

## NOTA SOBRE LA APLICACION DE NUEVAS TECNICAS AL ANALISIS ESPACIAL\*

P O R

M.<sup>a</sup> CARMEN FAUS PUJOL Y JOSÉ LUIS CALVO PALACIOS

Los geógrafos solemos decir —y estamos convencidos de ello—, que la Geografía es una ciencia integral o quizás mejor, integradora, por cuanto percibe la realidad espacial en toda su complejidad; se trata en definitiva de una ciencia de síntesis, como tantas veces se ha dicho. De ahí la tradicional inclinación de la Geografía por el estudio del paisaje del que se solía hacer la distinción entre paisaje natural y paisaje cultural.

Pues bien, todo esto sigue en pie, pero han cambiado los métodos de análisis. Si es evidentemente cierto que la Geografía es un *ciencia de síntesis*, no es menos evidente que la mente humana no puede llegar a la síntesis sin un previo análisis y aquí es donde aparece el caballo de batalla de las diferentes escuelas geográficas, porque muchas veces se da como geografía conclusa lo que no es más que un mero análisis. La realidad geográfica es siempre compleja y, como se ha dicho siempre, el hecho geográfico es el resultado de la interacción de factores muy diversos que en un momento y en un lugar determinado confluyen para caracterizar e individualizar la realidad geográfica concreta.

El análisis de los factores que definen el hecho geográfico es insoslayable. Pero siendo dichos factores enormemente variables, heterogéneos y complejos, cada vez resulta más difícil abarcarlos en toda su extensión y pluralidad. De ahí el que haya cundido en los últimos años una nueva geografía que pone el acento en el análisis cuantitativo de los factores que intervienen en el hecho geográfico. La *Geografía cuantitativa*, por añadirle este adjetivo tan a la moda, no es en el fondo otra cosa que un intento de cuantificar

---

\* La presente nota es un avance de la comunicación que sus autores presentarán al V Coloquio de Geografía de Granada en octubre de 1977. Forma parte de la investigación aplicada que se realiza en el Departamento de Geografía de la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Zaragoza bajo la dirección del Prof. Dr. A. HIGUERAS ARNAL.

la importancia relativa de los componentes del hecho geográfico, recurriendo para ello a los métodos más sofisticados del análisis estadístico, cálculo matricial, etc.

Todo ello es positivo siempre que no se confunda el instrumento con el fin, ni se pierda la finalidad última del estudio geográfico, que es la realidad espacial.

Dando por sentadas estas premisas, todo lo que se haga en el análisis del campo geográfico es bueno y por eso traemos a estas páginas un avance de las investigaciones que sobre las aplicaciones de ordenadores al análisis espacial se están realizando en el Departamento de Geografía de la Universidad de Zaragoza.

### *La cartografía temática en la investigación urbana*

No cabe la menor duda de que la cartografía es de gran ayuda en la investigación geográfica, no solo como fuente de información, sino como medio de expresión de la misma. Pero si en esto estamos todos más o menos de acuerdo, éste desaparece en cuanto a los sistemas de representación utilizados, ya que actualmente es totalmente necesario introducir la variable temporal en la cartografía, si se quiere que el trabajo del geógrafo deje de tener ese carácter puntual y estático inherente a la larga elaboración de la cartografía tradicional.

Tradicionalmente el mapa venía a ser, en palabras de S. Rimbart, como un diccionario gráfico, lo cual estaba de acuerdo con el concepto de geografía como ciencia de localización<sup>1</sup>. Pero hoy con el uso de la cartografía el geógrafo pretende algo más. Tiende a analizar diversos fenómenos tanto desde el punto de vista cualitativo como cuantitativo, lo que, como es lógico, obliga a buscar nuevos sistemas adecuados a los caracteres investigados.

De este modo se ha producido un cambio de objetivos, técnicas y resultados en el campo de la cartografía aplicada a la geografía que, en buena medida, es reflejo de la evolución experimentada por esta última. Pero la evolución no ha terminado y de ahí la constante búsqueda de múltiples formas de representación porque en cualquier caso, un mapa bien trazado, aporta una serie de conocimientos acerca de los temas cartografiados que convierten su uso en uno de los elementos más idóneos para el trabajo geográfico, y esto tanto en el aspecto analítico como en las síntesis finales.

En este sentido, es verdaderamente interesante la aplicación de la cartografía temática al estudio de los espacios urbanos, puesto que permite obtener una serie de conocimientos acerca del entorno geográfico, de la morfología urbana, de las actividades de la población, así como de las fuerzas económicas que tienden a la concentración o dispersión de actividades, etc.

Pero los fenómenos a cartografiar son múltiples y si se quiere que los resultados finales sean positivos se hace necesaria la representación separada

---

1 RIMBERT, S. "Leçons de Cartographie Thematique". SEDES. París, 1968, pág. 14.

de cada uno de ellos, para que una ulterior superposición de los diferentes mapas temáticos permita conocer la relación espacial de unos fenómenos con otros, su interdependencia e incluso su tendencia, de manera que el estudio no se limite a un conocimiento de lo que es, sino, como indica Labasse, de lo que podría llegar a ser<sup>2</sup>, y esto puede conseguirse en cierta forma con planos a gran y media escala.

Las posibilidades de la cartografía urbana son muchas y no puede reducirse a la mera acumulación de conocimientos sino que debe servir a cualquier intento de ordenación y de previsión futura. En un momento en que el fenómeno urbano se amplía progresivamente, cualquier intento de planificación podrá ser más efectivo si se tiene en cuenta la información que el geógrafo aporta mediante la aplicación de la cartografía temática al análisis urbano, pero éste solamente podrá ser eficaz, en la medida que dé respuestas rápidas a los ritmos evolutivos de la ciudad, y esto, hoy por hoy, solamente es posible mediante la utilización de cartografía elaborada con ordenador.

De ahí nuestro interés por lograr un sistema claro y útil de elaboración de cartografía temática, que junto a las ventajas ofrecidas por la cartografía automatizada, ponga en manos de los geógrafos la posibilidad de utilizar el ordenador sin grandes problemas de programas complicados que por su misma dificultad no son fácilmente accesibles.

#### *Los objetivos de este trabajo*

Como resultado del trabajo acumulado por la recopilación de información urbana —sobre todo población— realizado a lo largo de varios años en el Departamento de Geografía, se dispone en estos momentos de varios millones de datos. Su explotación resulta difícil por el mismo volumen de la información y por esta razón, entre otras, se busca un sistema que sin ser demasiado costoso, dé agilidad a los tradicionales procedimientos manuales de representación cuantificada de los hechos y su representación mediante cartografía temática con el empleo del ordenador IBM. A modo de ensayo experimental se ha tratado una pequeña zona urbana de Zaragoza, próxima a la Ciudad Universitaria.

El método no es original, ya que el sistema SYMAP que actualmente se utiliza en el Instituto Geográfico y Catastral cubre todas las posibilidades imaginables en lo referente a cartografía temática. Lo que se ha hecho aquí, sin embargo, es elaborar un programa propio, mucho más simplificado que

---

2 LABASSE, J. "La organización del espacio". I.E.A.L. Madrid, 1973, pág. 19. Integrar en un solo sistema todos los posibles componentes del espacio para su posterior ordenación no pasa de ser una utopía. Pretender que solamente con cartografía puede llegarse a una ordenación espacial totalmente correcta tampoco puede sostenerse seriamente, pero creemos por propia experiencia que una buena cartografía es el mejor auxiliar para la ordenación espacial.

el SYMAP que, sin embargo, permite satisfacer las necesidades más elementales de representación cartográfica<sup>3</sup>.

### *Algunas fases y problemas del trabajo*

El fundamento de todo el proceso metodológico que aquí se expone estriba en el sistema de referenciación adoptado, contando por una parte con las posibilidades del ordenador y por otra con una economía de medios que en la mayoría de las ocasiones impide la digitización de la información.

El sistema de referenciación de los puntos se hace sobre un eje de coordenadas, trabajando exclusivamente en el segundo cuadrante, de tal forma que el punto origen de abscisas y ordenadas se encuentra siempre en el margen superior izquierdo de la hoja cartografiada. Cada punto aparece definido por ocho dígitos, cuatro para la ordenada y cuatro para la abscisa. La ordenada se introduce en primer lugar para facilitar la lectura del ordenador, ya que éste trabaja en bandas verticales<sup>4</sup>

---

<sup>3</sup> En otros países ya se ha planteado el problema de centralizar todos los sistemas y concentrar esfuerzos en un trabajo común que solucione las diferentes cuestiones relacionadas con la ordenación del espacio unificando datos y programas incluso en espacios supranacionales. Este es el caso de los países nórdicos (Suecia, Noruega, Dinamarca tienen servicios comunes de estadística) y esto es lo que se empieza a plantear en la CEE centralizando la información estadística en Luxemburgo.

Pero si por una parte se constata la necesidad de definiciones y programas comunes, por otra, a diferentes escalas, se observa una cierta tendencia a solucionar problemas pequeños a niveles tipo condado o pequeña región, porque las formulaciones pueden ser distintas y los resultados más eficaces aun cuando no se utilicen al máximo experiencias ampliamente contrastadas en otras zonas. Esta, al menos, fue una de las conclusiones a las que se llegó en el VI Simposium europeo de sistemas de información urbana celebrado en abril de 1977 en Lieja.

Por esta razón estamos desarrollando nuestro propio sistema cartográfico, pensando en las necesidades de los geógrafos, en la utilización de pequeños ordenadores, en programas sencillos y salvando por otra parte la posibilidad de que los datos almacenados en ordenador puedan ser fácilmente transferidos a otro programa de alcance nacional e incluso de rango mundial, como podría ser el caso de SYMAP.

El Instituto Geográfico y Catastral está en estos momentos sumamente capacitado para la realización de todo tipo de cartografía automatizada. Ellos nos han facilitado el sistema SYMAP, así como cuanta información se les ha solicitado con la amabilidad que siempre les caracteriza.

También existen otros ensayos de cartografía automatizada tales como el IMMAP, elaborado por la Comisión Mixta de Coordinación Estadística de Barcelona.

A modo de resumen de bibliografía española sobre el tema podría citarse:

G. COUREL, J. M. "El programa SIMAP en el Instituto Geográfico y Catastral". Ciudad y Territorio 1-72, pág. 39-43.

G. COUREL, J. M. "Mapas estadísticos formados en ordenador". Geographica, abril-junio, 1972, pág. 97-106.

NÚÑEZ DE LAS CUEVAS, R. "Estado actual de la automatización del proceso cartográfico". Ciudad y Territorio. 2-1970, pág. 51-57.

En términos más generales, conviene destacar la sección "Información de base" de la rev. Ciudad y Territorio dirigida por CARREÑO PIERA.

<sup>4</sup> Teniendo en cuenta que cada intervalo corresponde a 1/10 de pulgada, unos 2,4 mm., el empleo de cuatro dígitos permite obtener las coordenadas de referencia de planos o ma-

Cualquier punto, queda entonces definido por estos cuatro dígitos de ordenadas y por los otros cuatro de abscisas. Las figuras se reducen a desarrollos poligonales cerrados mediante perforación sucesiva de sus vértices. Cuando el ordenador vuelve a encontrar repetido el punto origen cierra su información y está en condiciones de referenciar toda la información a esa superficie poligonal previamente definida, como puede verse en el siguiente ejemplo de descripción de un triángulo cuyo vértice origen se encuentre en el del eje de coordenadas:

Y	X
0000	0000
0025	0015
0018	0019
0000	0000

Para la perforación, dentro de cada hoja, cada figura lleva un número, y las ordenadas y las abscisas se perforan seguidas para cada par de valores, dejando un espacio intermedio entre las definiciones de cada punto. Todos los pares de valores correspondientes a la misma figura se perforan en fichas seguidas sin ningún indicador adicional, lo cual puede provocar serios problemas si se cae el paquete de fichas, por lo que son de gran utilidad las hojas de perforación que se elaboran al mismo tiempo que se toma la información del mapa base origen<sup>5</sup>. La figura del ejemplo anterior se perforaría tal como indica la figura núm. 1.

Otra de las cuestiones a resolver es la de la unidad de definición cartográfica. En este tipo de cartografía hay una serie de pies forzados que vienen ya determinados por las características técnicas de la impresora del ordenador, la cual puede trabajar con separaciones de 10 espacios/pulgada en abscisas y 6 u 8 espacios/pulgada en ordenadas.

Teniendo en cuenta lo anterior, nosotros tomamos ya la información a la misma escala que posteriormente empleará el ordenador para su reproducción, colocando una malla transparente de rectángulos de 1/10 por 1/8 de pulgada o 1/10 por 1/6 de pulgada según los casos.

Solo queda por lo tanto la posibilidad de trabajar sobre una base de escala más o menos grande para que estas unidades de definición adquieran

---

pas cuya longitud total sea 9.999 por 2,4 mm. Casi dos metros y medio, cosa que casi nunca sucede en la práctica, pero si se planteara la cuestión, podría resolverse sobre la base de desglosar en varias hojas y cuadrar en abscisas u ordenadas según se tratara de empalmes por arriba-abajo o en los flancos.

En verdadero rigor, facilitando al ordenador en primer lugar la ordenada se gana una pequeñísima fracción de tiempo que sería despreciable, pero por convenio hacemos la notación de coordenadas poniendo en segundo lugar la abscisa.

5 La variable final corresponde a la gama elegida para su impresión por el ordenador. Las hojas de perforación sirven también para corregir los posibles errores que pudieran deslizarse.



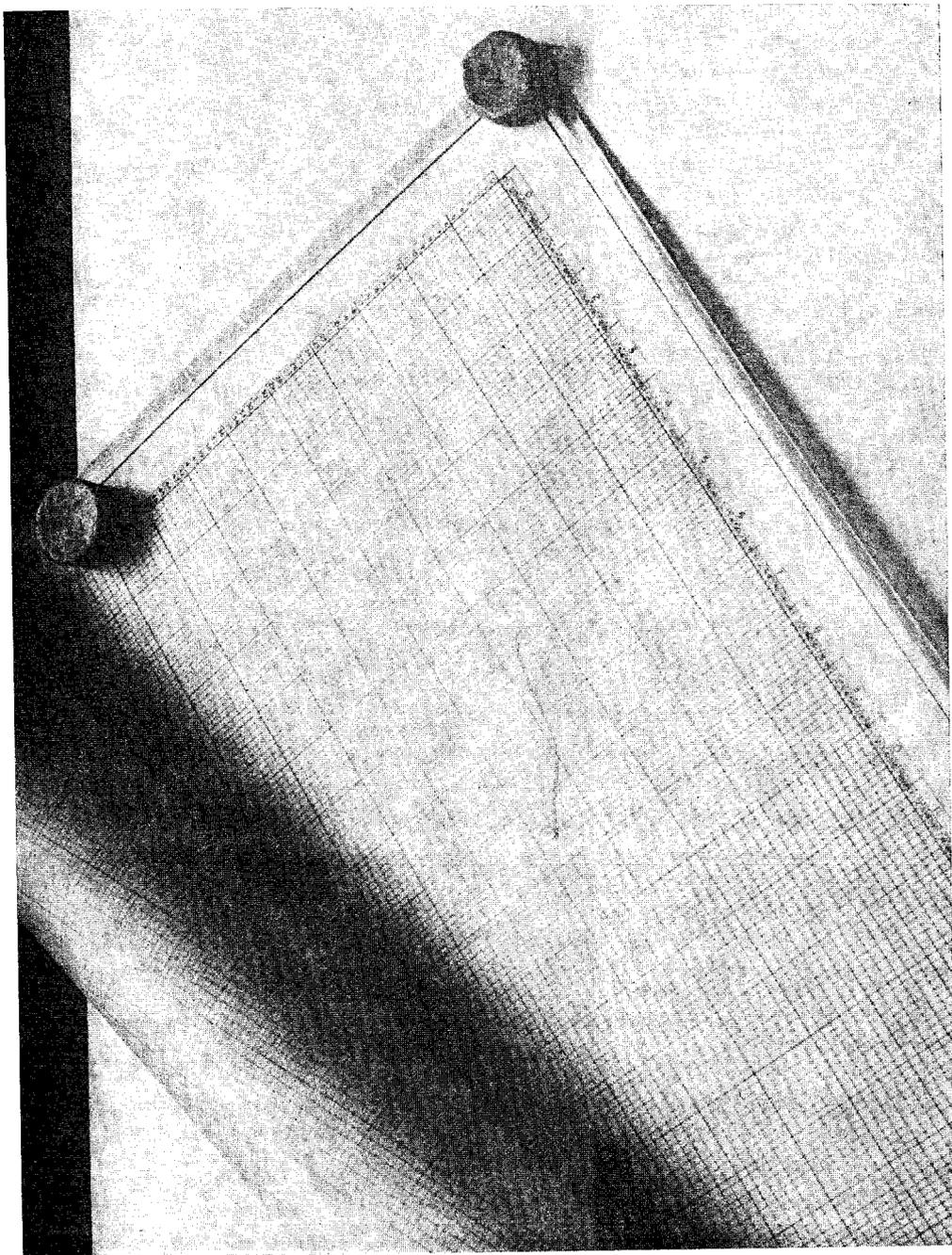


FIG. 2. — Una de las mallas transparentes preparadas para la digitización de mapas y planos.



FIG. 3. — La transparencia de la malla permite referenciar cualquier punto del plano cubierto por ella.

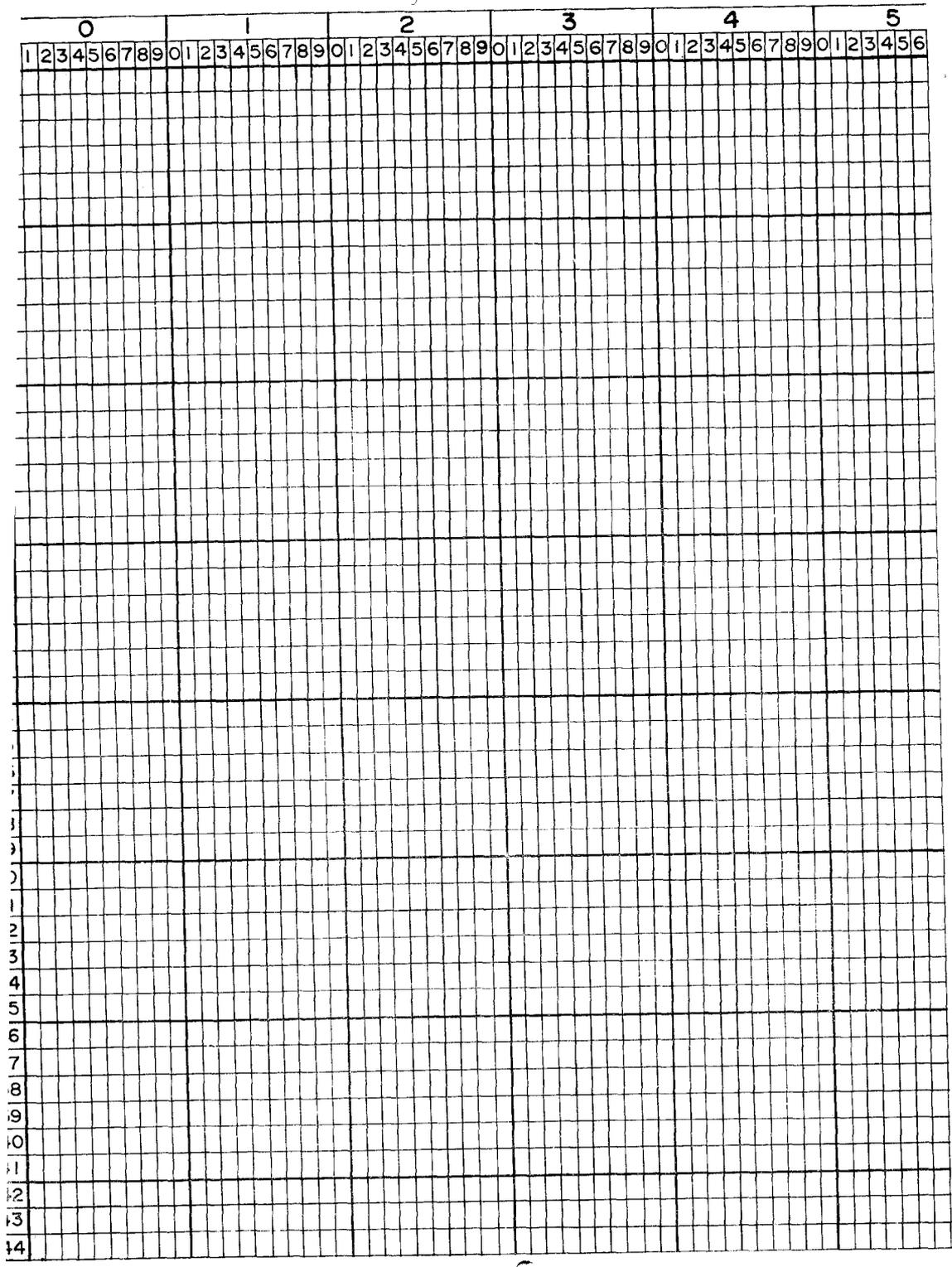


FIG. 4. — Detalle de la malla transparente dividida en rectángulos de 1/10 por 1/6 de pulgada.



ejes de abscisas y ordenadas, de manera que una línea oblicua solamente puede representarla de forma escalonada, reduciendo las curvas a rectas y visualizando mucho más la pendiente entre los puntos ya que ésta se resuelve mediante escalonamientos sucesivos. La única manera de disimularlos es trabajar a una escala y luego por reducciones sucesivas (Vid. figs. 8, 9, 10 y 11). crear la impresión óptica de continuidad en el trazado, cosa por otra parte muy necesaria si se quiere tener una visión global de la zona cartografiada. Si se ha partido de la base 1:1.000 y estamos trabajando a nivel barrio recomendamos la reducción hasta 1:4.000 aproximadamente, pero si se quieren obtener conjuntos urbanos hay que descender al menos a la 1:3.000 e incluso 1:20.000 si se trata de grandes ciudades.

Un nuevo aspecto a considerar es el de la presentación de resultados. Si se quiere que el atlas sea operativo hay que pensar previamente qué es lo que se quiere cartografiar y cómo hacerlo, cuestiones ambas que a su vez van ligadas no solo a limitaciones técnicas —que como se ha visto imponen ciertos condicionantes— sino también a aspectos económicos y temporales que no necesitan mayor explicación.

En esta línea se inscriben los problemas de unidad temática de cartografía, que se puede considerar como puntual, superficial, volumétrica, isolineal, dinámica o simplemente perceptual, por no citar mas que algunos ejemplos.

La representación *puntual* es teóricamente la más sencilla. Cada tienda, cada bar, cada punto de luz, pueden ser objeto de cartografía precisa y bien localizada. Se trata simplemente de dar al ordenador las coordenadas de cada uso del espacio susceptible de cartografía junto con un símbolo adecuado para la misma.

Este tipo de representación puede tener interés a nivel de barrio y con escalas superiores a 1:2.000, puesto que en caso contrario el empastamiento visual dificultará la comprensión del conjunto, a menos que se cartografie individualmente cada actividad o uso del suelo, en cuyo caso puede llegarse a escalas próximas a 1:10.000 sin mayores dificultades. El Atlas de París, entre otros, ofrece en cartografía convencional, buenos ejemplos de localización puntual, con las innegables ventajas que proporciona el uso del color, a las que aquí no tenemos momentáneamente acceso<sup>6</sup>.

La representación *superficial* —en rigor todas lo son— plantea igualmente la necesidad de definir la unidad temática de cartografía. Evidente-

---

6 RYSTEDT, presentó en el último Simposium de Sistemas de Información Urbana, un sistema de degradación del color (SOFTWARE COLOR) desarrollado en la Universidad de Lund por el prof. HERT que permitía cambios de intensidades cada 0,2 mm. La exposición se acompañó de material gráfico de trabajos realizados con el nuevo sistema que será comercializado en 1978 y que permitirá todo tipo de cartografía automatizada en color, incluyendo perspectivas y representaciones volumétricas. Es la última innovación.

RYSTED, B. The use of a color jet plotter for graphical presentation of information for planning. Lieja, 1977.

BEAUJEU-GAGNIER, J. y BASTIE, J. Atlas de Paris et de la Region Parisienne. Paris, 1967.

mente, la casa puede ser una buena referencia para, una vez referenciada su superficie en el ordenador, plasmar en ella cuantos hechos se deseen reflejar (densidad, edad de los edificios, coeficientes de todo tipo, etc.) pero todo ello habría que referirlo a una base superficial sumamente costosa, aunque técnicamente es un problema totalmente superado. Visualmente, por otra parte resulta bastante desagradable y de difícil interpretación, pero tienen interés cuando se trabaja a nivel barrio y por supuesto es obligatoria para planes parciales o estudios de detalle<sup>7</sup>. Puede interesar a nivel ciudad con escalas tipo 1:10.000 o similares, cuando se cartografien características aisladas que impidan el empastamiento visual de la información.

Quizás tenga más interés la cartografía por manzanas. En la medida que se ha ido intensificando el tráfico, la manzana ha ido adquiriendo cada vez más una individualización funcional dentro del conjunto urbano, lo cual ha llevado a lo que urbanísticamente se conoce por el nombre de "ordenación de manzana" como célula mínima de actuación.

La cartografía por manzanas técnicamente no plantea problemas y a nivel de gran ciudad es bastante expresiva, aun cuando enmascara las diferencias entre la parte de la manzana que da a las grandes arterias urbanas y las situadas a sus espaldas que generalmente presentan un "standing" muy inferior. Los patios de manzana son sin embargo un espacio disfrutado colectivamente que de otra forma sería muy difícil cuantificar. Nosotros, en esta primera aproximación nos hemos decidido por cartografiar manzanas, lo cual no quiere decir que se renuncie a cartografías más detalladas<sup>8</sup>.

Las representaciones *volumétricas* pueden tener interés en multitud de

---

7 Un ejemplo muy claro puede ser la previsión de viviendas. Una vez introducida la edad de todas ellas en el ordenador, puede dibujar separadamente las correspondientes a los grupos de edades que se desee. Lo mismo sucede con la altura de los edificios, etc....

8 Las modernas tendencias en cartografía urbana automatizada van sobre todo a la consideración de los segmentos (espacios lineales definidos por intersección de calles) lo cual permite una fácil referenciación de las infraestructuras (luz, agua, alcantarillado, semaforización, etc...), así como de los flujos de todo tipo.

RYMAN, N. The nims system and its planning applications in Linköping. Suecia, 1977.

TOST, R. Regmap-an interactive land-use information system. Lieja, 1977.

Evidentemente la cartografía por segmentos —lineal podríamos decir— no excluye, sino más bien completa, la referida a manzanas, que nosotros seguimos manteniendo en esta primera fase de nuestro trabajo y que cuenta con tanta tradición en el quehacer de los geógrafos.

El ingeniero Jean-Paul CORNIL, en su reciente comunicación al precitado Simposium, distingue entre las *voiries* (elementos lineales y nodales de superficie que podemos asimilar a segmentos), los *îlots* (manzanas según su concepto), los *blocs* (inmuebles y elementos volumétricos en general), los *supports* (infraestructuras lineales enterradas o no, asimilables igualmente a segmentos pero con características un poco diferentes) y los *zonings*, que son los puntos topográficos de base a los cuales se refiere la información.

Fácilmente se comprende que deben tenerse en cuenta no sólo elementos lineales sino otros con un mayor carácter superficial, aunque lo ideal es abrir la puerta a la comunicación de información entre las diferentes unidades de definición cartográfica.

CORNIL, Jean-Paul. Banque de donnees urbaines. Repertoire géographique. CEPOC. Lieja, 1977.

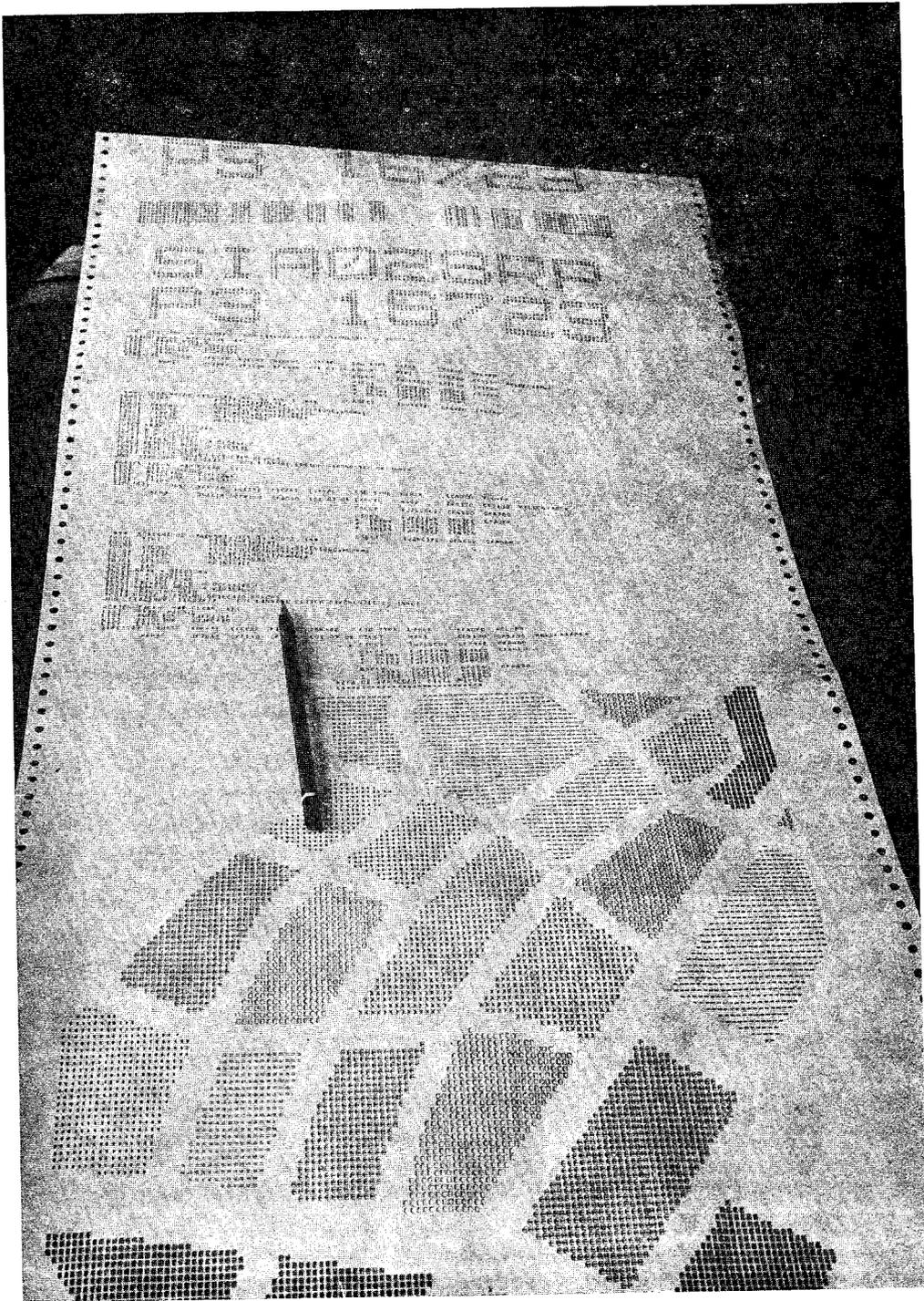


FIG. 6. — Banda de salida del ordenador.

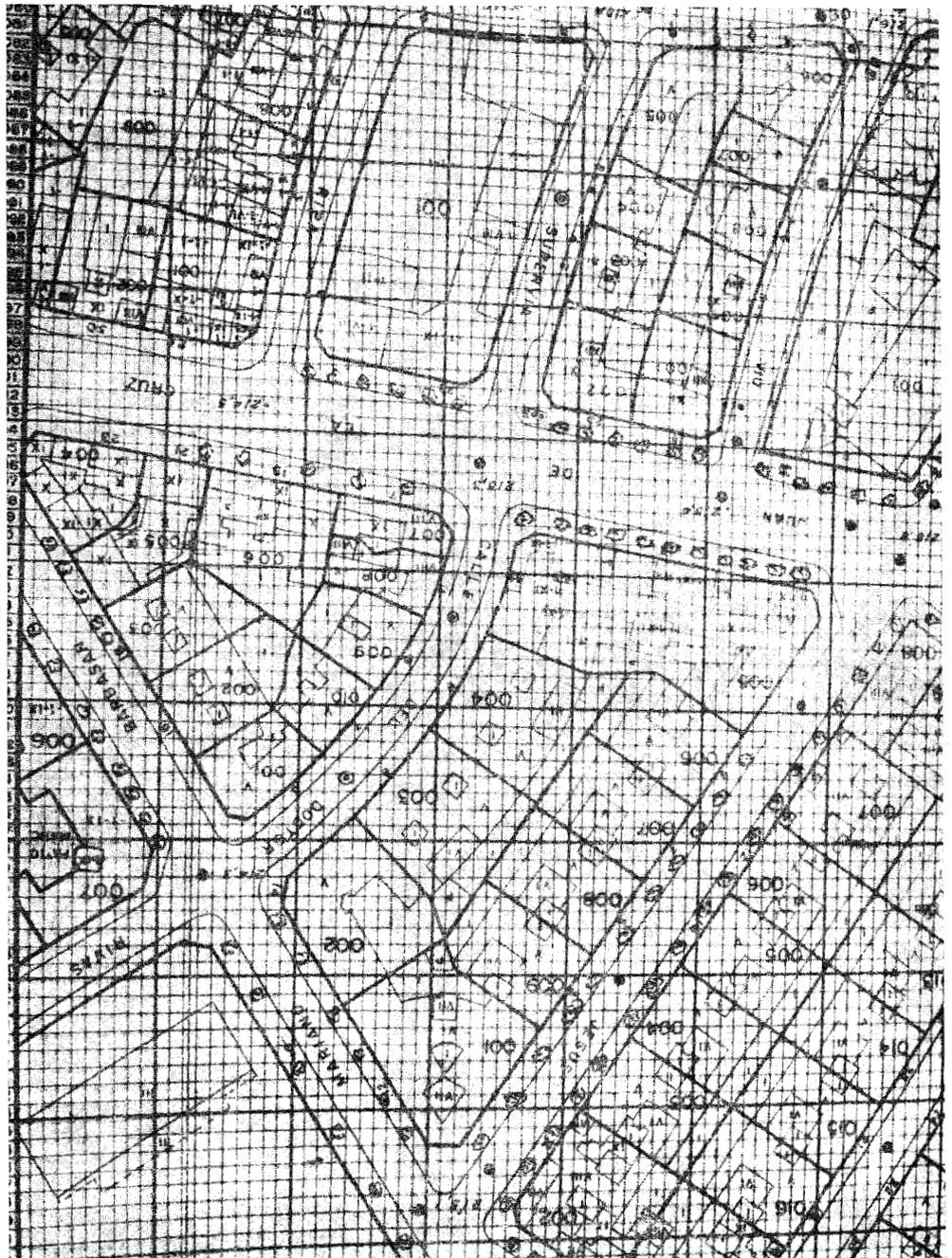


FIG. 7. — Sector digitizado correspondiente a una hoja cartográfica del plano de Zaragoza a 1:1.000, mediante la superposición de una malla transparente.

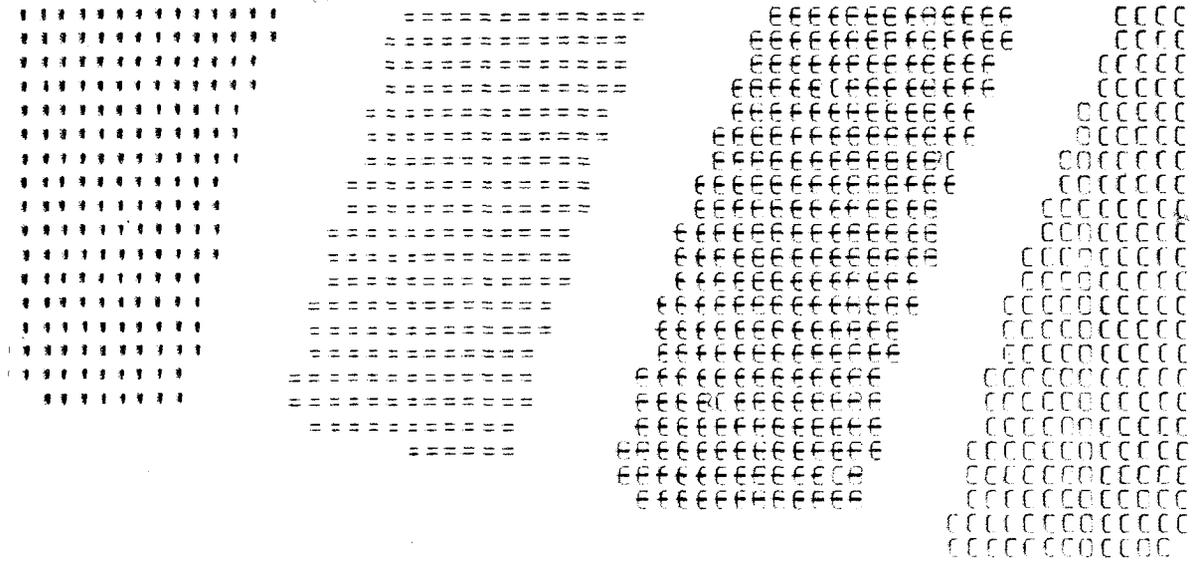


Fig. 8. — Salida de ordenador a escala 1:1.000.

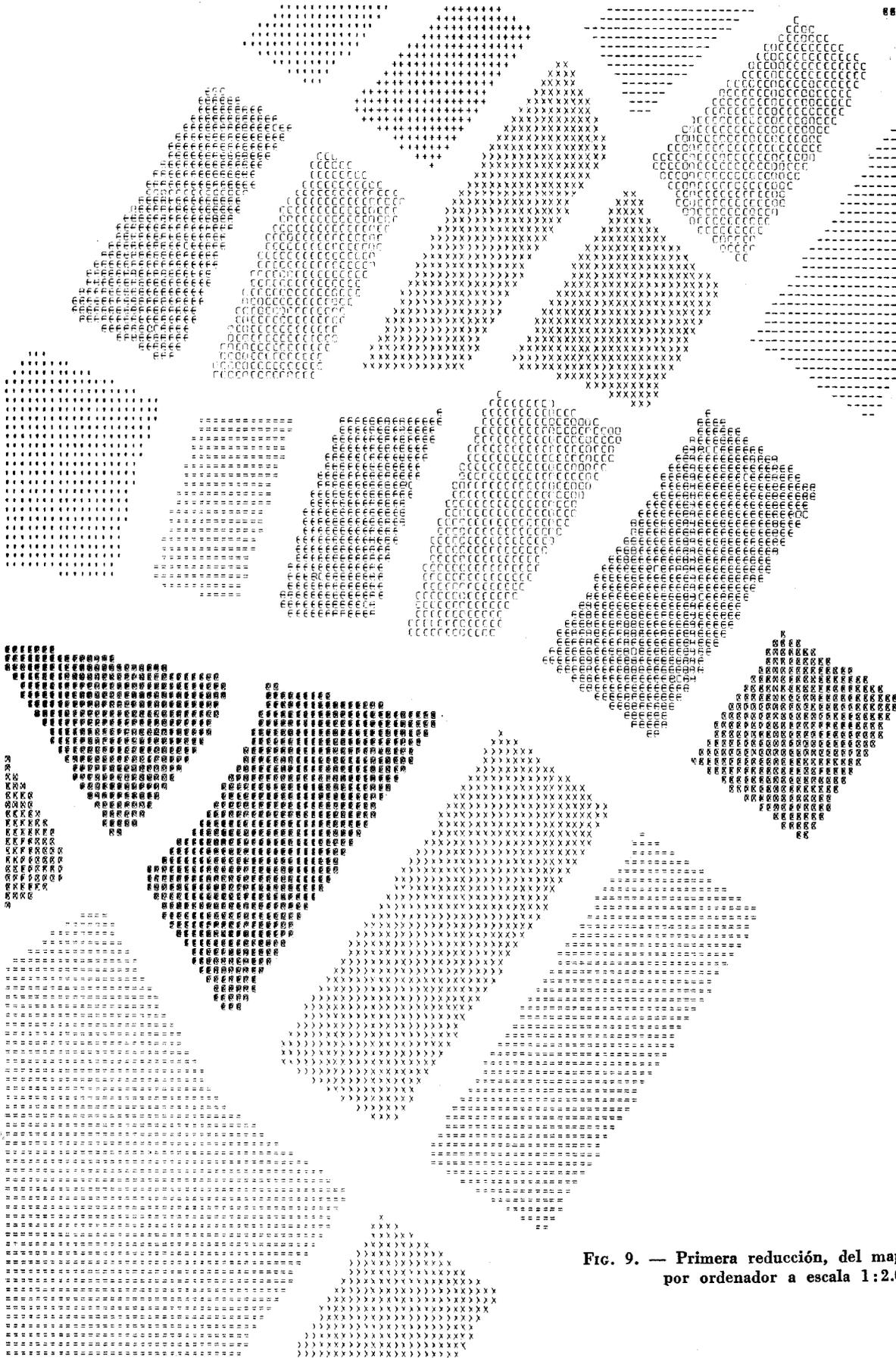


FIG. 9. — Primera reducción, del mapa por ordenador a escala 1:2.

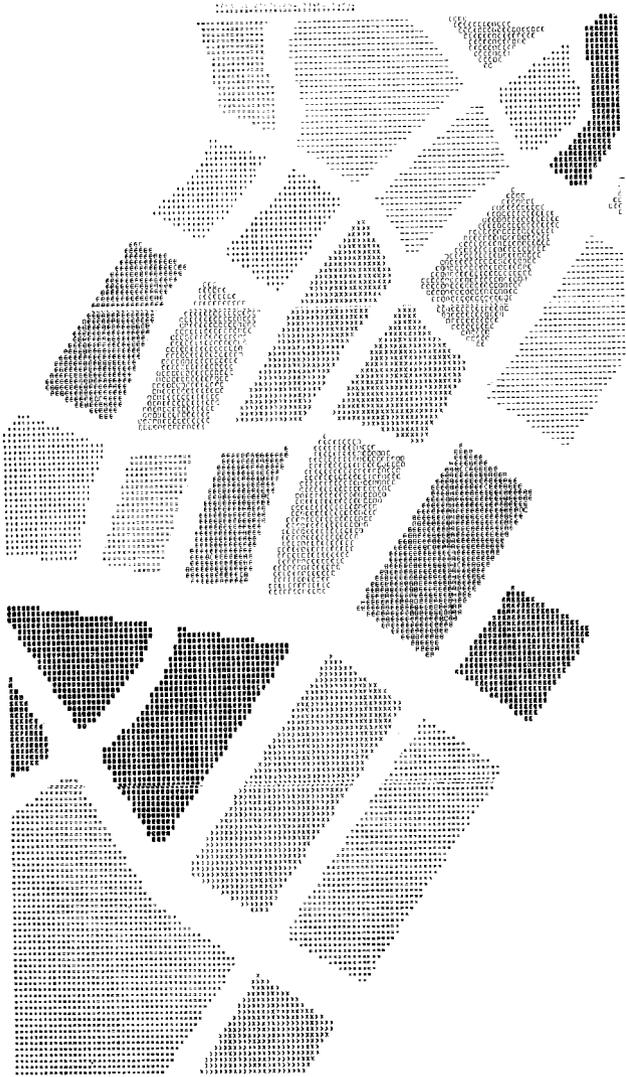


GRÁFICO 10

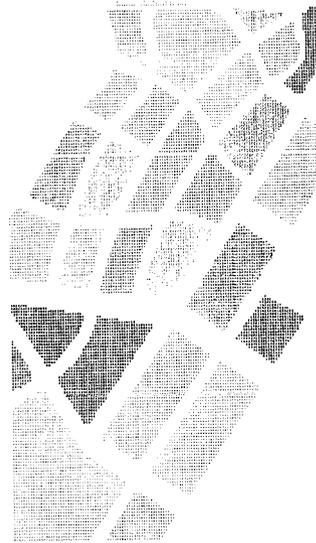


GRÁFICO 11

Figs. 10 y 11. — Reducciones del plano sometido a estudio, a escala 1:4.000 y 1:8.000 respectivamente.

aspectos urbanos, ya que la ciudad tiene tres dimensiones, y precisamente de la conflictividad entre la superficie y la altura provienen la mayor parte de sus originalidades. Sin embargo, aquí solamente representamos la tercera dimensión mediante gamas de intensidad, ya que esto solamente sería posible con el sistema SYMVU o con el uso combinado de SYMAP-SYMVU<sup>9</sup>.

La representación *isolineal* tiene también gran interés en cartografía urbana. Las líneas de igual precio del suelo, las isócronas a partir de un punto dado o de varios, estableciendo una jerarquía y diferentes velocidades para cada medio de transporte, etc., son problemas que solamente pueden resolverse con cierta economía mediante la cartografía automatizada. La accesibilidad a zonas verdes, escuelas, CBD, etc., son ejemplos claros de este tipo de aplicaciones en las que actualmente estamos trabajando.

La cartografía de fenómenos *dinámicos* es otro de los ejemplos de aplicación del ordenador en geografía urbana. El factor temporal ha sido siempre integrante del espacio geográfico pero en la época actual todavía cobra más interés. Los flujos y las series temporales pueden introducirse fácilmente en memoria y permitir una cartografía actualizada —única forma de que sea operativa, ya que de otra forma habría que partir siempre de cero.

Más difícil es desarrollar la cartografía de la *percepción* urbana. Siguiendo los sistemas de notación de Kevin Lynch estamos intentando llegar a resultados de la imagen de la ciudad vista por sus propios habitantes<sup>10</sup>. En la medida que cada información es fácilmente cartografiable y recogible en memoria, es posteriormente muy fácil, por agregación, obtener una imagen colectiva de la ciudad, siempre y cuando se disponga de una base de encuestas suficientemente fiable.

Por supuesto, existen otros muchos problemas<sup>11</sup>. En muchos casos conocemos su formulación; otros nos van saliendo sobre la marcha. Siempre quedan horizontes abiertos, y los nuevos medios técnicos abren nuevos abanicos

---

9 Para nuestras necesidades actuales podemos pasarnos perfectamente sin referencias a la tercera dimensión, trabajando simplemente con gamas de intensidades en horizontal, pero el Instituto Geográfico y Catastral ya hace años que está en condiciones de utilizar el sistema SYMVU, que requiere salidas especailes de las que aquí se carecen, ya que una de las ventajas de nuestro programa es la posibilidad de utilización aun en ordenadores de escasa capacidad de memoria y salidas convencionales.

10 LYNCH, K. "L'image de la cité". Dunod. París, 1969.

11 La dificultad de llegar a un sistema de información geográfica completo no se le escapa a nadie. Desde hace dos años, el Instituto Geográfico y Catastral viene trabajando en la elaboración de un sistema de Información Geográfica (G. I. S.) en el que se pueden recoger los principales elementos y datos que constituyen nuestro trabajo de cada día. La comunicación del I. G. y C. al Simposium de Lieja versó fundamentalmente sobre este tema.

MUGICA, F. y HERRERO, R.: "Geographie information system of the Instituto Geográfico y Catastral". Lieja, 1977.

Junto a ella aparecieron otras de diferentes países y entidades con una preocupación común pero sin llegar a una acuerdo en la resolución de todos los problemas, cosa por otra parte imposible de lograr, sin que ello quiera decir que se deba renunciar a intentarlo.

de posibilidades. El problema es confundir la técnica con el método, y la utilización de aquella con la creación de una nueva geografía. La cartografía automatizada es solamente una nueva técnica y nuestro sistema de trabajo una pequeña contribución al análisis espacial.