

La primera de ellas consiste en la definición del plano de proyección. Dado que éste es siempre el plano perpendicular a la visual dirigida al objeto desde el observador, es necesario conocer previamente las coordenadas (x, y, z) del punto en que éste se sitúa. Para resolver este problema se ha diseñado la subrutina VISTA, en la que se calcula la matriz de transformación que se utiliza posteriormente para proyectar el volumen a representar, punto a punto.

En segundo término, hay que resolver el procedimiento de cálculo de las coordenadas en el plano de dibujo de la imagen de un punto del volumen, en función de las coordenadas (x, y, z) de éste en el espacio origen y de la definición previa del plano de proyección (o de dibujo).

Para ello es necesario girar el sistema de referencia, hasta que coincida la dirección de la visual dirigida desde el observador con una de sus coordenadas —utilizando para ello la matriz de transformación calculada por VISTA—, suprimiendo a continuación dicha coordenada

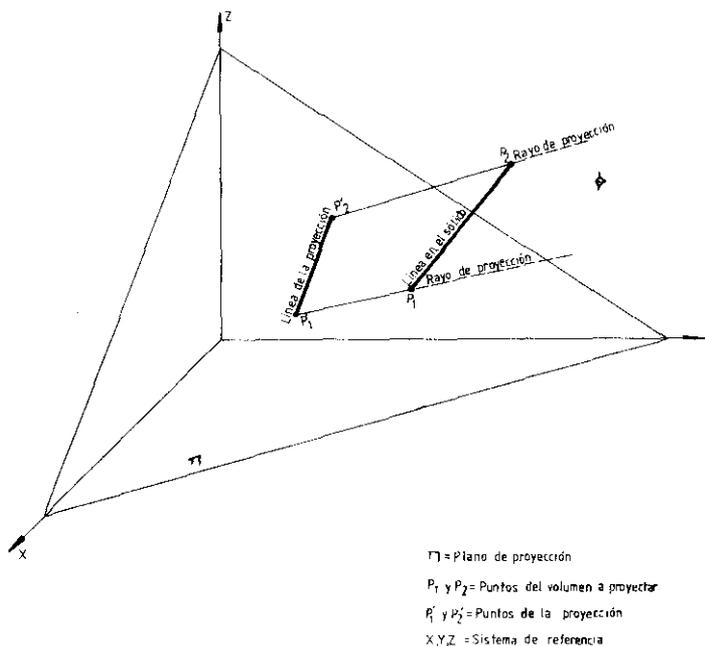


FIG. 1

en el sistema girado y considerando sólo las otras dos. Esta tarea se confía a la subrutina TRN32.

El volumen se representa por las intersecciones con una serie de planos verticales que se alejan uniformemente del observador, mediante sucesiones de pares de coordenadas —coordenadas en el plano de dibujo de la serie de puntos que aproxima cada una de esas intersecciones—. Para ello se precisa la conjunción de las subrutinas a que hemos hecho referencia y la de la subrutina RAY —que constituye, básicamente, una subrutina de rayado de polígonos—.

Finalmente, antes de dibujar dichas intersecciones, se requiere un procedimiento de eliminación de las partes de éstas que son ocultadas por alguna o algunas de las intersecciones más próximas al observador. La subrutina CACHE, que resuelve el problema, es una adaptación del modelo descrito por Mallet (Mallet, J. L., 1974, cap. II-4-3, págs. 57 y ss).

4. DOS ALTERNATIVAS DE REPRESENTACIÓN TRIDIMENSIONAL DE VARIABLES ESPACIALES

Teniendo en cuenta las demandas de representación de la investigación geográfica, hemos desarrollado dos modelos complementarios de confección de bloques diagrama.

El primero de ellos está diseñado para poder reproducir las variaciones de una determinada característica en el interior de un único espacio geográfico, a partir de los valores que ésta toma en los puntos en que se ha sondeado.

El programa a que nos estamos refiriendo necesita conocer, para la confección adecuada del gráfico a obtener, dos conjuntos de datos fundamentales. El primero de ellos es una descripción del contorno del área en cuestión mediante un número discreto de pares de coordenadas —que definen puntos de dicho contorno—. El segundo es una lista de valores en la que se registran las dos coordenadas y el peso de la característica en cada punto de la muestra espacial.

Para preparar la información espacial que requiere el programa —coordenadas de los puntos del contorno y de la muestra—, si no se dispone de un digitizador³, es necesario superponer sobre el mapa de referencia una retícula ortogonal y definir un origen de coordenadas. Posteriormente se van anotando las coordenadas de todos los puntos.

Supongamos un caso trivial en el que se considera un contorno muy simple y en el que sólo se ha sondeado la característica en tres puntos, para poder exponer mediante un ejemplo la forma en que se ha de registrar la información de tipo espacial que requiere el programa a que estamos aludiendo.

³ El digitizador es un tipo de sensor que convierte directamente información gráfica en información digital (Martínez de Sola, I., 1981, pp. 46-62).

De la figura 3 puede deducirse fácilmente que el contorno queda descrito por la sucesión de los tres pares de coordenadas que corresponden a los vértices del triángulo:

	<i>x</i>	<i>y</i>
a	0.9	1.9
b	2.8	1.0
c	2.5	3.5

Coherentemente, la lista de valores de la característica en la muestra, y su localización espacial, queda definida de la siguiente manera:

	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>p</i>
1.	1.4	2.0	500
2.	2.3	2.8	400
3.	2.5	1.5	250

Partiendo de estos datos, el programa, recurriendo a un procedimiento de interpolación determinado⁴, construye el volumen a representar.

Posteriormente actúa la sección del programa de dibujo, que considera todo lo visto hasta el momento y los valores que adoptan una serie de parámetros numéricos, que sirven para controlar la forma en que se va a reproducir el dibujo. En una primera aproximación, el usuario del programa puede prescindir de dar valores a los parámetros de dibujo, ya que estos toman siempre, por defecto, un valor standard. No obstante, cuando quiera, puede tenerlos en cuenta si desea hacer alguna modificación en cualquiera de los siguientes sentidos⁵:

- Cambio de tamaño del dibujo.
- Modificación del punto de vista desde el que se observa el volumen tridimensional.
- Selección de una escala vertical de proporcionalidad, distinta de la standard.

⁴ Por el momento, están disponibles dos rutinas de interpolación. La primera de ellas calcula el valor de la característica en cada punto utilizando un polinomio $z = f(x, y)$ de grado n , cuyos coeficientes ha calculado previamente un programa de ajuste de superficies de tendencia. La segunda averigua el valor de la característica en cada punto recurriendo a la siguiente ecuación:

$$z_i = \frac{\sum_{k=1}^m (z_k/d_{ik})}{\sum_{k=1}^m (1/d_{ik})}$$

en la que z_i = valor de la característica en un punto del espacio; m = número de puntos que componen la muestra espacial; z_k = valor de la característica en cada uno de los puntos de la muestra; d_{ik} = distancias lineales entre el punto en cuestión y cada uno de los de la muestra. (MacDougall, E. B., 1976, p. 112.)

⁵ Se dispone de otros parámetros de control, pero no son de tanto interés como los citados en el texto.

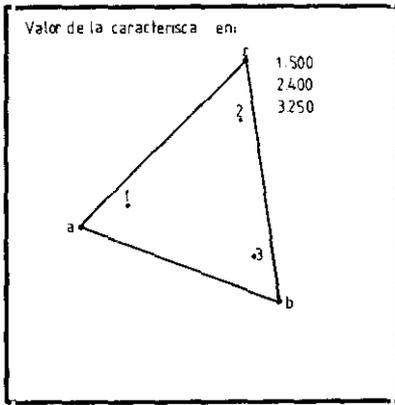


FIG. 2

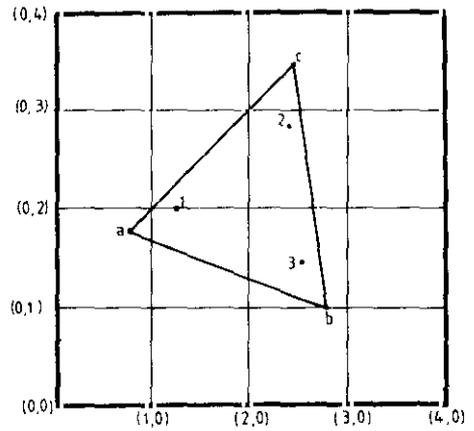


FIG. 3

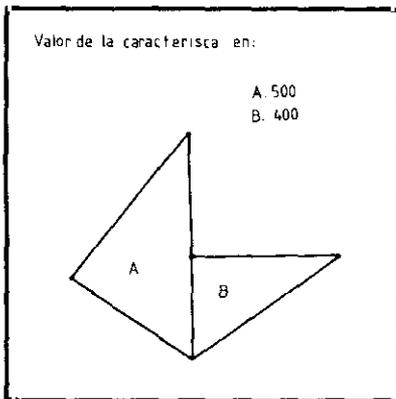


FIG. 4

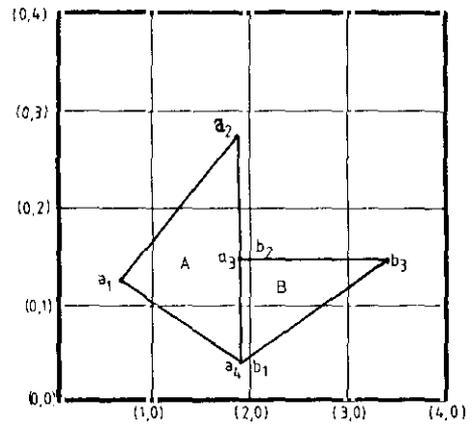


FIG. 5

El segundo programa que presentamos ha sido diseñado con el objetivo de reproducir una vista en perspectiva de un volumen tridimensional que representa la distribución de una característica sobre un conjunto de espacios geográficos, definidos por sus contornos.

Los procedimientos de dibujo son básicamente los mismos que se utilizan en el programa anterior, con ligeras modificaciones. Tampoco difieren sustancialmente los parámetros de control de que se dispone. No ocurre lo mismo, en cambio, con la naturaleza de los datos que requiere el programa, ni con el procedimiento de interpolación que utiliza éste.

Simplificando las cosas, supongamos que se trata de obtener un bloque diagrama de la distribución de una característica sobre dos espacios, definidos por sus contornos.

Superponemos una retícula ortogonal y definimos un origen de coordenadas.

Los dos contornos quedan descritos de la siguiente manera:

Contorno A	x	y
a_1	0.6	1.3
a_2	1.8	2.9
a_3	1.8	1.5
a_4	1.8	0.6
Contorno B		
b_1	1.8	0.6
b_2	1.8	1.5
b_3	3.5	1.5

Por otra parte, construimos una lista en la que aparecen los valores de la característica en el interior de cada contorno, en el mismo orden en que han sido definidos éstos:

	p
Contorno A (1.º)	500
Contorno B (2.º)	400

A partir de estos datos, el procedimiento de interpolación es tal que considera que el valor de la característica en un punto es el que corresponde al contorno al que este punto es interior. El resultado, por tanto, es un conjunto de prismas levantados sobre los contornos, de alturas proporcionales al peso de la característica en cada contorno.

5. EVOLUCIÓN DE LAS DENSIDADES DE POBLACIÓN DE LAS PROVINCIAS ESPAÑOLAS EN EL PERÍODO 1900-1981

Paralelamente al desarrollo de estos procedimientos se han ido realizando aplicaciones concretas de los mismos a la representación de variables espacialmente referenciadas⁶, pero es ésta la primera vez que se presenta una serie homogénea y completa de la evolución temporal de la distribución espacial de una característica geográfica sobre la España peninsular.

Se ha recurrido, además, a reproducir toda la serie, utilizando en todos los casos los dos procedimientos previamente descritos, para efectuar una comparación entre ambos y obtener conclusiones acerca de su idoneidad para representar determinados tipos de fenómenos⁷.

Vamos a centrarnos ahora en la discusión de las ventajas relativas de cada una de estas alternativas respecto de la otra, dejando para el último apartado de este artículo la discusión de las prestaciones de estos procedimientos de representación en relación a los sistemas a que nos hemos referido al comienzo de estas páginas.

La representación que utiliza el primer procedimiento presenta dos ventajas claras, que podemos enunciar esquemáticamente:

a) Requiere un volumen de datos de base claramente inferior.

Esto es así porque cada unidad provincial queda definida espacialmente por las coordenadas de un centroide —en este caso concreto, la capital provincial—. En el segundo tipo de representación, en cambio, para definir una unidad provincial se requiere conocer las coordenadas de todos los puntos que aproximan su contorno. Dado que por el momento no se suele disponer fácilmente de digitizadores, esto supone un costo humano considerable.

b) La imagen resultante tiene un carácter generalizador, que la hace más fácilmente apprehensible.

El segundo sistema de representación es, en cambio, más adecuado desde otros puntos de vista:

⁶ En los últimos meses se ha recurrido a estos procedimientos de representación para cartografiar variables espaciales (Bosque Maurel, J., 1982; Bosque Maurel, J.; Cebrián de Miguel, J. A., y Bosque Sendra, J., 1981; Bosque Sendra, J., 1981; Capel, H., y Urteaga, J. L., 1982, p. 27; Cebrián de Miguel, J. A., y Bosque Sendra, J., 1982; García Ballesteros, A., 1982; Reques Velasco, P., 1982).

⁷ En los trabajos previos de digitización y grabación de datos hemos contado con la colaboración imprescindible de Joaquín Bosque Sendra y Beatriz Jiménez. En el desarrollo de los programas y en la obtención de los diagramas que presentamos en este artículo ha sido decisiva la colaboración del Instituto Geográfico Nacional a través de su Centro de Estudios.

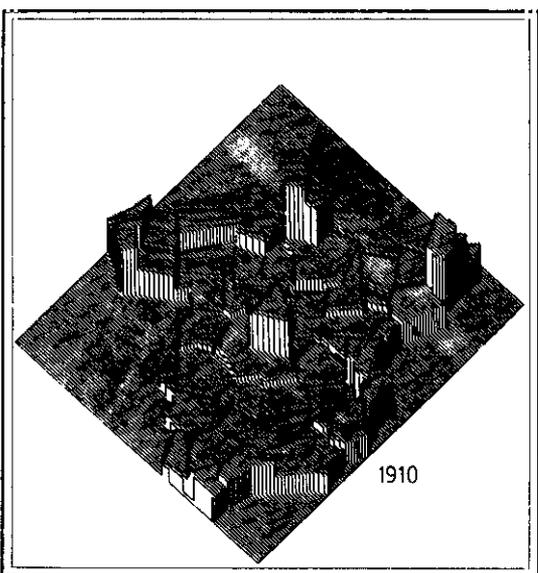
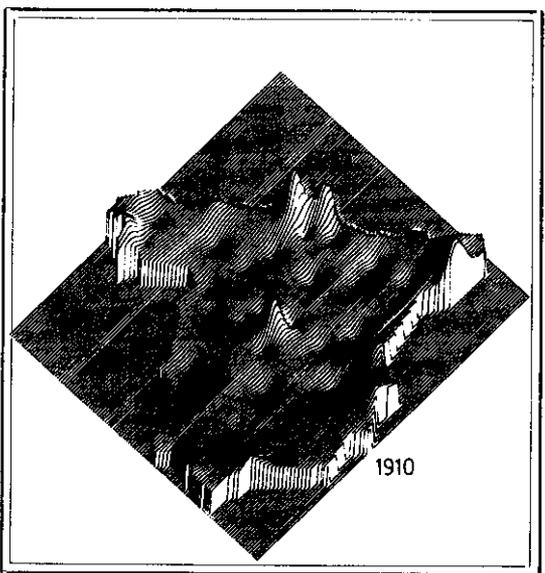
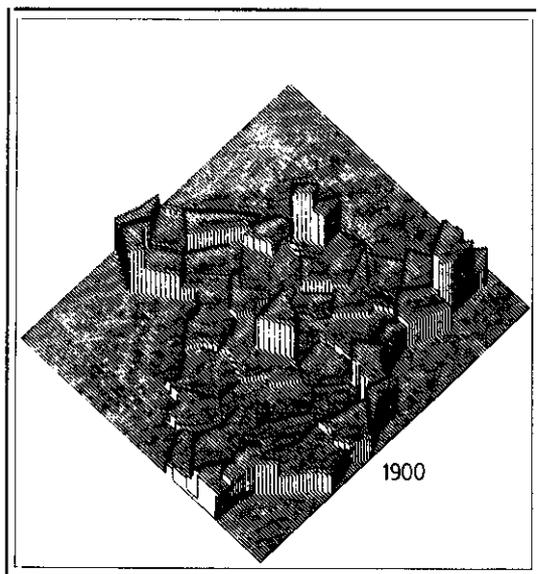


FIG. 6.—España. Densidades provinciales de población.

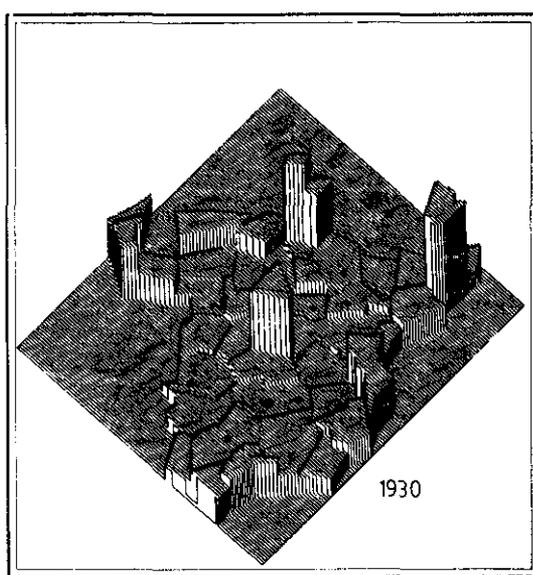
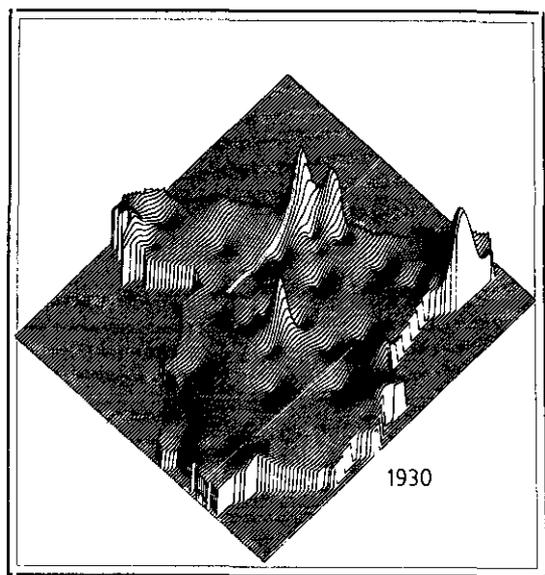
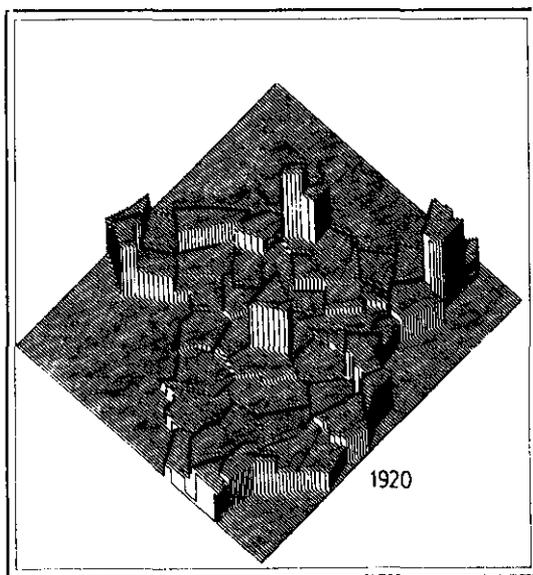
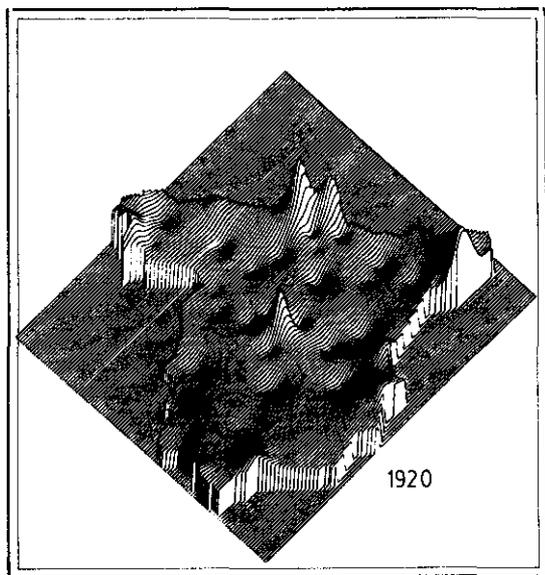


FIG. 6 (Continuación)

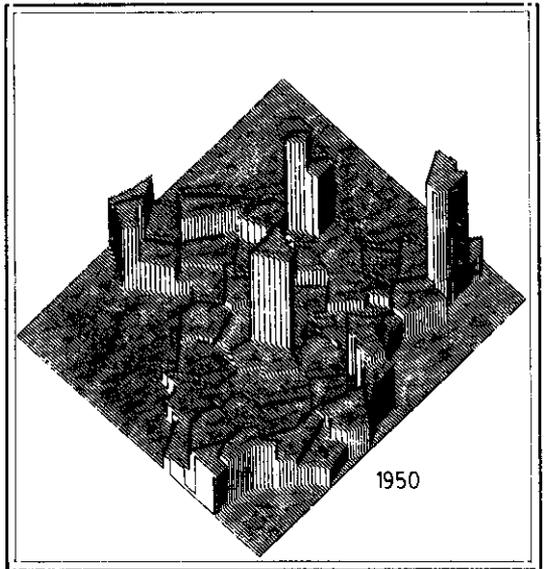
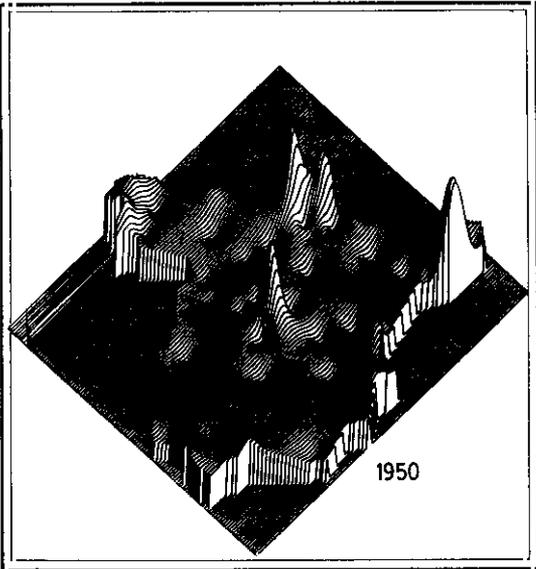
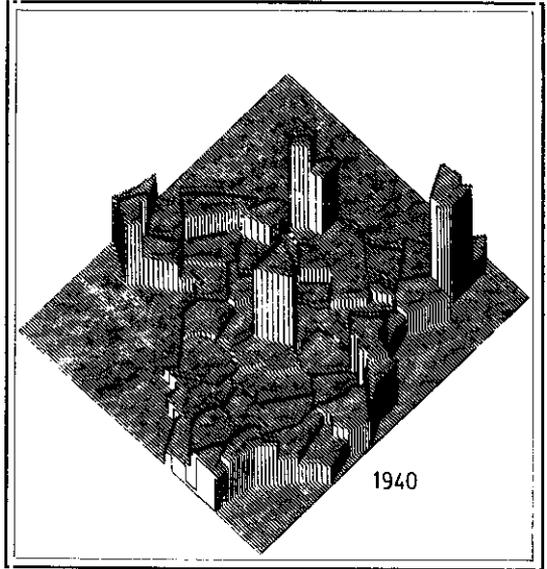
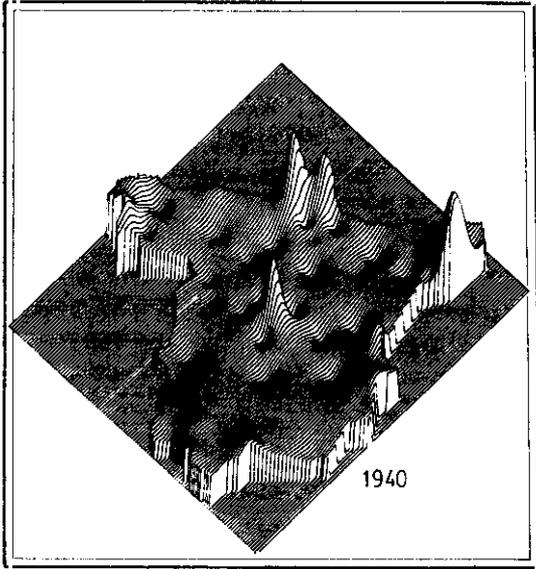


FIG. 6 (Continuación)

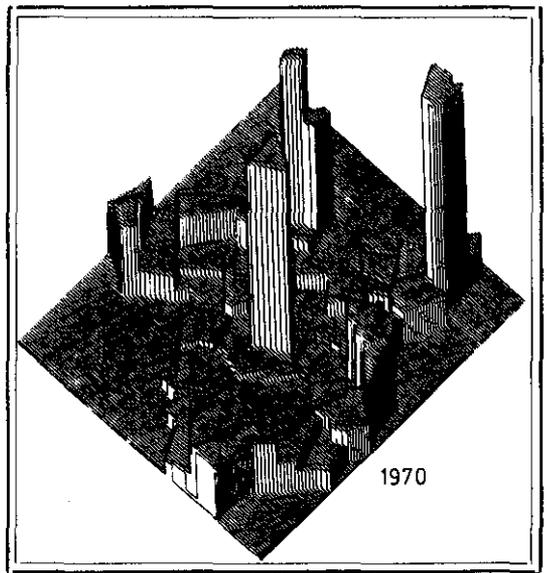
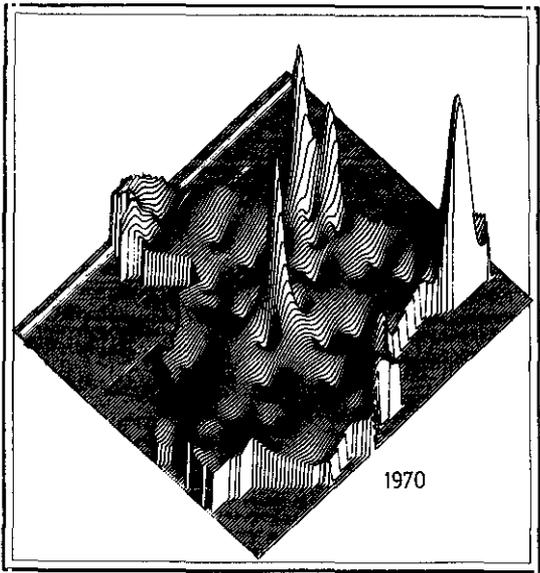
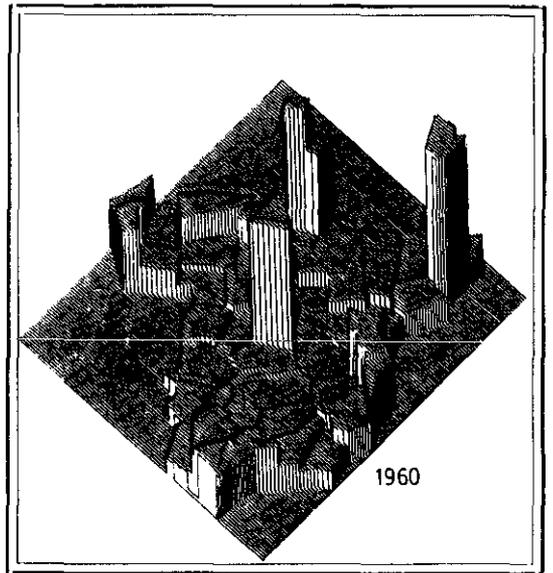
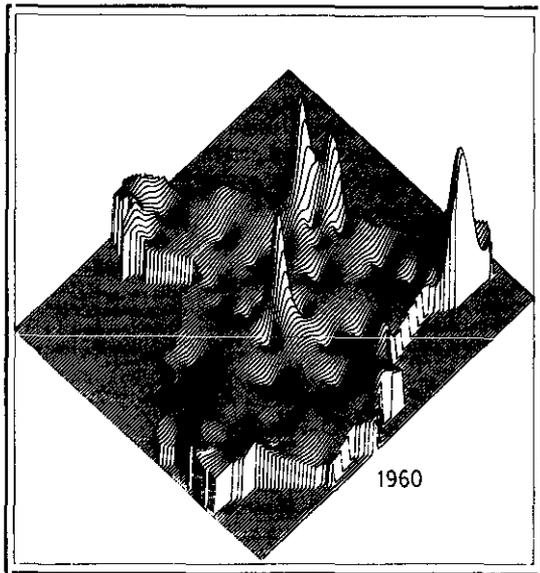


FIG. 6 (Continuación)

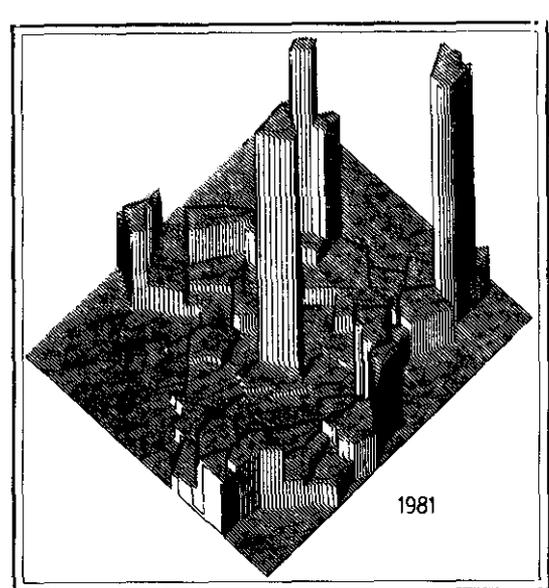
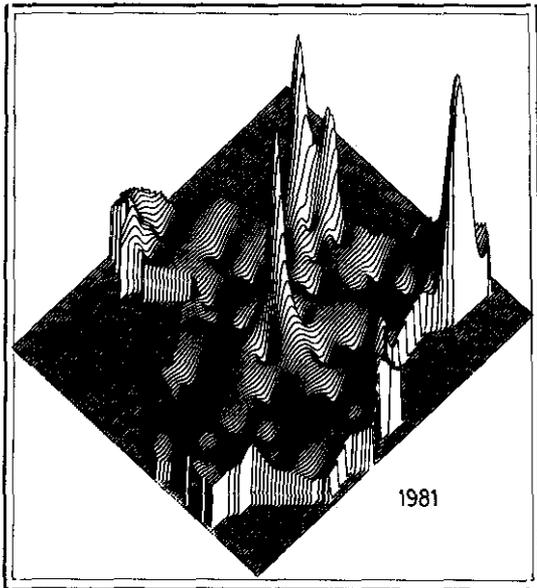
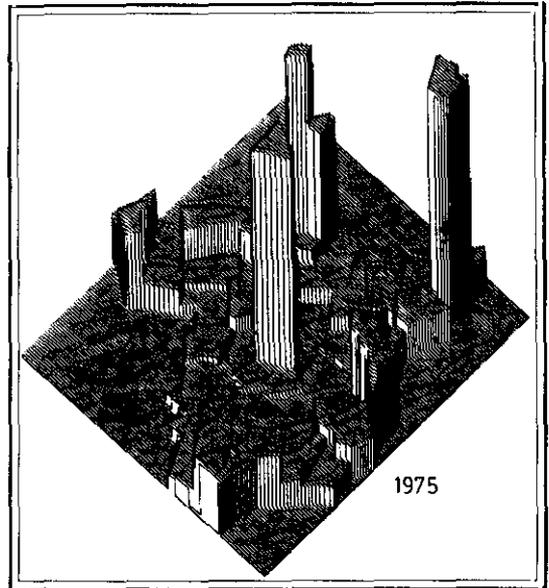
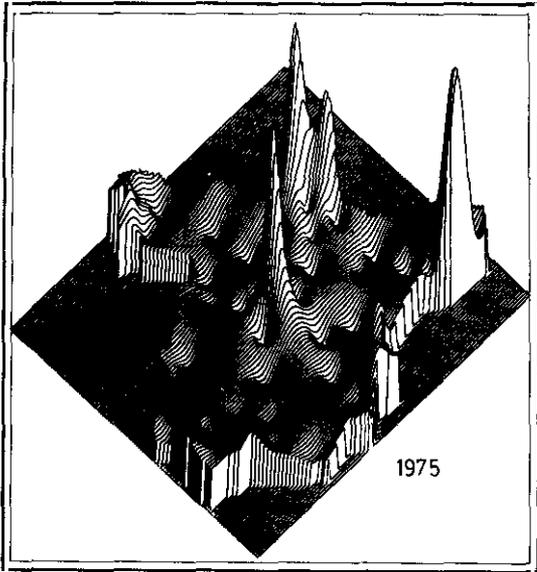


FIG. 6 (Continuación)

a) Si se trata, como es el caso de esta aplicación concreta, de representar un fenómeno espacialmente contrastado, se aprecian más claramente los desequilibrios, no solamente los más llamativos, sino también aquellos que requieren una apreciación más detallada.

b) Si los contornos elegidos son geográficamente significativos y ampliamente conocidos —como es el caso de los contornos provinciales españoles—, resulta más inmediata la localización de los fenómenos.

Vemos, por tanto, que en la decisión de optar por uno de los dos procedimientos influyen factores de economía de datos de base, de precisión y detalle en la presentación de los resultados, y de naturaleza de la variable a representar —si la variación de la característica a cartografiar es continua y poco contrastada, es mucho más adecuado utilizar el primer procedimiento, en caso contrario, el segundo—.

6. VENTAJAS DE LA REPRESENTACIÓN TRIDIMENSIONAL EN CARTOGRAFÍA TEMÁTICA

La ventaja fundamental de este tipo de procedimientos, de la que se derivan todas las demás, la constituye el hecho de liberar en el plano de dibujo una tercera dimensión lineal.

Como consecuencia inmediata de este hecho, la variación espacial de la característica puede ser tratada de una manera continua, haciendo corresponder a cada valor real una representación exactamente proporcionada —nótese, en cambio, que en las soluciones clásicas al problema se verifica normalmente una clasificación previa de los individuos en grupos, asignando luego a cada grupo una representación común—.

Otra ventaja que se deriva de lo que estamos considerando es que la variación, que es continua —también en alguno de los procedimientos clásicos adoptaba esta forma—, se expresa sobre un eje lineal, lo que la hace inmediatamente aprehensible por la percepción humana. Piénsese en la notable diferencia que existe entre la fuerza expresiva y la exacta plasmación de la magnitud del fenómeno de uno de estos gráficos, y los de cualquiera de los obtenidos recurriendo a los procedimientos de símbolos ponderados, coropletas o isopletas.

Finalmente, es necesario subrayar que los gráficos tridimensionales resultantes de plasmar la evolución temporal de la distribución espacial de una determinada característica, tienen todos una lectura idéntica y directamente derivable de la forma que adoptan —sin tener que recurrir en cada caso a una leyenda que explicita la relación entre la imagen plástica y el fenómeno representado—. Este hecho es real-

mente importante, ya que confiere a este tipo de gráficos una especial capacidad para representar fenómenos dinámicos, bien en la forma en que los presentamos en este artículo, o como fotogramas de una película en la que se simule una animación gráfica, coherente con una determinada evolución temporal⁸.

A pesar de todo lo que acabamos de señalar, este tipo de representaciones plantean problemas de lectura e interpretación. Hasta el momento hemos podido explicitar tres fundamentales.

En primer lugar, es notorio que este tipo de gráficos dificulta la localización exacta de los fenómenos sobre el plano de referencia —especialmente cuando el espacio geográfico que consideran no es claramente familiar a la persona que ha de interpretarlo—. Para solventar este tipo de problemas estamos desarrollando procedimientos complementarios, para obtener imágenes reproducidas sobre superponibles transparentes —rotulaciones, representación de contornos sobre el plano $z = 0$, señalización de los puntos muestrales y del valor de la característica en ellos, etc.—.

En segundo término, por los propios requisitos del sistema de representación de volúmenes en perspectiva, las porciones en resalte ocultan la configuración de las zonas deprimidas que las suceden. Este problema se resuelve recurriendo a vistas complementarias, ya que estos sistemas de representación admiten la posibilidad de visualizar el volumen desde diversos puntos de vista.

En tercer lugar, para facilitar su interpretación exacta, estamos confeccionando un procedimiento para representar automáticamente una escala lineal de lectura en la vertical del gráfico.

Una vez resueltos todos estos problemas, los programas serán generalizados y flexibilizados para hacer accesible su uso a todo el que esté interesado en este tipo de procedimientos.

Octubre 1982

BIBLIOGRAFIA

- Bertin, J. (1973): *Sémiologie graphique*, París, Gauthier-Villars, 431 pp.
Bosque Maurel, J. (1982): *Desequilibrios espaciales y problemática regional en la España actual*, Ciclo de Conferencias sobre Desequilibrios Regionales, Zaragoza.
Bosque Maurel, J.; Cebrián de Miguel, J. A., y Bosque Sendra, J. (1983): *Precios del suelo en la ciudad de Madrid (1967-1981)*, Comunicación presentada al VII Coloquio de Geografía, Pamplona, pp. 323-332.

⁸ Recientemente hemos empezado a trabajar en un proyecto que tiene como objetivo la creación de un sistema de animación gráfica al servicio de la investigación geográfica de fenómenos espacio-temporales, bien históricos, bien proyectivos.

- Bosque Sendra, J. (1980): *Las elecciones del periodo de la Reforma Política (1977-1979) en España y en la provincia de Granada*, Tesis doctoral leída en la Universidad de Granada, Facultad de Filosofía y Letras.
- Bosque Sendra, J. (1981): *De la Reforma a la Autonomía. Tres años de elecciones en la provincia de Granada*, Granada, Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Granada (en prensa).
- Brodlië, K. W. (1980): *Mathematical Methods in Computer Graphics and Design*, Londres, Academic Press, 147 pp.
- Capel, H., y Urteaga, J. L. (1982): *Las nuevas geografías*, Barcelona, Salvat, 64 páginas.
- Cauvin, C., y Rimbërt, S. (1975): *La lecture numerique des cartes thématiques*, Friburgo, Editions Universitaires.
- Cauvin, C.; Reymond, H., y Hirsch, J. (1980): *Cartographie Informatisée et Géographie Humaine*, Strasbourg, CNRS, Laboratoire de Cartographie Thématique.
- Cebrián de Miguel, J. A., y Bosque Sendra, J. (1982): «Un modelo multirregional para la proyección de la población de las provincias españolas», en *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, Madrid, Editorial de la Universidad Complutense, 2, pp. 99-126.
- Davis, J. C., y McCullagh, M. (1975): *Display and Analysis of Spatial Data*, New York.
- Davis, P. (1974): *Data description and presentation*, Oxford, Oxford University Press, Coll. Science in Geography, 119 pp.
- Dawson, J. A., y Unwin, D. J. (1976): *Computing for Geographers*, Londres, David & Charles, 362 pp.
- Faus Pujol, M., y Calvo Palacios, L. (1977): «Aportación metodológica al análisis del espacio urbano mediante ordenador: Aplicación a Zaragoza», en *Medio Físico, Desarrollo Regional y Geografía. V Coloquio de Geografía*, pp. 353-358, Granada, Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Granada.
- Fernández García, F., y Moreno Jiménez, A. (1983): *Elaboración automática del mapa de isoyetas en un área montañosa del centro peninsular*, Comunicación presentada al VII Coloquio de Geografía, Pamplona, pp. 23-29.
- García Ballesteros, A. (1982): *Crecimiento y problemas de la población mundial*, Madrid, Salvat.
- Laboratory for Computer Graphics & Spatial Analysis (1980): *Lab-Log*, Massachusetts, Harvard Graduate School of Design.
- Mac Dougall, E. B. (1976): *Computer Programming for Spatial Problems*, Londres, Arnold, 158 pp.
- Mallet, J. L. (1974): «Présentation d'un ensemble de méthodes et techniques de la cartographie numerique», en *Annales de l'Ecole Nationale Supérieure de Géologie Appliquée et Géochimiques*, núm. 4 (CNRS), Nancy.
- Martínez de Sola, I. (1981): *Aproximación a la cartografía automática mediante ordenador. Análisis de sus posibilidades de uso en el marco de una investigación geográfica*. Tesina leída en la Universidad Complutense, Facultad de Geografía e Historia.
- Monmonier, M. S. (1969): «Computer mapping with the digital incremental plotter», en *Professional Geographer*, 20, pp. 408-409.
- Moreno Jiménez, A. (1979): 1. *Crecimiento y estructura suburbana en el SW de Madrid: Carabanchel*, Tesis Doctoral leída en la Universidad Complutense, Facultad de Geografía e Historia.
- Moreno Jiménez, A. (1979): 2. «Pautas de localización intraurbana de la industria en el SW de Madrid (Carabanchel): Una aproximación metodológica», en *Estudios Geográficos*, núm. 156-157, pp. 435-461.

- Moreno Jiménez, A. (1981): «Análisis de la calidad de la vivienda y perspectiva de la función residencial en el Centro», en *Madrid: Estudios de Geografía Urbana*, Instituto Juan Sebastián Elcano, C. S. I. C., Madrid, pp. 185-208.
- Newman, W. N., y Sproull, R. S. (1981): *Principles of Interactive Computer Graphics*, Tokyo, McGraw-Hill, 532 pp.
- Requés Velasco, P. (1982): *Segovia: Emigración rural y crisis demográfica*, Tesis doctoral leída en la Universidad Complutense, Facultad de Geografía e Historia.
- Rimbert, S. (1980): «Aperçu général sur la cartographie expérimentale», en *Recherches Géographiques à Strasbourg*, núm. 8, pp. 5-23.
- Virginia Polytechnic Institute and State University (1975): *Computer Applications in Underground Mining Systems*.

RESUMEN

Se presentan en este artículo dos procedimientos de cartografía temática mediante vistas en perspectiva isométrica de volúmenes tridimensionales. Después de representar gráficamente, recurriendo a ambos procedimientos, la evolución temporal de las densidades de población provinciales en España, en el período 1900-1981, se discuten las principales ventajas de cada uno de ellos respecto del otro, y de ambos respecto de los sistemas de representación clásicos en cartografía temática —símbolos ponderados, coropletas e isopletas—.

RÉSUMÉ

On présente dans cet article deux procédures de cartographie thématique automatique par vues en perspective des volumes tridimensionnels. Après avoir représentée graphiquement, à l'aide des deux procédures considérées, l'évolution des densités de population départementales en Espagne, dans la période 1900-1981, on discute les principales avantages de chaque une par rapport à l'autre, et des deux par rapport aux systèmes de représentation classiques en cartographie thématique —symboles pondérés, choroplètes et isoplètes—.

ABSTRACT

Two procedures in thematic cartography are displayed in this article by means of isometric perspective views of three dimensional volumes. Using both methods of graphic representation it shows the temporary evolution of the regional population densities of Spain during the period of 1900-1981. The main advantages of each method in relation to each other and of those in relation to the traditional systems of representation in thematic cartography —weighted symbols, coropleths and isopleths— are discussed.