

Las representaciones gráficas en Geografía: posibilidades con el ordenador MACINTOSH.

Severino ESCOLANO UTRILLA
Universidad de Zaragoza.

En la investigación y docencia de la Geografía, el recurso a los gráficos está bastante extendido por la apreciable colaboración que prestan para entender hechos, conceptos y relaciones; sin embargo, puede aventurarse que su empleo no es siempre equilibrado ni son suficientemente expresivos; al contrario, hay publicaciones de temática geográfica que deben mucho de su claridad, amenidad y fácil comprensión a la brillantez y perfección de su contenido gráfico.

La conveniencia del empleo de gráficos en nuestra disciplina está fuera de discusión: son utilizados en obras y por docentes que siguen diferentes enfoques y distintas especialidades (Bullón, 1984; Cuadrat, 1985; Frutos, 1985), aunque quizás los trabajos de tipo "cuantitativo" sean más propensos a las representaciones gráficas "estadísticas". Como en otras áreas científicas y en muchos aspectos de la praxis cotidiana, en Geografía también es válido el aforismo: "una imagen vale más que mil palabras", reparando que esto es cierto sólo si la imagen es buena.

Diseñar una óptima representación gráfica es labor difícil, por la complejidad y multiplicidad de opciones que pueden adoptarse; al igual que otros aspectos del ejercicio de la Geografía se han visto alterados, incluso sustancialmente, por el uso del ordenador (Bosque y Cebrián, 1987), introducción en cuestiones gráficas ha supuesto cambios en la técnica y concepción, ha aportado ventajas importantes, y ha generado algunas inercias negativas.

Estas páginas son una aportación sobre las posibilidades de varios paquetes gráficos de tipo "estadístico" para el ordenador Macintosh, útiles en la representación de datos en Geografía; se incluyen también algunas orientaciones para la mejor confección de gráficos, en modo alguno normas rígidas ni pretenciosas, surgidas de la experiencia de trabajo con este equipo, escritas con la esperanza de que puedan servir de cierta ayuda a quienes se enfrenten al menester de realizar gráficos.

1.-LA COMUNICACION POR IMAGENES

Los gráficos constituyen un modo de comunicación por métodos representativos; son una forma especialmente adecuada a los procesos humanos de adquisición de información, ya que se retiene el 90% de la información recibida por este conducto frente al 10% de la obtenida por sonido y a una velocidad 25 veces más

rápida. Los sistemas de información gráfica son diversos y variados: abarcan desde las señales viales hasta los ideogramas chinos; los grafismos empleados normalmente en Geografía comprenden una pequeña parte de este amplio espectro.

No hay explicación completa y satisfactoria de los mecanismos que proporcionan conocimientos e información a partir de imágenes; psicólogos y otros científicos se adentran por los fascinantes vericuetos de la mente para encontrar las razones profundas de estos procesos. Lo cierto es que buena parte del comportamiento –no sólo territorial– está condicionado grandemente por las imágenes: así lo entienden los publicistas, comunicólogos, estudiosos del marketing y otros innumerables profesionales de la imagen, cuyo objetivo es transmitir mensajes y determinar ciertos consumos a través del uso predominante de la imagen; también la penetración reciente de los gráficos en el ámbito de la gestión empresarial ha sido intensísima (Gray, 1969; Wilcox, 1984).

Los objetivos buscados por los geógrafos y otros profesionales con el empleo de gráficos se orientan, mayormente, a resumir, destacar y presentar información de manera clara y rápida. Grandes masas de datos se disponen en forma de interminables tablas que engrosan, a modo de apéndices, algunos trabajos; hay que tener mucha presencia de ánimo y ser buen nadador para adentrarse en procelosos mares de números: los gráficos son flotadores para evitar el seguro naufragio de mucha información. La inclusión de gráficos no sólo ahorra páginas de texto, sino que es indispensable para explicar ciertas nociones, tan importantes en Geografía, como la forma; piénsese, sino, en los archiconocidos esquemas que dibujan las áreas de influencia en los modelos de asentamientos de Christaller y Lösch. Pero además de estas funciones, los grafismos pueden emplearse como instrumentos analíticos para explorar y descubrir estructuras, agrupamientos, etc. en las observaciones, marcando así, gracias al ordenador, un nuevo estilo, más intuitivo, en el análisis de datos.

Para entender cuál ha sido la aportación del ordenador a la construcción de gráficos, conviene recordar algunas tareas implícitas en su trazado, así como los elementos más importantes que los constituyen, teniendo en cuenta la dificultad que suponen el aunar exactitud y precisión –componente técnico– con diseño artístico –componente estético–, para que la comunicación sea eficaz en un contexto dado; por tanto, su confección es una tecnología con algunas normas fácilmente asimilables, y un arte, con minúsculas, en que la intuición, imaginación y creatividad son indispensables. La calidad de los gráficos, entendida como eficiencia de comunicación, suele ser el resultado de un compromiso entre los "objetivos intelectuales" y los "objetivos visuales".

Los principios, fases, modos de presentación, etc. están bien estudiados en los trabajos citados en la bibliografía y en otros muchos; nos referimos sólo a algunos aspectos en los que la intervención del ordenador ha sido importante.

En primer lugar, hay que seleccionar y simbolizar la información para transmitirla de la forma deseada; para este cometido hay que esforzarse en pensar en

imágenes y la intuición y creatividad son necesarios; aquí el ordenador es un auxiliar secundario: puede buscar información o ayudar a dibujar diversos símbolos. La tarea fundamental es seleccionar y establecer la codificación. Dado que se puede representar cualquier cosa, solemos realizar un sinnúmero de gráficos reiterativos, siendo también frecuente que los símbolos sean ambiguos o poco claros.

A continuación, conviene disponer equilibradamente las partes que componen el gráfico, para que la impresión de conjunto sea agradable y se facilite rápidamente su lectura.

Los símbolos quizá sean lo más vistoso y la clave más importante para compilar información. Son puntuales, lineales o zonales que combinados pueden dar lugar a múltiples gráficos de apariencia distinta. Es variable su color, forma, valor, espaciado, orientación, ubicación, dimensión X e Y, etc.

Las tramas son formas que se repiten sistemáticamente y pueden mudar sus cualidades como los símbolos. Hay que tener cuidado en su selección para evitar sugerir ordenamientos o magnitudes donde no los hay.

La rotulación y leyendas, junto a otros elementos formales (flechas, etc.), han de ser las precisas, sin recargar el gráfico, y ubicadas adecuadamente. Asimismo la elección de tipos, tamaños y estilos ha de ser apropiada.

Una u otra distribución de estos componentes provoca reacciones distintas en el receptor. La simplicidad, claridad, belleza, elegancia, legibilidad, contraste son a la vez cualidades y objetivos gráficos que favorecen la virtud de la comunicación por medio de imágenes.

2. -EL ORDENADOR Y LA REPRESENTACION GRAFICA

La utilización creciente del ordenador en la generación de imágenes ha afectado al proceso de diseño gráfico de forma positiva en unos aspectos y negativa en otros. Muchas actividades se han visto interesadas y potenciadas, ya que en casi todos los objetos de consumo el diseño es un valor añadido importante. El diseño industrial asistido, la producción de obras literarias y gráficas (comics), la animación de escenas, los videojuegos, etc. son otras tantas manifestaciones de la triunfal y aplastante entrada del ordenador en el campo de la imagen; los gráficos utilizados por los científicos, empresarios, etc. tampoco han escapado a esta revolución.

Hasta no hace mucho, los ordenadores convencionales, incluso algunos grandes equipos, no eran muy hábiles en la manipulación de imágenes y ello los hacía desechables para estos propósitos. Con los modelos recientes la situación ha variado radicalmente, hasta el punto que las representaciones gráficas constituyen, cada vez más, el modo usual de comunicarse con los ordenadores.

Son diversas las causas de este cambio. Primero hay que considerar la espectacular mejora en la relación precio/prestaciones de componentes microelec-

trónicos, que permiten diseños de tarjetas y terminales gráficas muy complejas para la creación y gestión de imágenes, implementadas, incluso, en ordenadores personales (Robinson, 1985, 167). A la vez se han producido sustanciales avances en la programación (Allen, 1987, 175) que han ampliado las tareas tratables por métodos gráficos. Están muy extendidos los paquetes para la confección de gráficos estadísticos, e incluso los programas para gráficos de "alto nivel" son relativamente baratos y de manejo sencillo.

En la popularización de todo tipo de representaciones gráficas por ordenador, ha contribuido también el destacado papel de las imágenes en la creación de interfases usuario-máquina, de manejo cómodo, que se han dado en llamar "amistosas con el usuario" (user-friendly). Es un nuevo concepto de programación incluida en muchos ordenadores, entre ellos el Macintosh, que se distinguen por la simulación de un escritorio: pantalla dividida en ventanas que se solapan y permiten visualizar las aplicaciones, iconos que representan objetos de trabajo -papelera, tijeras, etc.-, menús, operaciones de "cortar y pegar" que permiten unir documentos distintos en uno sólo, etc. (van Dam, 1984, 86-87).

Este enfoque se apoya en el postulado: "lo que se ve en pantalla es lo que se imprime" en cualquier tipo de soporte. Precisamente relacionado con los progresos citados se encuentra el perfeccionamiento de los medios de impresión; a la tradicional impresora matricial y al trazador (plotter) se ha unido la impresora láser que, a precio asequible para centros universitarios, proporciona copias de calidad suficiente.

El uso de estos ingenios en el los proyectos gráficos de nuestra disciplina ha supuesto mayor facilidad sobre procedimientos manuales para realizar cambios: se puede acceder a una amplia gama de símbolos, tramas o texto que permiten ensayar continuamente distintas apariencias, sin gran consumo de tiempo o dinero adicional.

Pero, como no podía ser de otra manera, también se han generado algunas inercias. Sucede que al realizar los gráficos nos ceñimos exclusivamente a las posibilidades del equipo en cuestión; de esa forma, si acaso se había preconcebido un esquema, éste se modifica para adecuarlo a las posibilidades del equipo. Se da, a la vez, un reduccionismo y una explosión gráfica, dada la facilidad de producción por medios informáticos.

El método adecuado para llevar a cabo los gráficos de un trabajo es elaborar primero, básicamente con lápiz y papel, un plan gráfico y, después, buscar los paquetes que contengan las especificaciones requeridas o, caso de no encontrarlos, desechar el empleo del ordenador.

3. -PROGRAMAS PARA MACINTOSH

Es complicado establecer una clasificación del "software" gráfico, puesto que algunos paquetes tienen funciones diversas. La tipología que exponemos sólo

tiene por objeto orientar a posibles usuarios en la elección de programas ajustados a sus necesidades.

-Un primer grupo de programas se dedica a la confección de gráficos "estadísticos" a partir de información numérica, suministrada en el propio programa o leída de bases de datos, hojas de cálculo o tratamientos de texto. Su propósito es general y pueden emplearse en Geografía y otras áreas profesionales y de investigación, puesto que cubren representaciones "estándares". Hay programas cuyo objeto principal es el trazado de este tipo de gráficos (Ms-Chart v. 1.0 y Criquet-Graph v. 1.1.); otros paquetes están dedicados al análisis estadístico, pero incorporan prestaciones gráficas de este tipo (así Systat y Stat-View 512+; Excel es una potente hoja electrónica que además de base de datos incluye los gráficos de Ms-Chart). Finalmente, los paquetes integrados -tratamiento de textos, base de datos, hoja electrónica, comunicaciones- también cuentan con módulos que realizan estos gráficos (Jazz, Lotus 1-2-3, dBase 3, y otros). Distintos son los fines del programa Mac Spin, ya que pretende el análisis de datos apoyado en la representación gráfica.

-Otro tipo de programas tiene metas específicas. Los más numerosos son los de diseño industrial asistido (Mc Cad, Mac 3D, Mac Space, Easy 3D, Pc Design, Design Scope, M.G.M. Station, E.Z. Draft, Circuitos Electrónicos, etc., de relativo interés para nosotros). Lo más importante es que añaden la tercera dimensión y rutinas para el tratamiento de la geometría de sólidos. Hay dos paquetes cuyo uso puede ser fructífero y en los que los gráficos son un componente fundamental (Stella, para la dinámica de sistemas y Mac Project, para el estudio y organización de tareas complejas. Geo-Structures dibuja bloques tridimensionales de terreno con su evolución geológica).

-El tercer bloque de programas está compuesto por los destinados a la confección de gráficos "a mano alzada". Suelen simular una pizarra u hoja de papel en las que el usuario realiza el gráfico con útiles convencionales: pinceles de distinto grueso, lapicero, borrador, etc., que facilitan la expresión de las cualidades artísticas del usuario. Con ellos se puede realizar cualquier clase de gráfico, pero los valores numéricos no son trasladados automáticamente al plano según un sistema de coordenadas; son muy abundantes y algunos muy flexibles: Mac Paint, Super Paint, Mac Draw, Mac Draft, Criquet Draw, Adobe, Mac Plot, Animation Toolkit, Paint Cutter, Video Works, Graphic Works, Tek Print y otros.

Para trabajar con los programas citados es conveniente utilizar un modelo de ordenador con 512 Kb. de memoria o más y, a ser posible, dos unidades de disco flexible de 800 Kb. o disco duro. Todos los programas son interactivos y aprovechan muy bien las ventajas del sistema icónico, salvo Systat, que opera por comandos escritos desde teclado.

Con este repertorio, existente también para otros equipos, quedan cubiertas las necesidades gráficas habituales; no obstante, como señalaremos, otros gráficos de uso frecuente no están disponibles.

a) Gráficos de coordenadas, circulares y de "caja"

Estos tipos de gráficos son el medio más común para hacer asequibles a la intuición determinadas magnitudes y relaciones.

Quizá los gráficos más extendidos en Geografía sean los construidos sobre ejes de coordenadas cartesianas. Cada observación queda determinada en el plano por pares de valores X e Y; cuando se representan evoluciones temporales o uno de los valores es categórico, la cronología y las categorías acostumbran a medirse en el eje de abscisas. Todo tipo de gráficos de evolución temporal, diagramas de dispersión, etc. suelen estar construidos sobre estas coordenadas.

En las gráficas de coordenadas polares, cada punto viene determinado por el ángulo o dirección y la distancia desde el origen (radio vector). Estos gráficos están menos difundidos, pero son muy adecuados para representar fenómenos cíclicos o sujetos a ciertos ritmos; son más empleados en climatología o geografía rural donde el tiempo es una variable importante.

Las gráficas sobre coordenadas oblicuas tienen empleos específicos. Son útiles para representar variables tripartitas, de tal forma que dos valores definen un punto en el plano y el tercer valor queda determinado por los anteriores; el trazado se resuelve en un triángulo equilátero, sobre cuyos ejes se miden los valores en escala relativa. Empleados casi exclusivamente en geografía de la población y económica, podrían extenderse a otras especialidades.

También son muy frecuentes los gráficos circulares, apropiados para visualizar proporciones de diversas categorías en un total.

Los gráficos de "caja" y los de "tallo y hoja" de J. Tukey destacan por su simplicidad y potencia para explorar distribuciones de frecuencia.

1.º) *La entrada de datos*

La introducción de datos es sencilla y flexible. Criquet Graph dispone de una hoja electrónica de hasta 40 columnas por 2.700 filas, dependiendo de la memoria del ordenador; en las columnas se almacenan las variables o categorías y en las filas, los valores de los casos, admitiendo cada celda un máximo de quince caracteres.

En Ms-Chart la entrada de datos es más rígida, ya que cada serie se plasma en una ventana individual en dos columnas hasta un máximo de 100 pares de valores X e Y, pero a cambio se consignan automáticamente muchos de ellos; según la naturaleza de los valores del eje X, los tipos de ventana son: secuencia, fecha, texto o número. Si son muchas las variables a representar, el escritorio se satura y es trabajoso examinar datos y gráficos a la vez.

Excel y Stat-View emplean hojas matriciales muy grandes, de 16.384 líneas y 356 columnas la primera, y variable la segunda, que, según la memoria

disponible, puede ser de 32.765 filas y 8.192 columnas; además, la dimensión de las celdas es modificable.

En Systat los datos se teclean como si de un texto se tratase. Hay que recordar que los datos son trasferibles entre las aplicaciones o pueden recuperarse de otros documentos.

2.º) Los tipos de gráficos

La conversión de la información numérica en gráfica ofrece numerosas posibilidades. Criquet-Graph dispone de gráficos de puntos, líneas, áreas, barras, columnas, sectores circulares, barras apiladas, columnas apiladas, polares, control de calidad, doble Y, de texto y combinados de barras y líneas.

En Ms-Chart hay prediseñados 42 tipos distintos: 5 de áreas, 7 de barras, 8 histogramas, 7 de líneas, 6 de sectores circulares, 5 de puntos y 4 unión de barras, áreas y líneas.

Por otro lado, Stat-View cuenta con diversos modelos de gráficos de puntos, líneas, barras, columnas, circulares, de caja y los propios del análisis factorial. Systat añade a los tipos básicos, histogramas de "tallo y hojas", cuantiles, series temporales, gráficos de probabilidad, de análisis factorial, "árboles" de clasificación jerárquica, representaciones de autocorrelación y otras utilidades gráficas.

3.º) Herramientas que mejoran la presentación

Todos los programas tienen opciones por defecto que generan gráficos de calidad aceptable, pero usualmente precisan cambios para ajustarlos a la configuración deseada o a diseños de costumbre en diversas especialidades: climogramas, ergogramas, etc. Para esta función todos los programas poseen utilidades para alterar la apariencia del gráfico, con nuevos elementos o reformando los ya existentes.

Criquet-Graph puede dibujar gráficos con profundidad, haciéndolos más compactos y llamativos, —no confundir con gráficos en tres dimensiones, que utilizan un tercer eje de coordenadas—. Asimismo, puede añadir barras de error en cualquiera de los dos ejes, y etiquetas con los valores de cada punto en todos los tipos de gráficos.

En este programa se pueden determinar manualmente los valores máximo y mínimo de los ejes, su número de divisiones principales y secundarias y el trazado de una red de líneas más o menos densa para facilitar la lectura; la primera facultad es útil cuando se quiere conservar la escala en gráficos que han de ser comparados. Con una instrucción se pueden intercambiar los ejes convirtiendo, rápidamente, un gráfico de barras en otro de columnas, y a la inversa. Asimismo, el eje de ordenadas puede colocarse a la derecha o a la izquierda.

Otro conjunto de recurso afecta a caracteres meramente formales, pero no por ello menos importantes. Pueden incluirse en el gráfico figuras geométricas –cuadrados, rectángulos y rombos de varios tipos, círculos y elipses–, líneas y flechas, para encuadrar o marcar textos, títulos, leyendas o cualquier otro componente del gráfico. Además de una suficiente gama de tramas de relleno y símbolos, una utilidad importante, ausente en los otros programas, es la de pegar en los gráficos, a modo de "collage", cualquier figura o motivo creada con otros programas de diseño libre.

Los textos pueden ser de cualquier longitud, tipo, estilo y tamaño –si están instalados en el sistema–, y pueden colocarse en posición horizontal o vertical. De hecho, cada elemento del gráfico, incluido el cuerpo principal, es tratado como una parte independiente, que se puede trasladar libremente por la hoja de dibujo y cambiar de tamaño.

Otras facilidades hacen vigoroso y versátil este programa. Una de ellas consiste en la capacidad para guardar las formas básicas de un gráfico –tipo y tamaño, tramas empleadas, etc.– en un "macro", de tal manera que con un solo comando se pueden reproducir múltiples pasos. Otra es la competencia para visualizar en pantalla hasta ocho ventanas con otros tantos gráficos simultáneamente, con lo que podemos ver los mismos datos representados de diferentes maneras. También cuenta una paleta de ocho colores, sólo visibles al imprimir.

Ms-Chart integra un catálogo similar de prestaciones, pero es más costoso modificar los gráficos predefinidos, por su estructura más rígida y menos intuitiva que la del programa anterior. No dibuja la profundidad y en pantalla sólo hay un gráfico, pero sí refleja automáticamente en el gráfico cualquier corrección en los datos, lo que no ocurre en Criquet-Graph, donde es necesario dibujar de nuevo.

Las alternativas para rotulación y leyendas son muy abundantes, afectando a formas, fondos, bordes, sombreado, etc.; también es amplio el número de tramas y símbolos, pero está ausente el color.

En Stat-View 512+ los recursos formales no son tan amplios como en los paquetes anteriores, pero sí están contemplados los fundamentales. Hay que tener en cuenta que el módulo gráfico está pensado para complementar el análisis estadístico, y por ello hay rutinas para el trazado de intervalos de confianza en las regresiones, control de puntos superpuestos en diagramas de dispersión, etc.

Los modelos automáticos pueden alterarse determinando la escala de los ejes, añadiendo leyendas y red de trazos de lectura, recuadrando el gráfico o cambiando tramas y símbolos –de estos últimos también su tamaño–, pero no se puede reubicar los elementos, variar la dimensión del gráfico ni disponer en pantalla de más de un gráfico.

Systat no utiliza la alta resolución y las opciones por defecto son muy simples; hay que dar forma al gráfico a través de comandos por teclado, siendo las variedades menos numerosas y la dificultad mayor. Ahora bien, sus cualidades gráficas completan muy dignamente su extraordinaria potencia analítica. A nuestro

juicio, no es recomendable su uso exclusivamente para trazado de gráficos, salvo en casos muy determinados.

4.º) *Ayudas para el análisis de la información*

Los programas que comentamos son algo más que simples paquetes gráficos; todos contienen una batería de funciones para el análisis matemático, virtud nada desdeñable a la hora de seleccionar el más adecuado.

Criquet-Graph es casi una hoja electrónica. Puede ordenar números y textos de forma ascendente o descendente; recodificar información para cambiar valores en un rango cualquiera; transformar cualquier variable según una decena de fórmulas matemáticas (exponencial, suma acumulada, porcentaje, desviación típica, valores Z, derivada de orden n, potencias, seno, coseno y logaritmo), operar con dos columnas y obtener tablas de frecuencia. Las series temporales se suavizan por medias móviles de cualquier amplitud que pueden superponerse al gráfico original. Asimismo, calcula y dibuja regresiones simples, polinomiales y logarítmicas que se representan automáticamente junto con la correspondiente ecuación; la rutina de interpolación de Stineman dibuja todos los puntos de las curvas dando una calidad excelente al dibujo.

Ms-Chart es más limitado en esta tarea. Computa la media aritmética, la tendencia, regresión lineal, crecimiento exponencial, suma acumulada, porcentaje, e indicadores estadísticos (número de puntos, valores máximo y mínimo, media aritmética, mediana, y coeficiente de correlación) de una variable; además, es más complicado representar las curvas de regresión sobre los gráficos de dispersión. Stat-View 512+ y Systat tienen por objetivo, precisamente, al análisis de datos por lo que disponen de muchas más capacidades.

5.º) *Intercambio de datos*

Aparte del suministro de datos por teclado, los programas gráficos pueden leer información procedente de otros programas si está grabada en los formatos adecuados, y también guardarla en varios estándares, por lo que el flujo entre distintos paquetes está garantizado.

Criquet-Graph salva los datos en filas acabadas con un retorno en las que cada ítem o columna está separado por un tabulador; los gráficos se vuelcan en formato Normal o PICT; puede recuperar también información de ficheros SYLK. Ms-Chart almacena datos en formato Normal y SYLK, y la recupera de ambos y de archivos ASCII. Stat-View 512+ y Systat disponen de funciones específicas para obtener y guardar datos de ficheros ASCII e intercambiarla directamente con otras aplicaciones.

El "portapapeles" y el "apuntador" aseguran también la circulación de números y gráficos entre distintos programas, imprescindible para intercalar gráficos y tablas en tratamientos de texto.

6.ª) *La realización de copias*

Una de las finalidades del trazado de gráficos es obtener reproducciones, en papel u otros soportes, para su exhibición.

Todos los programas producen copias en impresoras matriciales de calidad razonable, pero casi siempre es preferible la impresora láser, que proporciona mejores contrastes, más precisión y finura en tramas y símbolos, pudiendo sustituir, para usos normales, al color.

Criquet-Graph ayuda en la impresión reproduciendo a escala el tipo de página seleccionado, sobre la que se pueden desplazar y redimensionar los gráficos para ajustarlos equilibradamente a su marco; tiene, además, 6 "drivers" para los trazadores más difundidos.

Aunque es más difícil, porque los periféricos son caros y menos utilizados, es posible convertir los gráficos de la pantalla en diapositivas o cintas de video.

b) Mac Spin: análisis exploratorio de datos por métodos gráficos

La forma usual de analizar datos multidimensionales con ordenador se realiza a través de sofisticados procedimientos matemáticos, que no siempre dejan satisfecho al investigador. Desde hace una decena de años, han surgido métodos gráficos que emplean la capacidad del ordenador para explorar este tipo de datos. Los primeros programas (PRIM-9, PRIM-ETH, PRIM-H) requerían equipos grandes y muy costosos, por lo que no se extendieron; los recientes progresos en la tecnología y programación gráficas (sistema raster) han permitido que estos paquetes funcionen en ordenadores personales. Así como para la confección de gráficos, tratamiento de texto o cálculo numérico hay una amplia gama de programas en todos los equipos, para esta función son más escasos o, al menos, sólo conozco el citado.

El objetivo de este programa es eminentemente exploratorio: las decisiones para encontrar en los datos agrupamientos no aleatorios, tendencias, asociaciones o valores extremos son confiadas a la intuición y habilidad humana para reconocer estructuras significativas. Es esta una manera distinta de conducir investigaciones, fuertemente contestada por los ortodoxos, aunque con ella se han encontrado relaciones que antes habían pasado desapercibidas por los métodos estadísticos "clásicos".

La organización de este programa es muy sencilla y flexible lo que hace fácil su manejo. Los datos se introducen por medio de una hoja electrónica o se leen de ficheros de texto que tengan el formato adecuado; a partir de los valores originales se pueden generar series nuevas, aplicando cualquiera de las 32 funciones trigonométricas, algebraicas, etc. de las que dispone, o bien, combinando otras cinco operaciones para relacionar dos variables.

La forma de representación es la nube de puntos tridimensional de hasta 700 casos, –dependiendo de la potencia del ordenador– en ocho símbolos posibles, sobre la que se superpone un trípode, a cuyos ejes se asignan las variables. Las funciones principales son:

-Rotación continua sobre cualquier eje. Es un servicio fundamental que permite examinar la disposición tridimensional de los datos, la curvatura de los mismos, las agrupaciones, los casos alejados, etc.

-Animación. Esta utilidad permite contemplar los puntos "en movimiento" en función de los valores de cualquier variable, temporal o no; es equivalente a una "cuarta dimensión". Hay dos modos de visualizar las animaciones: haciendo un corte transversal que muestra la disposición de los datos abarcados, o bien, acumulando los comprendidos hasta la profundidad de la cata. Es especialmente útil para estudiar tendencias temporales.

-Identificación. Cada observación individual se reconoce instantáneamente en el gráfico, mostrando, si se desea, todos sus valores numéricos.

-Creación de subconjuntos. Los valores individuales pueden ser agrupados en el gráfico, en razón de múltiples criterios: su proximidad, alejamiento, etc. Pues bien, tales observaciones forman un conglomerado y se les atribuye un símbolo en la nube. También es posible establecer grupos por medio de operaciones lógicas.

Creemos que estos gráficos dinámicos tienen múltiples aplicaciones en Geografía, tanto en investigación como en docencia, aunque hasta ahora no se hayan empleado con profusión. No se trata de sustituir unos métodos por otros, sino de complementar, incluso completar, las técnicas estadísticas con estas otras más intuitivas, que pueden ayudar a entender las clasificaciones, agrupamientos, etc., realizados matemáticamente.

c) Diagramas de flujo: Mac Project y Stella

Estos programas no se orientan específicamente al diseño de gráficos, pero en ellos la representación es muy importante. No los describiremos exhaustivamente, sino que referiremos sus principales funciones.

Mac Project está encaminado al análisis de redes para evaluar el desarrollo de tareas organizadas en etapas, entre las que media un tiempo determinado y están a cargo de un responsable. Los gráficos que describen las relaciones entre tareas, costes, duración, etc. son un medio necesario para entrada y salida de información; a partir de ellos se determina el "camino crítico" o se aprecian los nodos fundamentales.

-Stella trabaja en dinámica de sistemas. El esquema general del sistema y sus relaciones, materiales y de información se definen a partir de un gráfico;

también es posible establecer la relación entre las variables manipulando gráficamente la línea que las expresa en ejes de coordenadas cartesianas. Para estos fines el programa facilita iconos -cajas, nubes, flechas etc.-, que pueden disponerse sobre la pantalla.

d) Programas de diseño libre

El objeto de estas aplicaciones es el de facilitar la creación gráfica "a mano alzada", proporcionando herramientas que simulan las empleadas "con lápiz y papel": tijeras, goma de borrar, "spray", etc. que se utilizan como si de las reales se tratara; para el Macintosh son muy abundantes, aunque cada programa tiene prestaciones y modos de uso distintos. Se utilizan en quehaceres muy variados, que para nosotros se resumen en una doble función:

-Confeccionar gráficos y esquemas no estadísticos o no sujetos a modelos formales rígidos; se trata de esas representaciones ideadas para explicar e ilustrar un proceso, una relación..., que tienen matices diferentes en cada trabajo. Con los útiles que proporcionan (figuras, tramas, flechas, textos, etc.) se pueden hacer gráficos complejos.

-Modificar, retocar o completar las imágenes estadísticas creadas con otros programas, borrando, realizando, añadiendo algún elemento o detalle.

4.-ALGUNAS SUGERENCIAS PARA REALIZAR GRAFICOS LEGIBLES; TIPOS DE GRAFICOS MAS USADOS

Los cientos de posibilidades de las que, literalmente, se dispone al realizar gráficos por ordenador llegan a abrumar y desorientar al usuario; se puede caer en la tentación de restringirse sólo a las opciones por defecto, levemente retocadas o, en el otro extremo, de recargar el gráfico hasta hacerlo ilegible. No hay reglas fijas que regulen una presentación correcta por gráficos, pero sí unos usos a los que, por habituales, está acostumbrada la percepción humana o mejor la del geógrafo.

a) Orientaciones generales para el diseño de gráficos

-Ante la disyuntiva apuntada la pauta más recomendable es buscar la simplicidad; ésta ha de reflejarse en el limitado número de elementos del gráfico y en la elección y concepción del gráfico mismo. Si hay muchos componentes, la imagen resulta confusa y lenta de leer. Por ejemplo, no se retiene la información de un diagrama circular con más de ocho sectores, ni la de un gráfico de barras apiladas o agrupadas, o la de un diagrama de líneas o de dispersión con más de cuatro o cinco categorías. Si es preciso, se reordena la información para adecuarla a estos propósitos gráficos. Otras piezas como líneas, flechas figuras, etc., han de reducirse al mínimo necesario.

-Cuando se quiere llamar la atención sobre un valor hay que destacarlo: se separa un sector de un gráfico circular, se añade una flecha al punto significativo o se sombrea de negro el área correspondiente en los gráficos de barras, áreas, etc., permaneciendo en blanco el resto.

-Es conveniente buscar el equilibrio visual en la composición, distribuyen las partes de manera simétrica y homogénea; para ello se centran los títulos y leyendas, se compensan las superficies a derecha e izquierda, arriba y abajo, etc. Hay que evitar excesivas concentraciones de elementos, acomodándolos a todo el plano de dibujo. El espacio puede utilizarse con mucha eficacia en un gráfico.

-La proporcionalidad de la escala de los ejes hay que mantenerla para no producir la sensación de distorsión en la representación; a la vista le resulta agradable la relación de 3/4 entre el eje vertical y el horizontal. En ocasiones, hay que forzar el origen del eje de ordenadas a 0, para que las diferencias se aprecien mejor, aunque con ello se pierda resolución. Si en ambos ejes se representan valores, es apropiado mantener los mismos incrementos en cada división.

-El sombreado y el color son seleccionados por el ordenador siguiendo una secuencia preestablecida que no siempre es la mejor. Tramas similares no deben aparecer juntas, ya que inducen a la confusión y exigen cierto esfuerzo para distinguirlas; las rayas paralelas sugieren orientación y llegan a ser molestas si no son de trazo fino. La densidad del sombreado ha de ser similar –salvo que se quiera resaltar algo– para no indicar ordenamientos inexistentes.

-Los ejes son fundamentales en un gráfico y es preciso estudiar sus divisiones, etiquetas y posición. Las marcas de las divisiones principales son mayores que las secundarias, y son más claras si se colocan al exterior que cruzando el eje; las etiquetas acompañan al espaciado principal. El entramado de lectura no ha de ser muy tupido porque enmaraña el gráfico, cuyo objeto no es presentar el valor exacto de un punto determinado. Normalmente el eje de ordenadas se coloca a la izquierda, salvo en los diagramas de barras tridimensionales, con orientación de la profundidad hacia la derecha, que entonces es más legible en este último lado.

-Los gráficos de texto, las leyendas y títulos han de ser exclusivamente los indispensables, escritos en fuentes de letra clara, sin serifs complicados, y en estilo consistente. Sólo el título es una excepción al ir en tamaño mayor, negrita, enmarcado, etc. Es aconsejable no emplear distintos tipos de letra en el mismo gráfico, si no hay un ritmo o una razón determinados.

Como ya hemos indicado, la versatilidad que proporciona el ordenador obliga a empezar de nuevo si no se está satisfecho con el primer gráfico.

b) Los gráficos más empleados

Los gráficos más difundidos son los de líneas o barras y los circulares, porque son los métodos más sencillos para representar datos de cierta complejidad, aunque no siempre la solución ni selección de estos tipos resultan evidentes.

Los gráficos de línea son los más aptos para ilustrar tendencias temporales en variables continuas. En ordenadas se suelen representar los valores y en abscisas, las categorías o el tiempo. Las líneas no han de exceder a cinco y su trazo, continuo o discontinuo, ha de ser compacto. Los puntos concretos han de realizarse con un símbolo, círculo, triángulo, cuadrado, etc., mejor sólido que de contorno; las aspas, cruces y similares no son adecuadas porque producen efectos distintos según sea la pendiente de la línea.

Las áreas son formas de representación parecidas a las líneas, pero con el inconveniente de que las superficies de primer plano impiden ver las restantes; para evitarlo hay que disponer ordenadamente las series, representando las menores en primer plano. Las áreas apiladas son más frecuentes y, cuando figuran valores en porcentajes, suponen una ventaja sobre los diagramas circulares, ya que posibilitan comparaciones en el mismo gráfico.

Los gráficos de columnas son los más fáciles de comprender y de ahí su difusión por doquier. Es el prototipo más indicado para mostrar relaciones múltiples y evoluciones temporales de variables discretas. Cuando se representan varias categorías de un conjunto, son apropiadas las barras agrupadas, que muestran los rasgos comunes y diferencias de cada una, normalmente en periodos de tiempo. Es importante reducir el número de grupos y elementos de cada grupo hasta cuatro o cinco, es decir, veinte columnas por gráfico o, de lo contrario, pierden eficacia. Estas comparaciones son factibles también con barras apiladas, pero, como en todos los gráficos apilados, no se captan inmediatamente ya que las categorías no arrancan de una base común; son más claros si los datos están expresados en porcentajes.

Los diagramas circulares son idóneos para representar la contribución de distintas partes a un todo: es una forma sencilla de expresar la proporcionalidad. Este tipo de gráficos comunica contrastes y son cualitativos, por lo que no hay que convertirlos en cuantitativos acumulando etiquetas de valores. Excesivas divisiones originan segmentos muy pequeños, a veces inapreciables: cinco o seis es el máximo recomendable y, si es preciso, se unen las categorías inferiores al 5% en el epígrafe "otros". Un modelo que se ha extendido a partir del uso del ordenador es el de sectores separados, con lo que el diagrama es más difícil de interpretar. No hay norma rígida para saber el número de sectores a aislar, pero hasta tres es el tope asimilable sin excesivo esfuerzo. Al añadirles profundidad, los círculos se transforman en elipses que desfiguran la proporcionalidad.

Con los círculos no es posible realizar comparaciones temporales de una variable ni entre dos o más variables en el mismo diagrama: esto requiere de otros tantos gráficos. Si se precisan más de cuatro círculos, es posible que las barras o áreas apiladas sean una solución mejor; en caso contrario, todos los gráficos circulares han de ser idénticos en tamaño y sombreado: la única variación ha de ser el área de los sectores.

Algunos retoques finales mejoran sensiblemente la estética y calidad de los gráficos. Un buen título, una breve leyenda, un recuadro en el cuerpo del gráfico,

una imagen relacionada con el contenido, etc. consiguen que se lean los trabajos sin saltarse las páginas que contienen los gráficos.

5.-CONCLUSION: MUCHAS TAREAS CUBIERTAS, OTRAS OPCIONES POR COMPLETAR

En el momento de llevar a cabo un proyecto gráfico, la elección del ordenador, más que en otras labores, es sólo una alternativa más y, por tanto, razonablemente descartable. Pero para los que no tenemos mucha habilidad artística para expresarnos con imágenes, el empleo del ordenador aporta ventajas considerables, al menos en lo referente a la realización de gráficos estadísticos.

Una vez inclinados favorablemente por el ordenador, hay que examinar minuciosamente el "software" gráfico disponible para el "hardware" elegido, y determinar si se programan las necesidades no resueltas por los paquetes "estándar"; estos son aspectos cruciales para inclinarse por uno u otro equipo o, simplemente, por ninguno. En los sistemas más conocidos existen programas gráficos para las representaciones más usuales en Geografía, muchas de ellas comunes a otras ciencias, pero no son tan numerosas las utilidades para el trazado de grafismos más específicos como las pirámides de edad, los diagramas de coordenadas oblicuas, gráficos tridimensionales, polares, etc.; otras veces, la variedad de símbolos y tramas no es abundante y reduce la expresividad.

Me atrevería a afirmar que no existe un paquete para ordenadores personales que contemple satisfactoriamente todos los menesteres gráficos en Geografía. Para ello, al menos, habría de integrar:

- Gran variedad gama de gráficos estadísticos y otros especiales: diagramas triangulares, las citadas pirámides de edad, etc.

- Los gráficos en tres dimensiones y la animación.

- Un módulo de diseño libre para trazar nuevos símbolos, tramas o figuras, no sólo para dar más expresividad al gráfico, sino que pudieran ser reescalados y colocados automáticamente sobre ejes, representando valores de una variable.

- Amplias bibliotecas de símbolos, figuras y bases geográficos, con la posibilidad de editar y guardar las propias librerías.

- Completas funciones de análisis y de importación-exportación de información, permitiendo, incluso, superponer barras, líneas o cualquier signo a dibujos y representaciones, es decir, a mapas.

Todavía resta mucho por hacer en el ámbito de gráficos por ordenador, y en el de la representación gráfica en general, para visualizar toda la información que se pierde en los datos.

BIBLIOGRAFÍA

- ALLEN, D. (1987): *Computer-Aided Design*. Byte, jun.; 175. En páginas sucesivas de este mismo número aparecen artículos sobre aspectos diversos de CAD.
- BENCHLEY, D. (1986): *Gráficos. Indicaciones para una presentación*. PeWorld, jul-ag.; pp. 23-31
- BERTIN, J. (1967): *Sémiologie graphique*. Gautiers-Villars, París. Existen varias ediciones y revisiones con otros títulos.
- BULLON, T. (1984): *El interés de las representaciones gráficas en la interpretación de la estructura y dinámica del medio físico*. Anales de Geografía de la Universidad Complutense, vol. 4; pp. 27-36.
- CEBRIAN, J. A. y BOSQUE CENDRA, J. (1987): *Microordenadores en Geografía*. X Congreso Nacional de Geografía. AGE, Univ. de Zaragoza. pp. 255-266.
- CHEN, L. (1982): *Topological Structure in Visual Perception*. Science, vol. 218, nº 4575; pp. 699-700.
- CRIQUET-GRAPH. *Presentation Graphics for Science and Business*. User Guide. Criquet-Graph Software, Philadelphia.
- CUADRAT, J. M.^a (1985): *Técnicas y comentario de gráficas y mapas sobre aspectos climáticos*. En Aspectos didácticos de Geografía. 1. Bachillerato. ICE, Univ. de Zaragoza, pp. 35-62.
- DAM, A. van (1984): *Programación de representaciones gráficas*. Investigación y Ciencia, nº 98, nvbre.; pp. 86-99.
- DOMINGO, C. (1986): *Dissecting Criquet-Graph*. MacUser, novbr.; pp. 83-86 y 175.
- FRUTOS, L. M.^a (1985): *El uso práctico de gráficos y mapas en Geografía rural*. En Aspectos didácticos de Geografía. 1. Bachillerato. ICE, Univ. de Zaragoza, pp. 113-150.
- GRAY, W. (1969): *Sistemas de información gráfica*. Pirámide, Madrid.
- GUNN, Th. G. (1982): *Mecanización del diseño y la fabricación*. Investigación y Ciencia, nº 74, nvbre.; pp. 60-77.
- KOLATA, G. (1982): *Computers Graphics Comes to Statistics*. Science, vol. 217, 3 sept.; pp. 919-920.

- LAMBERT, S. (1984): *Presentation Graphics on the Apple Macintosh*. Microsoft Press.
- LU, C. (1984): *El libro del Apple Macintosh*. Microsoft-Anaya Multimedia, Madrid.
- MACSPIN™. *Graphical Data Analysis Software*. User Manual. D2 Software
- NAMB, G. (1985): *Presentation with Punch*. MacWorld, agosto; pp. 81-87.
- LACH, D. Z. (1985): *The Do's and Don'ts of Presentation Graphics*. PC Week, vol 2, nº 31; pp. 47-50.
- MICROSOFT® CHART FOR THE APPLE® MACINTOSH® (1984). Microsoft Corporation.
- MICROSOFT® EXCEL. (1985). Hoja de cálculo electrónica con gráficos y base de datos para el Macintosh™ de Apple. Microsoft® Corporation.
- MONKHOUSE, F. J. y WILKINSON, H. R. (1966): *Mapas y diagramas. Técnicas de elaboración y trazado*. Oikos-Tau, Barcelona.
- ROBINSON, A. H. et al. (1987): *Elementos de cartografía*. Omega, Barcelona.
- ROBINSON, P. (1985): *Graphics Hardware*. Byte, nº 11, p. 167. En la misma revista, éste y otros autores, escriben sobre distintos avances y modelos de procesadores gráficos y periféricos de impresión.
- SCHMID, C.F. (1983): *Statistical Graphics: Design Principles and Practices*. Wiley & Sons, N. York.
- SOFTWARE GRÁFICO. (1988): PCforum, nº 6, marzo; pp. 71-78.
- SOFTWARE PARA LA CREACIÓN DE GRÁFICOS. (1988): PC Magazine, mayo 4; pp. 37-69.
- STAHR, L. B. (1984): *Graphically Speaking*. Personal Computing, nº 10, pp. 80-89.
- STAT-VIEW™512+. (1986): Abacus Concepts, Inc.
- SYSTAT. (1986): *The System for Statistic*.
- WILCOX, D. L. (1984): *The Boom in Business Graphics*. PC World, agosto; pp. 54-61.

Resumen de las características de los programas gráficos para Macintosh.

Programa	Criquet Graph	Ms- Chart	Stat- View	Systat
Tipos de Gráfico				
Dispersión	•	•	•	•
Líneas	•	•	•	•
Líneas menor-mayor	0	•	0	0
Lineas apiladas	0	•	•	•
Areas	•	•	0	0
Areas apiladas	•	•	0	0
Barras	•	•	•	•
Barras apiladas	•	•	0	0
Barras solapadas	0	•	0	0
Barras en 3 dimens.	•	0	0	0
Columnas	•	•	•	•
Columnas apiladas	•	•	0	0
Columnas solapadas	0	•	0	0
Columnas en 3 dim.	•	0	0	0
Histogramas	•	•	•	•
Circulares	•	•	•	0
Circ. con sectores desplazables	•	•	0	0
Polares	•	0	0	0
"Control de calidad"	•	0	0	0
"Caja" y cuantiles	0	0	•	•
"Tallo y hoja"	0	0	0	•
Graf. de probabilidad	0	0	0	•
Gráficos de texto	•	0	0	0
Factoriales	0	0	•	•
Combinados	•(2)	•(4)	•(4)	0
Ayudas				
Dibujo curvas ajuste	•	•(de datos)	•	•
Dib. interv. confianza	0	0	•	0
Dib. de medias móviles	•	0	0	•
Barras de error	•	0	•	0

.../...

.../...

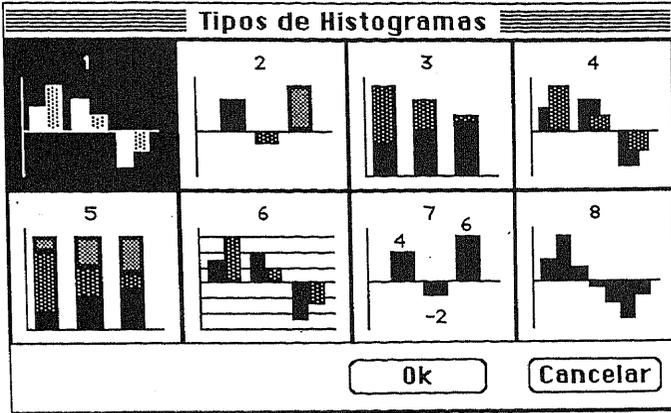
Resumen de las características de los programas gráficos para Macintosh.

Programa	Criquet Graph	Ms- Chart	Stat- View	Systat
Ejes				
Nº ejes para datos	2	2	1	2
Control manual ejes	•	•	•	•
Utilidades				
Nº tramas de relleno	16	14	16	signos
Nº símbolos	16	8	16(4 tam.)	signos
Entramado de lectura	•	•	•	o
Figuras, líneas, flechas	•	•	•	o
Pegado de fig. import.	•	o	o	o
Color	•	o	o	o
Rotulación				
Leyendas	Aut-man.	Aut-man.	Aut-man.	Manual
Etiquetas	Aut-man	Aut-man	Aut-man.	o
Nº tipos de letra	Ilimitado	3	1	1
Tamaños de letra	Ilimitados	3	1	1
Estilos	8	2	1	1
Formatos				
Nº graf. por página	8	1	1	1
Form. predefinidos	•	•	•	•(simples)
Form. defin. por usuario	•	•	o	o
Import./Export.				
ASCII	•	•	•	•
Otros	SYLK	SYLK	Rel. direct. otros prog.	
Cortar y pegar en un procesador de textos	•	•	•	o
Interfase de usuario				
Menús y ventanas	•	•	•	Poco explot.
Impresión				
Impr. matricial y láser	•	•	•	•
Plotter	•	o	o	o
Documentación				
Tutorial en disco	o	o	o	•
Manual	•	•	•	•
Número de discos	1	1	1	5
Tamaño del progr. (Kb.)	245	165	532	1.528

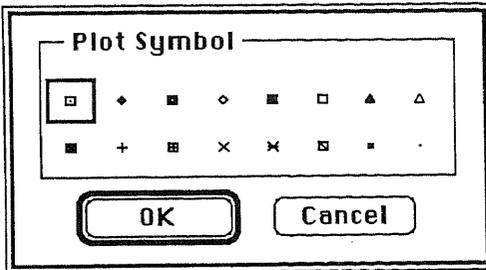
• = Si; o = No

Tipos de histograma en Ms-Chart

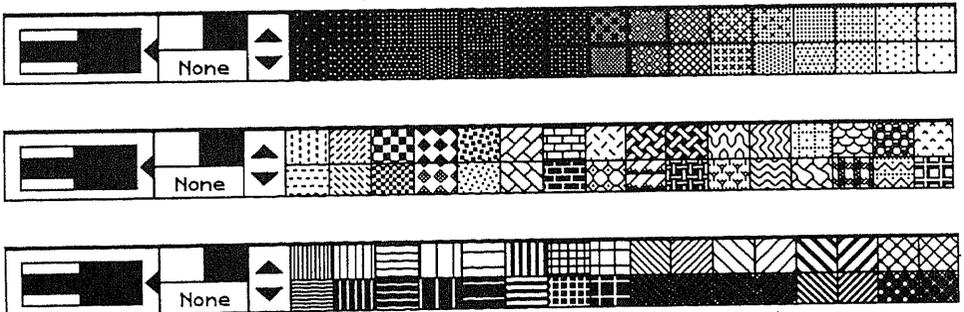
Lámina 1



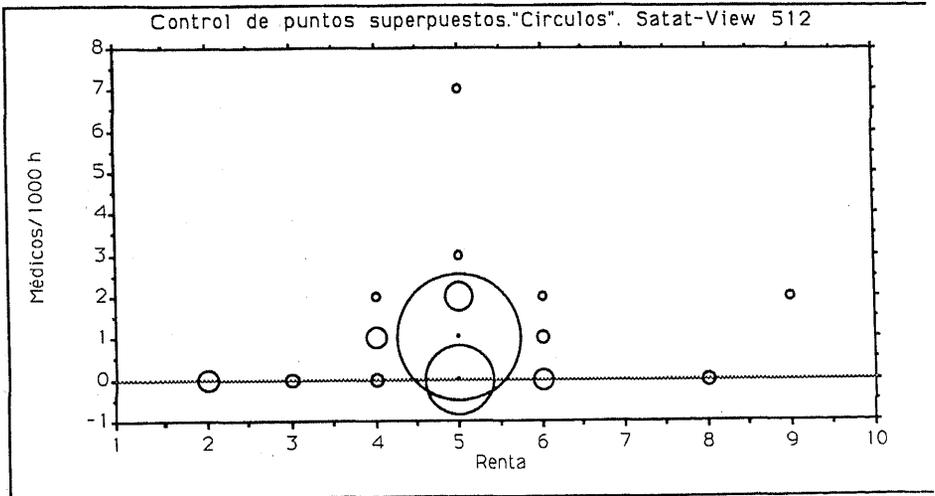
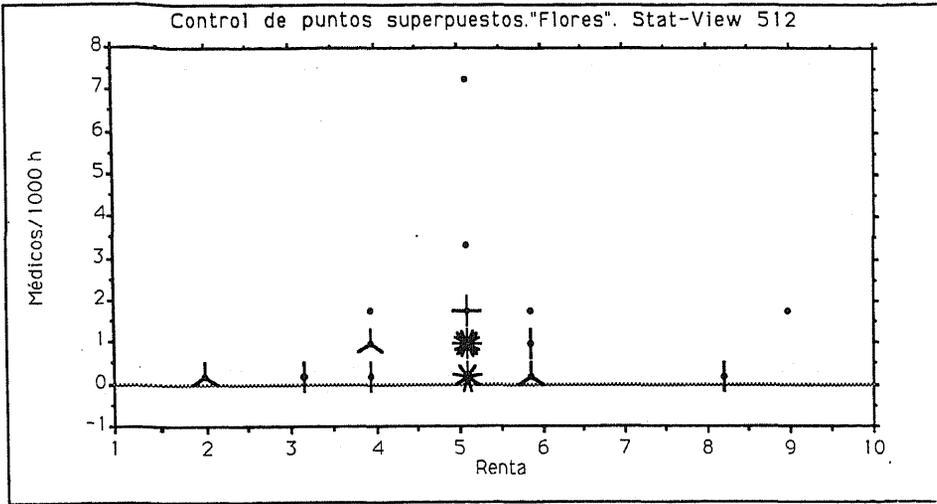
Tipos de simbolos en Criquet-Graph

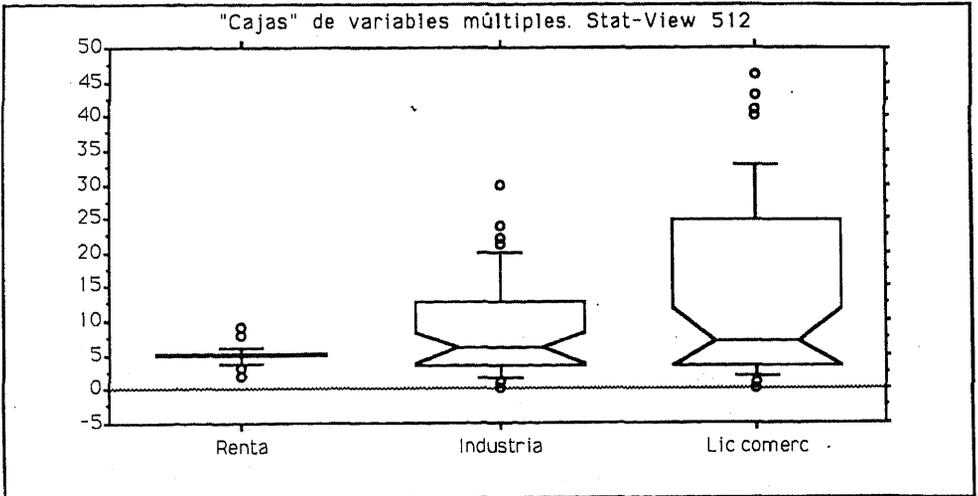
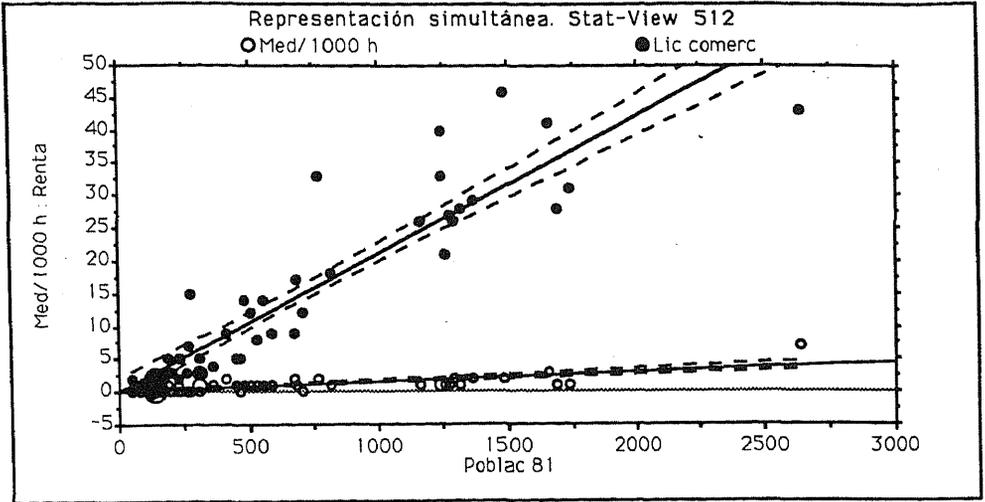


Tipos de trama en Super-Paint

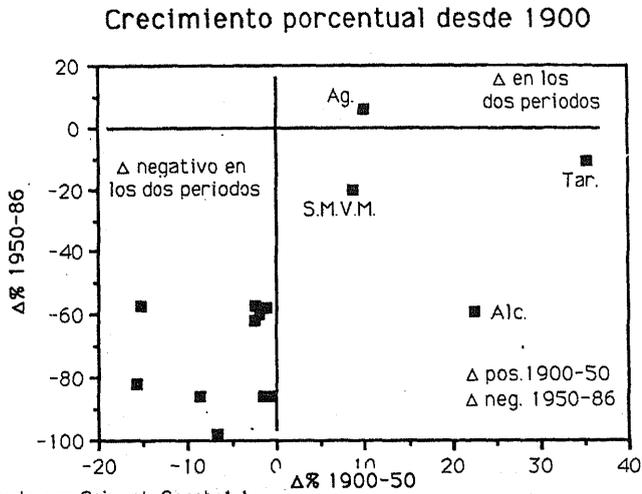
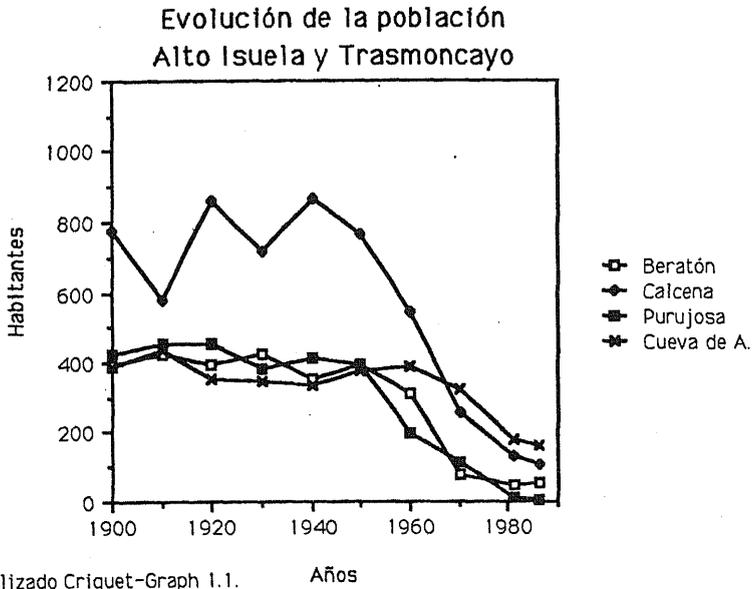


Lamina 2





Lamina 4



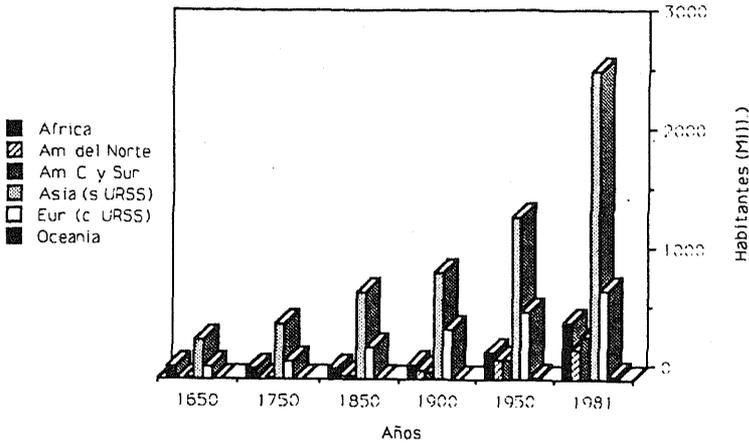
Lamina 5

Varias posibilidades de expresar los mismos datos

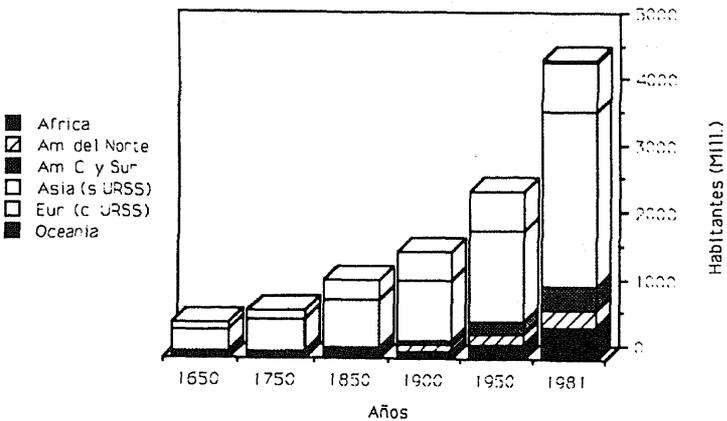
- Las barras agrupadas, para mantener la sencillez no han de sobrepasar cuatro elementos en cada grupo y no ha de haber más de cuatro o cinco grupos.
- Las barras apiladas son difíciles de comprender porque las categorías no tienen un inicio común; a veces son una alternativa a las barras agrupadas.

Texto y gráficos realizados con Criquet-Graph 1.1

Evolución de la población mundial

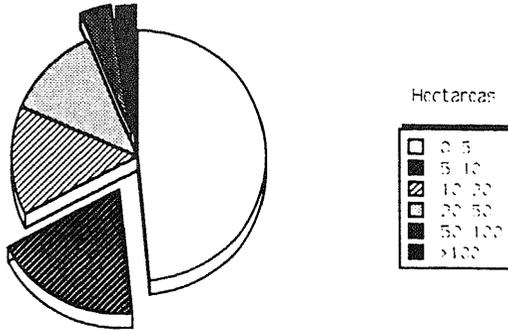


Evolución de la población mundial



Lamina 6

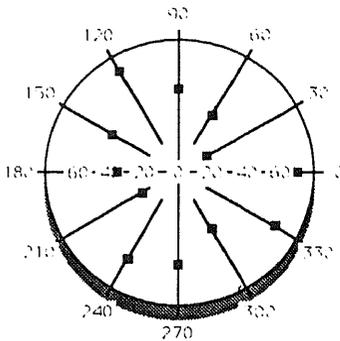
Distribución de las explotaciones agrarias según su tamaño en Agreda. 1982



Fuente: Censo Agrario, 1982.
 Realizado con Criquet-Graph 1.1

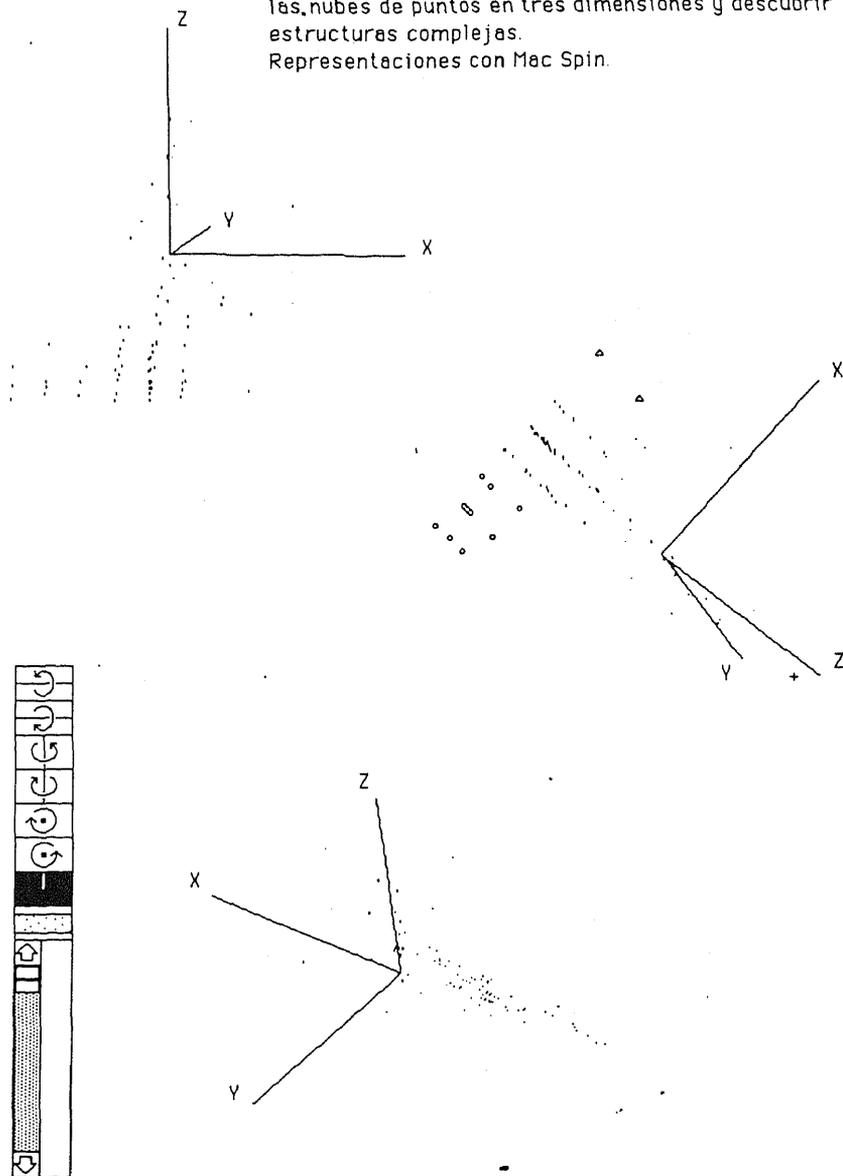
Diagrama en coordenadas polares.

Datos ficticios. Criquet-Graph 1.1

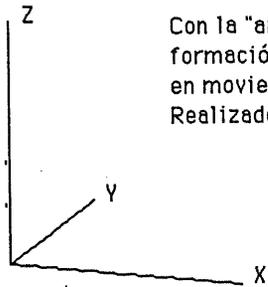


Lamina 7

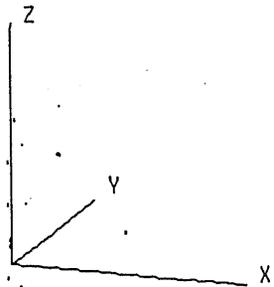
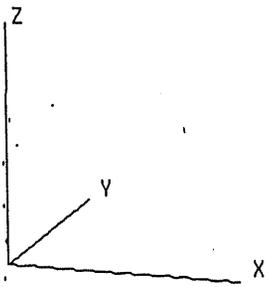
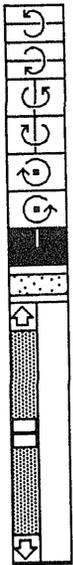
La rotación sobre los ejes permite visualizar las nubes de puntos en tres dimensiones y descubrir estructuras complejas. Representaciones con Mac Spin.



Lamina 8

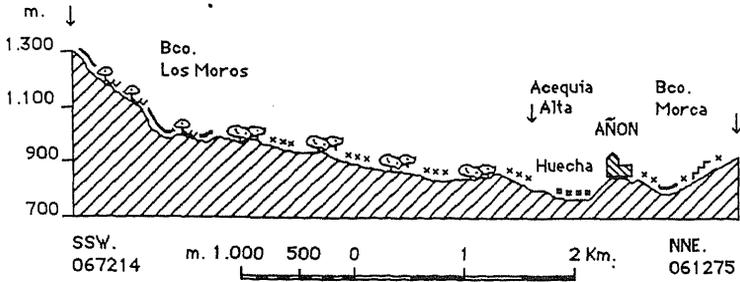


Con la "animación" se aprecia la formación de estructuras de datos en movimiento.
Realizado con MacSpin



Corte a través del término municipal de Añón

Dibujado a mano alzada con Super-Paint 1.0

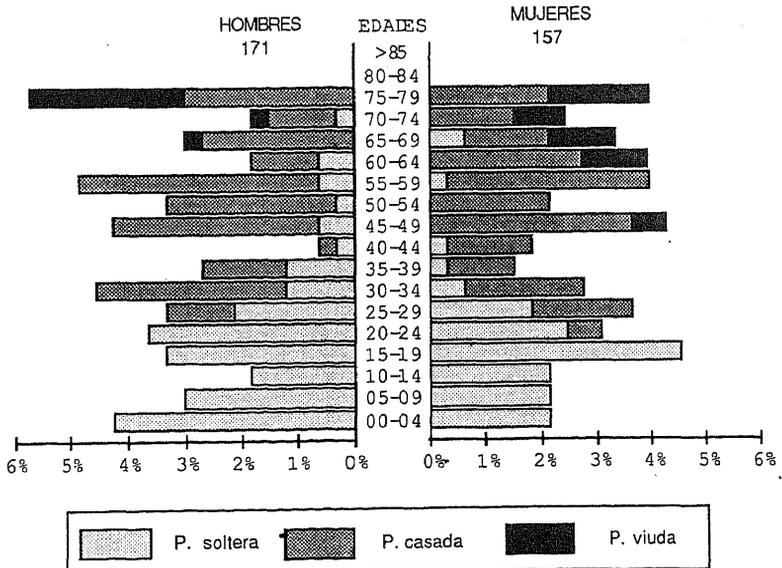


- | | | | | |
|--|--|-------------------------------|--|---------------------------------------|
| 1. Monte | | 2. Terrenos cultivados | | 3. Pueblo
4. Límite del municipio. |
| Improductivo
Bosque de encinas
Bosque y pastos | Cultivos regados
Labores en secano
Bancales (Muchos abandonados) | | | |

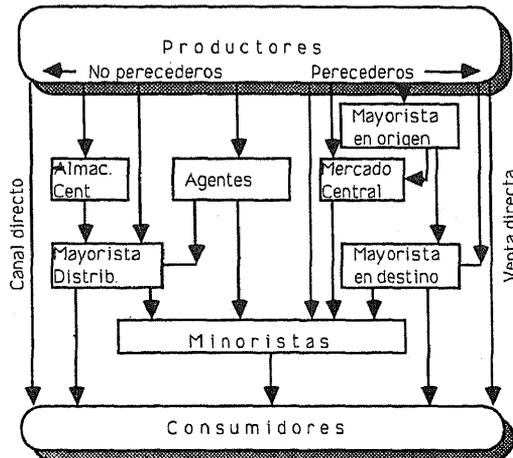
Algunos gráficos muy empleados en Geografía no están disponibles en paquetes estándares.

Pirámide de un programa de P. Pérez.

Pirámide de edades de S. Martín. 1981.



Lamina 10



Fuente: IRESO, 1984,36.(Completado por el autor)

Gráfico 7. Esquema de los canales de Distribución

Mapa dibujado a mano alzada por la Dra. C.Chueca con Super-Paint 1.0

