

LA CUANTIFICACION EN CARTOGRAFIA TEMATICA: DISEÑO DE ABACOS

Antonio FLOREZ *

RESUMEN: Este artículo se refiere al diseño gráfico de información cuantitativa en cartografía temática. La información se representa por medio de líneas y figuras geométricas patronadas de acuerdo con ábacos, para los cuales se describen los procedimientos generales para su cálculo y graficación.

1. Introducción

La información en general y la información geográfica en particular, encuentran su nivel más alto en la cuantificación.

La representación gráfica, como medio de visualizar la información cuantitativa, es el objeto de este trabajo, con el que se pretende precisar las alternativas, los procedimientos y las normas de graficación. El diseño de diagramas, en general, muestra información cuantitativa. El tema ya fue tratado por Caicedo y Flórez (1991), por lo tanto el contenido del presente trabajo trata únicamente sobre el diseño de ábacos.

El contenido está dirigido a estudiantes y profesionales de la geografía y ciencias afines, quienes requieren de la graficación cuantitativa para mostrar (comparar, patronar, jerarquizar) la distribución espacio-temporal de los fenómenos geográficos. El trabajo se justifica por la escasez de textos de cartografía temática en español, por el poco peso del manejo de la información cuantitativa gráfica en las obras de producción nacional frente a la graficación de información cualitativa y por el manejo a veces equivocado de las reglas de graficación.

Los resultados proceden de los apuntes de clase utilizados en los cursos de cartografía temática en la Escuela de Pos-Grado -EPG- (Convenio UPTC-IGAC) y en el Departamento de Geografía de la Universidad Nacional. Además, se recurrió a la consulta bibliográfica de las obras de Bertin (1967, 1977), Rimbart (1964, 1968), André (1980), Bord (1984), Dickinson (1985), Dent (1985) y Brunet (1987).

* Profesor Departamento de Geografía, Facultad de Ciencias Humanas, Universidad Nacional de Colombia.

2. Las variables visuales, los niveles de la información y las formas de implantación

En este capítulo sólo se trata de recordar algunos conceptos básicos en relación con la organización de la información gráfica sobre el plano, sin que este sea el objetivo del presente trabajo. Sin embargo, para mayor información sobre el tema se remite al lector al artículo de Flórez y Thomas (1994).

La graficación de la información recurre a una implantación puntual, lineal y areal (zonal) y cualquiera de ellas puede mostrar datos cuantitativos. Dicha representación responde a la variabilidad y ocurrencia de los fenómenos en un punto, a lo largo de una línea o con un cubrimiento areal (Fig. 1).

En cuanto a la información, se conocen tres niveles que en su orden son: diferencial (cualitativo), ordenado y cuantitativo. Un nivel superior siempre cumple con la característica del anterior.

El primer nivel se refiere a aquella información que sólo permite diferenciar categorías o elementos de una categoría y no implica una noción de orden o una relación matemática entre uno y otro.

En la figura 1, para los tres casos, no es posible establecer un orden (jerarquía) entre los conceptos cartografiados, sólo se logra una diferenciación. En tal sentido, no se aceptan como conceptos de orden o cantidad el tamaño de las formas (Fig. 1c), la longitud de las líneas (Fig. 1b) o el tamaño de las áreas (Fig. 1c).

En la figura 2 se presenta información ordenada (a,b) y cuantitativa (c). En el caso de la figura 2a., el concepto se basa en una información ordenada, sin embargo la variable visual con que se graficó no permite al lector establecer un orden, sólo lo diferencia. Por lo tanto, debe utilizarse una variable visual ordenada que corresponda con el nivel ordenado de la información (Fig. 3a). Esta correspondencia se muestra también en la figura 2b. En la figura 2c el nivel de la información es cuantitativo y se graficó con una variable visual adecuada (talla o tamaño) que permite establecer relaciones matemáticas entre los varios casos: este es mayor o menor tantas veces que aquel.

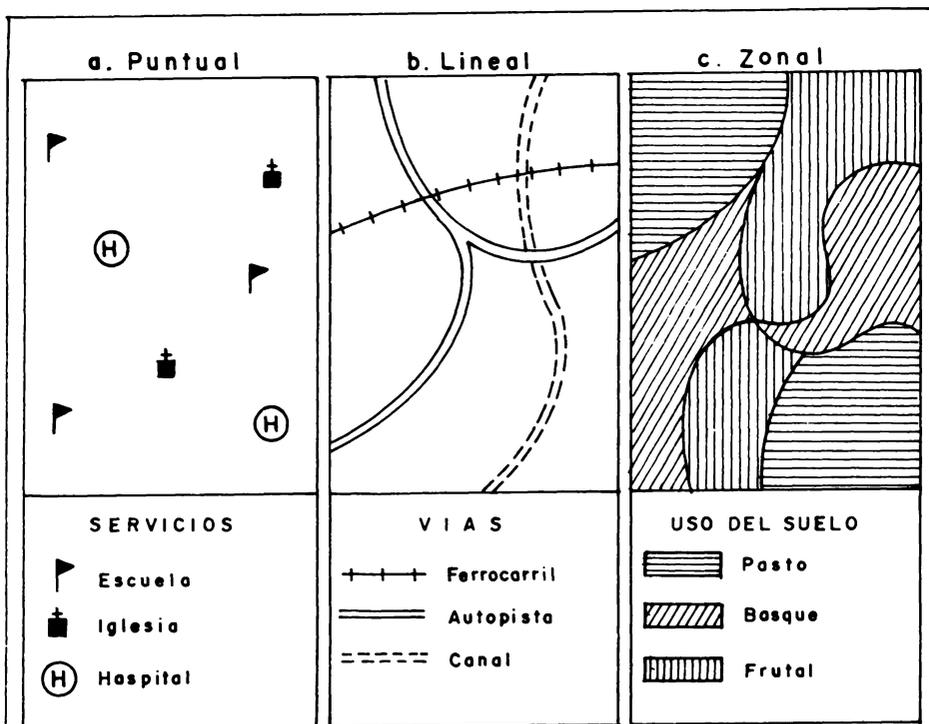


Fig. 1. FORMAS DE IMPLANTACION EN EL PLANO

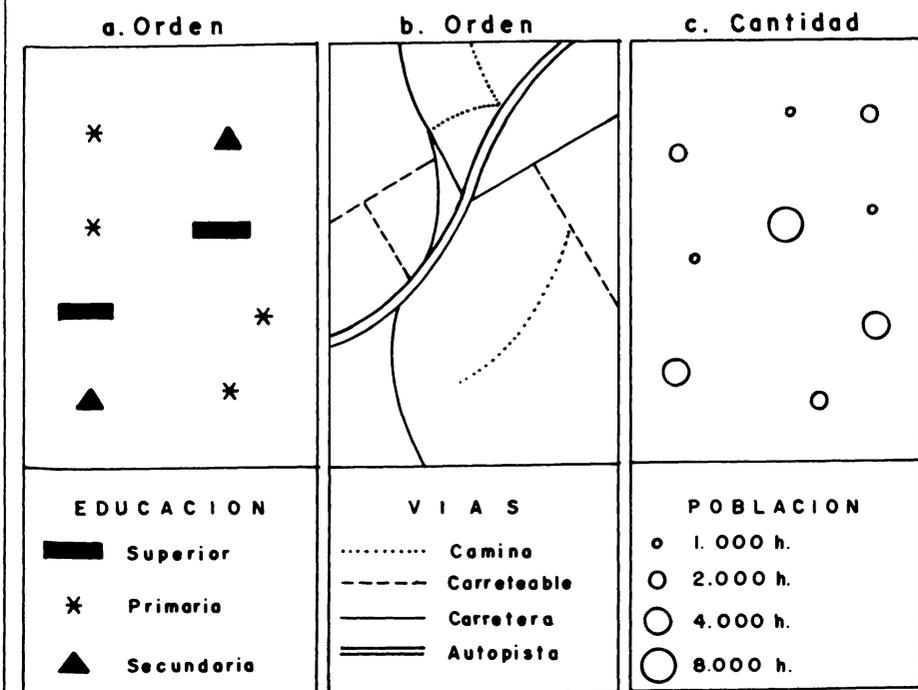


Fig. 2. NIVELES DE INFORMACION

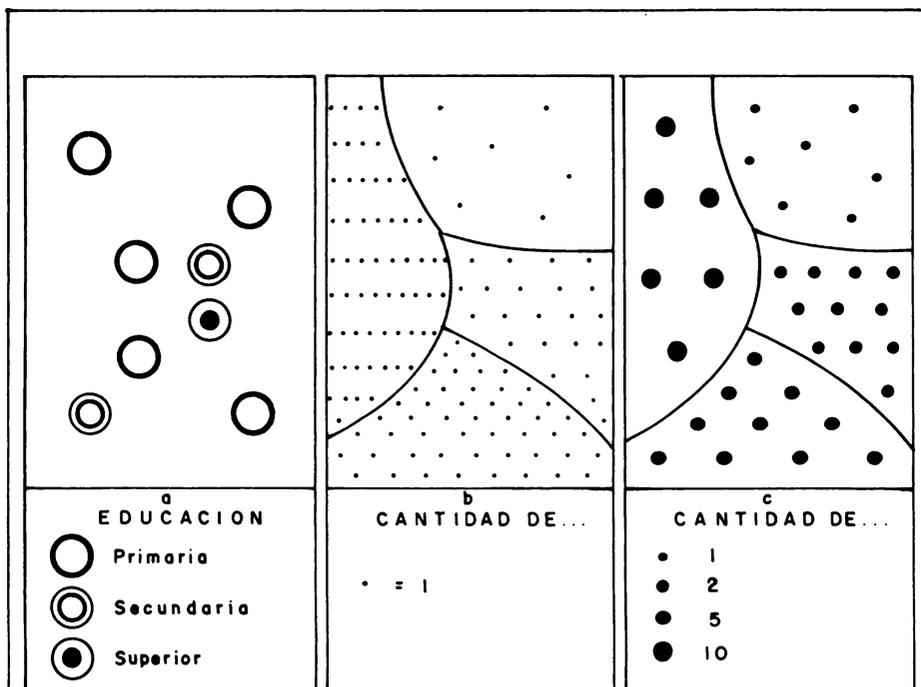


Fig. 3. INFORMACION ORDENADA Y CUANTITATIVA

a. Variable "Grano" para indicar orden

b.c. Cuantificación con "Valor y Talla"

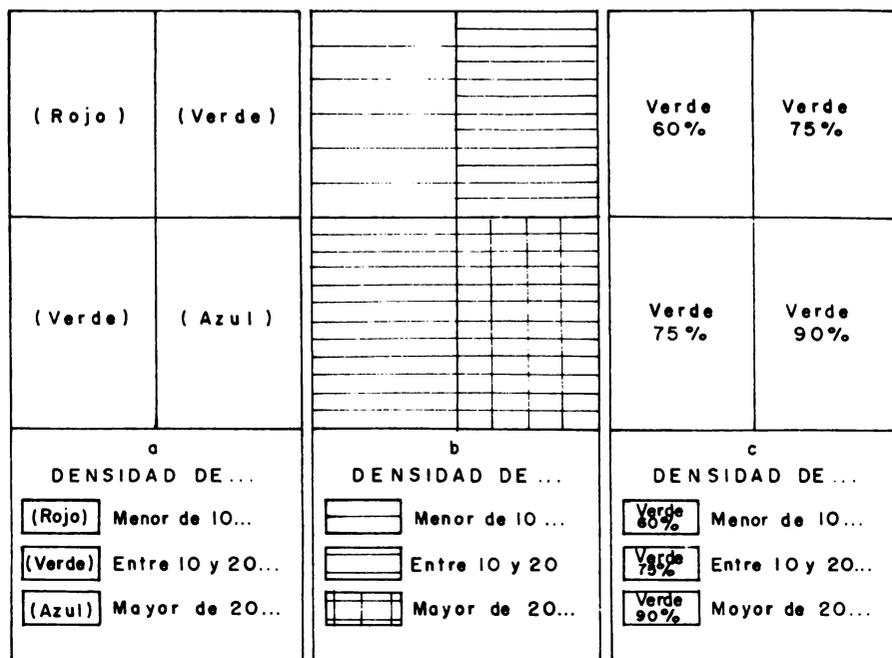


Fig. 4. UN CONCEPTO DE ORDEN Y SU TRATAMIENTO

La cuantificación en cartografía...

En la figura 3b se muestra la distribución espacial de un fenómeno, el cual se graficó mediante un patrón. Este mapa (cuantitativo) de puntos, además de la distribución real da idea de la densidad, implícitamente contiene la variable visual "valor". Este mismo caso se trató en la figura 3c mediante un ábaco (variable visual talla o tamaño), es cuantitativo y persiste el concepto de densidad, aunque se pierde la ubicación. La variable visual valor sigue presente ya que, en ambos casos, a mayor cantidad de puntos hay menos espacio en blanco (luz).

Un caso muy frecuente de error es el que se presenta en la figura 4a. El hecho de que se manejen valores numéricos, no implica que cartográficamente sea un mapa cuantitativo, puesto que no es posible establecer la relación matemática entre dos puntos ubicados en áreas (clases) diferentes. La información se presentó en clases y sólo son ordenables. Además se aplicó mal la variable visual ya que el color no permite decir que el rojo es mayor que el azul, o que el verde es menor que el rojo, etc. Si la información es ordenada, el lector deberá establecer un orden visual como se muestra en la figura 4b donde se aplicó la variable visual VALOR para establecer el orden.

Otra solución, también con la variable valor, sería con un mismo color que varía en intensidad (saturación) (Fig. 3c). Y, si la información básica lo permite, podría superarse los niveles diferencial y ordenado y llegar al cuantitativo mediante la utilización de puntos (patronados) que ubican exactamente el fenómeno (Fig. 3b): esta solución ubica y cuantifica, además la nube de puntos permite visualizar la densidad.

Cada nivel de información requiere de unas variables visuales para su representación gráfica, estas variables son: forma, orientación, valor, grano, color y talla. Remitimos al lector, para mayor información, a Flórez y Thomas (1994). Sin embargo, recordamos esta correspondencia en el cuadro 1.

NIVELES DE LA INFORMACION	FORMAS DE IMPLANTACION		
	PUNTUAL	LINEAL	ZONAL
≠ DIFERENCIAL (Selectivo)	Color, Forma	Color, Forma	Orientación, Color, Forma
○ ORDENADO	Grano, Valor,	Grano, Valor,	Grano, Valor
Q CUANTITATIVO	Talla,	Talla,	Talla,

Cuadro 1. Utilización óptima de las variables visuales según el nivel de la información y las formas de implantación (adaptado a partir de Bord, 1984).

3. El mapa topográfico: un mapa cuantitativo

Por la fuerza de la costumbre se habla de cartografía básica y temática. La primera hace referencia al mapa topográfico, el cual de por sí se refiere a un tema que es la topografía.

Además de la topografía, el mapa llamado básico incluye otros temas como son: la red hidrográfica, uno o varios sistemas de coordenadas (georreferenciación), información vial, toponimia, ubicación de asentamientos humanos, entre los más destacados.

El mapa topográfico muestra las desigualdades del terreno mediante las curvas de nivel, representadas por isohipsas (isohipsas) con valores absolutos. Por lo tanto se establecen relaciones matemáticas sobre la variación altitudinal y, además, se derivan otros valores como los de la pendiente del terreno.

Mediante el concepto de jerarquía, es posible tratar matemáticamente la red hidrográfica según órdenes de drenaje y número de drenajes por orden (al respecto, ver: Bahamón y Flórez, 1991). La ubicación de un punto mediante coordenadas también es un concepto cuantitativo y permite establecer relaciones matemáticas por su localización.

La cuantificación en cartografía...

Por lo anterior, el mapa llamado básico o topográfico incluye varios elementos del espacio geográfico que implican una cuantificación para su representación gráfica y su lectura posterior.

4. Los mapas de isolíneas

Una isolínea resulta de la unión de puntos de igual valor; por lo tanto se trata de una información de valores absolutos, o sea de nivel cuantitativo.

Mientras se trabaja con los valores de las isolíneas, el nivel de la información es cuantitativo. En la figura 5a, el punto A es 200m más bajo que el punto B.

Cuando se hace referencia a la característica temática del área entre dos isolíneas, el área estará definida por un rango. Ej.: el área que se encuentra entre 1 y 2 horas en relación con A (Fig. 5b), o el área cuya temperatura está entre 4 y 5°C (Fig. 5c). En estos casos el objetivo es mostrar la característica del área, pero se desciende del nivel cuantitativo al ordenado y para la visualización de las áreas se utilizará una variable visual que sea ordenada como el valor o el grano. Además, de hecho, se cambia de forma de implantación lineal a zonal.

Los mapas de isolíneas (Fig. 5) son cuantitativos y obedecen a un patrón de medida.

5. La variable visual talla (o tamaño)

Por el objetivo del trabajo, dirigido a la construcción de ábacos, es conveniente recordar algunas propiedades de la variable visual talla, llamada también tamaño.

La variable visual talla es la única que permite representar cantidades en cartografía temática. "Se dice que una componente tiene un nivel cuantitativo cuando sus elementos están definidos por tamaños mensurables por medio de datos cifrados y la comparación permite evaluar numéricamente la distancia que los separa" (Bonin, 1975: 74-76).

Las cantidades se presentan, según el tema, mediante líneas, barras, histogramas, pirámides, diagramas (varios tipos), figuras geométricas, etc. Al respecto, ver Caicedo y Flórez (1993).

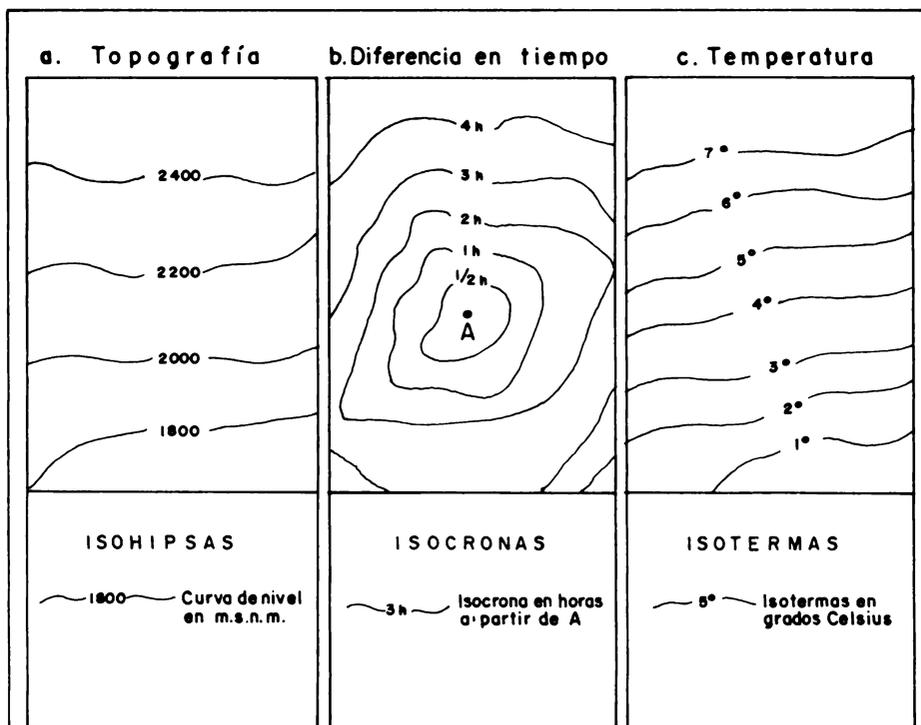


Fig. 5. CUANTIFICACION POR ISOLINEAS

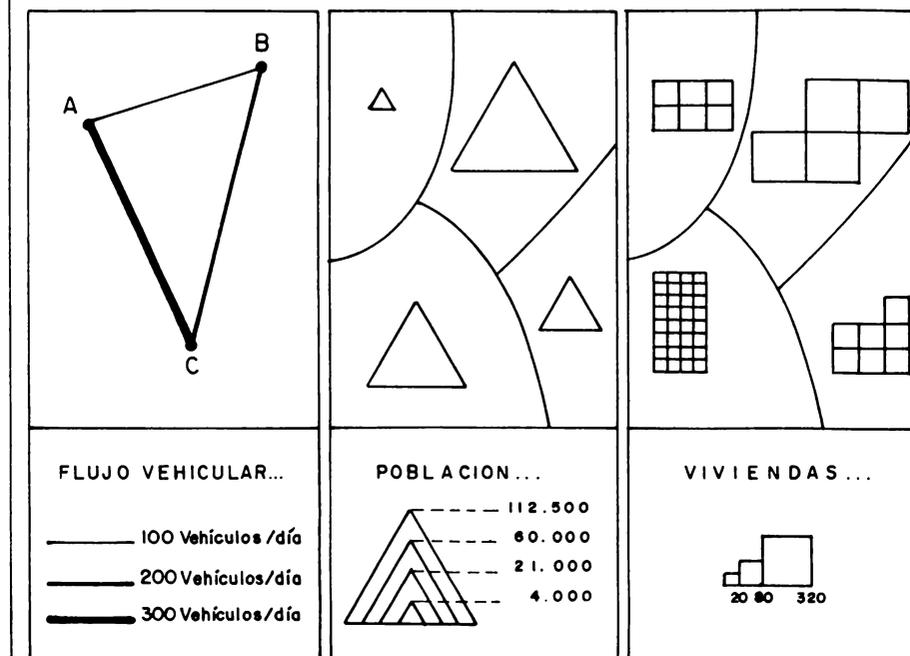


Fig. 6. VARIABLE VISUAL "TALLA" APLICACION CON ABACOS

La cuantificación en cartografía...

En la figura 6 se dan ejemplos de aplicación de la variable talla en mapas temáticos, en las tres formas de implantación en el plano.

La variable talla, por representar información del nivel más alto (cuantitativo), cumple con los niveles inferiores; es decir, es diferencial y ordenada (Fig. 6).

La graficación mediante la variable talla exige la definición de un patrón de medida o ábaco, objeto del presente trabajo y cuya temática se discute en los siguientes apartes.

6. Los ábacos

En cartografía temática, un ábaco se entiende como el patrón gráfico a partir del cual se establecen cálculos numéricos en relación con las implantaciones gráficas del mapa. El ábaco cumple, además, una función nemotécnica en el proceso de lectura de la información gráfica.

Los ábacos se diseñan a partir de líneas y de figuras geométricas, requieren un cálculo gráfico, unas reglas de graficación y un manejo previo de la información. El lector del mapa recibirá sólo el producto final y, en general, ignorará los pasos intermedios hechos por el diseñador (cartógrafo-geógrafo).

6.1. Amplitud de la serie, aproximación y redundancia

La amplitud se define como el cociente entre el valor mayor y el menor de la serie, esto indica que la mayor de las gráficas a implantar será tantas veces mayor que la primera.

Las amplitudes de las series en el cuadro 2 indican la relación de tamaño; así, en la serie a, el símbolo mayor será 60 veces el tamaño del primero, etc.

Una vez conocida la amplitud se evalúa el espacio necesario para hacer ver la diferencia gráfica entre el valor mayor y el menor y si el lector percibirá dicha diferencia. En la serie c será prácticamente imposible diseñar un ábaco aritmético en que una figura sea 4193 veces más grande que la menor, lo mismo ocurre con la serie f.

	a	b	c	d	e	f
	2	1.9	1300	15	14.0	5
	8	2.1	2459	32	18.6	10
	14	2.2	3945	36	30.4	20
	23	2.4	20241	36	42.7	40
	38	2.7	47314	38	69.3	80
	54	2.8	92125	50	80.2	160
	75	2.9	200420	50	83.9	320
	94	2.9	450320	53	100.2	640
	106	3.2	893204	72	164.0	1180
	112	3.3	1348600	84	209.0	2360
	120	3.3	5450693	120	250.0	4720
Amplitud	60	1.7	4193	8	18.0	944

Cuadro 2. La amplitud de una serie de datos.

Por lo anterior es necesario recurrir a ciertas adaptaciones numéricas con fines gráficos. En la medida en que se presente la forma de diseño de ábacos se desarrollará cada caso.

En la representación gráfica cuantitativa, en general, se acepta una pérdida de precisión en relación con los valores numéricos y, desde luego, una ganancia en los aspectos de generalización y comparación. Por esto, en las series del cuadro 2 se harán las aproximaciones de las cifras decimales, de las unidades y aún de las decenas y centenas según el valor numérico. Ej., en la serie *c* se manejan cifras grandes y la representación de las dos o tres últimas cifras es dudosa gráficamente, por lo tanto se aproximan. Sin embargo, el diseñador puede calcular los ábacos teniendo en cuenta todas las cifras.

Si se desea conservar la exactitud, se puede informar al lector sobre los valores absolutos agregados discretamente en la gráfica, hecho que se conoce como REDUNDANCIA.

6.2. Los ábacos lineales

La información cuantitativa de fenómenos lineales se refiere, en general, a flujos entre puntos (nodos) y, desde luego, su implantación es lineal.

La graficación se establece mediante el calibre de las líneas que unen los nodos (Fig. 7). Esta representación es limitada por el número de casos diferenciables que puede percibir el ojo una vez implantada la información (Fig. 7a-b).

Las líneas terminarán en flechas si se define la dirección del flujo. También se podrá aplicar el color para diferenciar alguna información cualitativa secundaria, o formas si se quiere evitar el color pero respetando el calibre en primer lugar (Fig. 7c).

Otras formas de diseño dependen de la habilidad artística del diseñador; sin embargo, no se debe olvidar que la amplitud de los datos es pequeña y la diferenciación visual limitada. La amplitud puede aumentar con la ayuda de otras variables visuales.

6.3. El círculo

El círculo es la figura geométrica más utilizada para la representación gráfica de cantidades en implantación puntual. Ocasionalmente se aplica en implantación zonal.

En la figura 8a, el primer círculo se tomó con un radio unitario, el segundo con radio 2, etc., esto es, corresponde a un ábaco aritmético. Pero en un círculo lo que el lector aprecia es la variación de área y no la variación del radio, por lo tanto la representación (y los cálculos correspondientes) se hacen con base en el área, aunque la figura o forma de construcción pueda aparecer igual. En la figura 8b, aunque es igual a la 8a, se muestra mejor la variación del área.

La variación del círculo responde al área πr^2 (Cuadro 3) y esta variación es geométrica, por lo que el círculo se aconseja para series amplias en las que su amplitud se reduce al obtener la raíz cuadrada de los valores "n", entonces la $\sqrt{n} = r$.

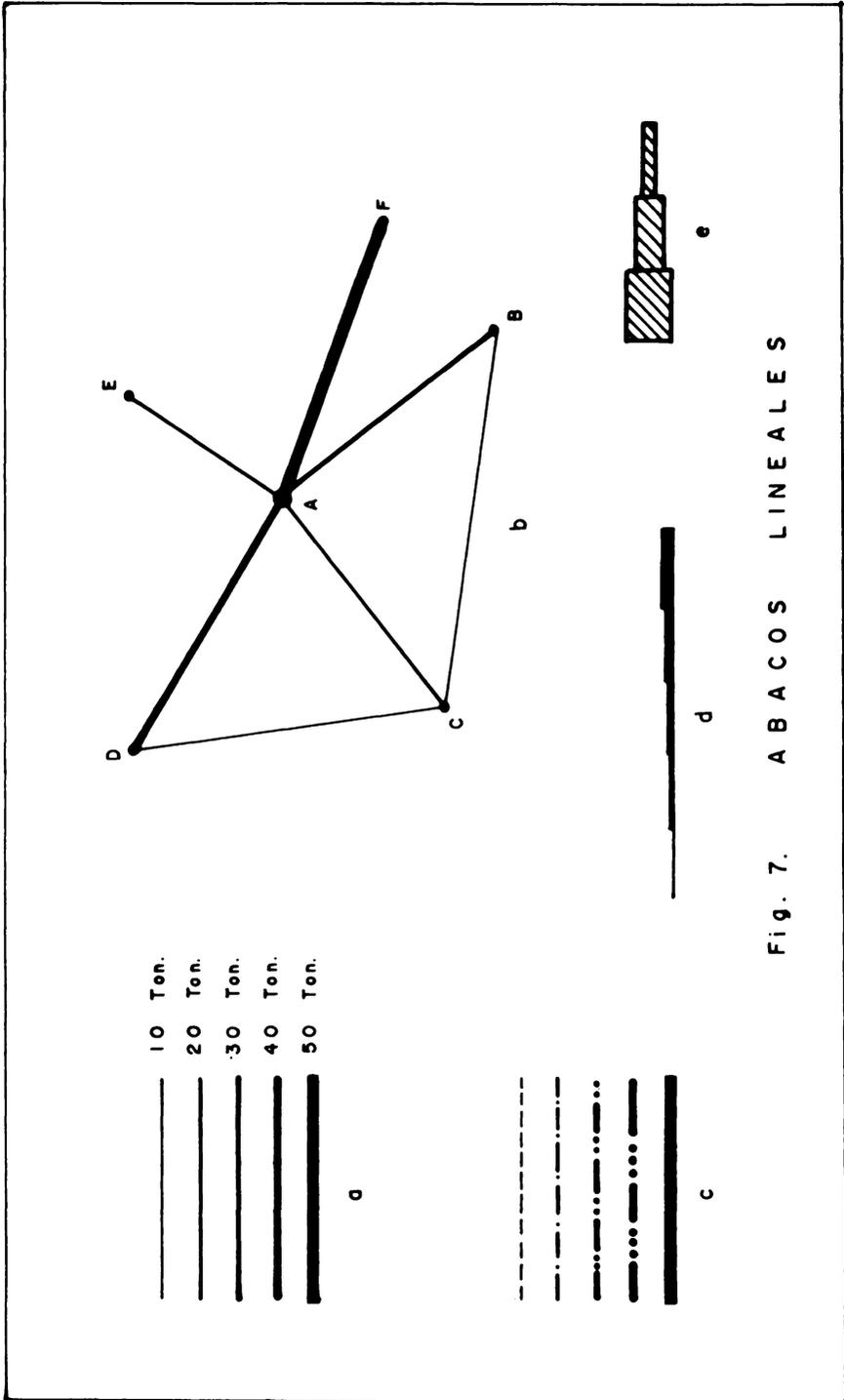


Fig. 7. ABACOS LINEALES

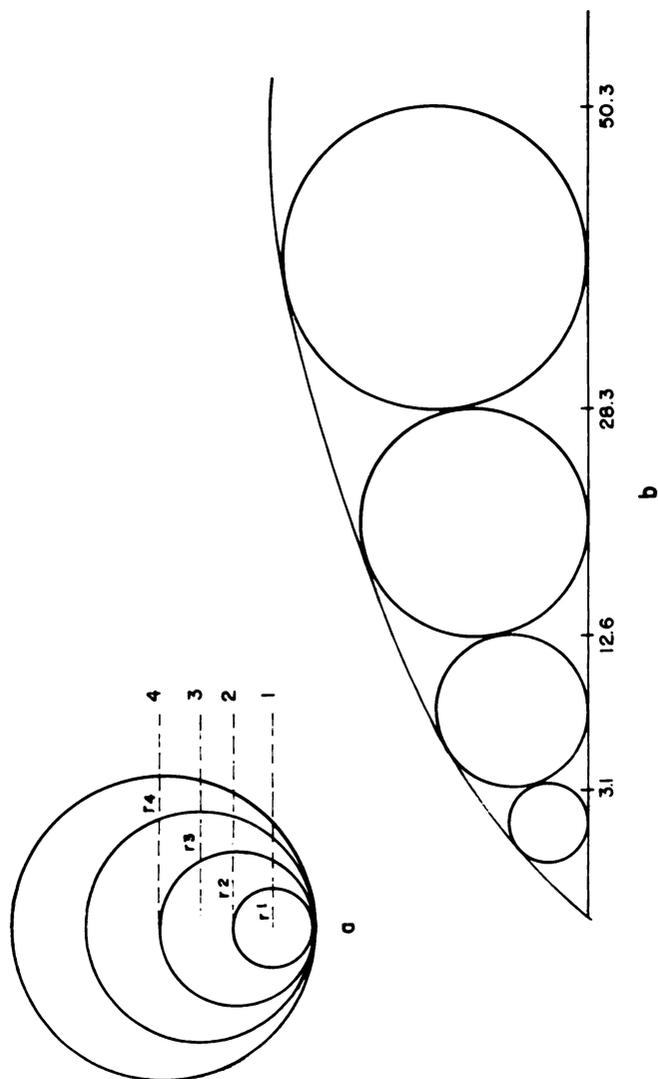


Fig. 8. VARIACION DEL ABACO CIRCULAR

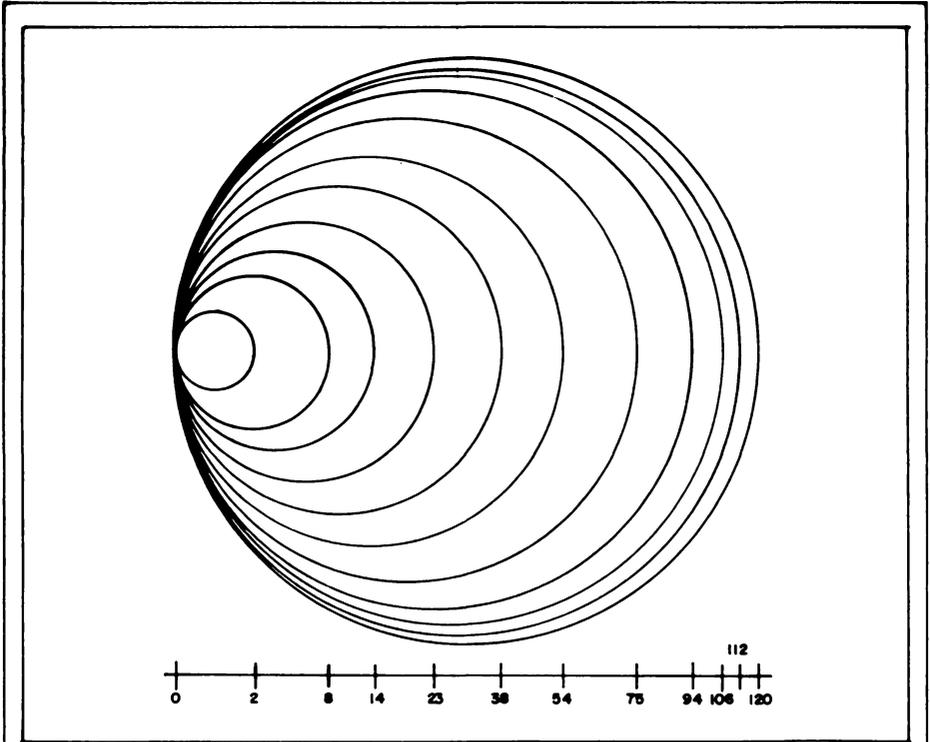


Fig. 9. ABACO DE LA SERIE α DEL CUADRO 2 Y 4

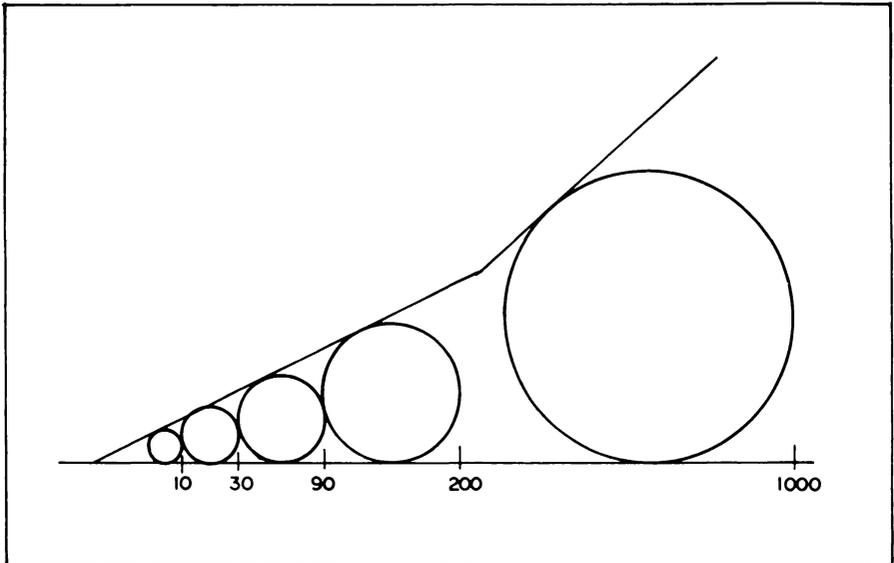


Fig. 10. ABACO QUE MUESTRA RUPTURA EN LA INFORMACION

La cuantificación en cartografía...

En el caso del círculo, π es una constante y podemos asumir, sólo para fines gráficos, el área del círculo como r^2 , lo que no afecta la amplitud entre los valores a graficar. El cuadro 3 muestra que la percepción de la variación del área será igual independientemente de si se toma como πr^2 o como r^2 .

Radio	1	2	3	4	5	6
Area πr^2	3.1	12.6	28.3	50.3	78.5	113.1
Amplitud entre valores		4	2.2.	1.8	1.6	1.4
r^2	1	4	9	16	25	36
Amplitud entre valores		4	2.2	1.8	1.6	1.4

Cuadro 3. Variación del círculo.

En la serie de datos n del cuadro 2, podría ocurrir que por su amplitud de 60, el espacio disponible en un mapa o gráfico no sea suficiente. Entonces podría tratarse así: (cuadro 4):

n	2	8	14	23	38	54	75	94	106	112	120
$\sqrt{n}=r$	1.4	2.8	3.7	4.8	6.2	7.3	8.7	9.7	10.3	10.6	10.9
$r/1.4$	1	2	2.6	3.4	4.3	5.1	6.1	6.8	7.2	7.4	7.6

Cuadro 4. Tratamiento para graficar el ábaco de círculos.

De esta manera, la diferencia gráfica o amplitud entre el menor y el mayor es aproximadamente de 8 considerando el radio, pero la amplitud en área sigue siendo 60 que es la que corresponde a los datos (n) originales. Así la amplitud es fácil de manejar visualmente por el lector.

Si no conviene comenzar el ábaco con un primer círculo de radio 1.4, entonces se puede llevar a la unidad: $1.4/1.4 = 1$. Esto quiere decir (para

fines gráficos) que la \sqrt{n} se divide por 1.4 (sólo en este caso) y esos serán los valores gráficos como el que se muestra en la figura 9. Si aún no conviene gráficamente, los valores pueden amplificarse o simplificarse de acuerdo con las necesidades. En el ábaco correspondiente (Fig. 9) se anotarán los valores reales "n" de la serie y el lector no conocerá el procedimiento para llegar a la graficación.

Si las series son muy amplias y además presentan rupturas en la información, se recurre a un ábaco que muestre la discontinuidad como se esquematiza en la figura 10.

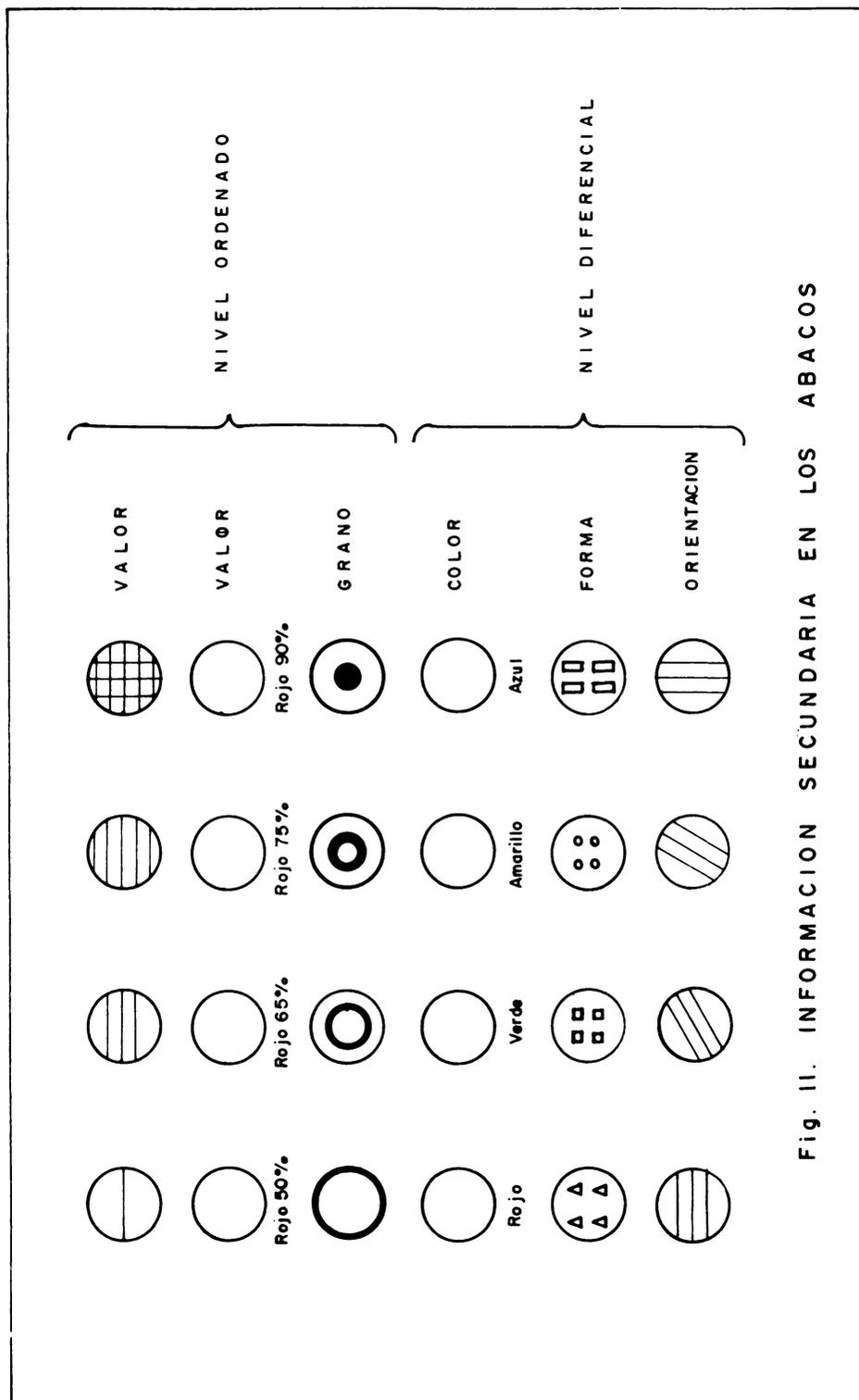
Al interior de los círculos o de cualquier otra figura de un ábaco, se puede agregar otro tipo de información, la cual podrá ser del nivel ordenado (variables valor o grano) o diferencial (forma, color, orientación) como se muestra en la figura 11.

Al implantar los círculos en el mapa se recomienda:

- que las superposiciones no sean muy numerosas,
- que el círculo grande incluya al pequeño. Se supone que el lector lo complementará mentalmente (Fig. 12).
- para información par (rural-urbano, hombres-mujeres, etc.) se recurre a ábacos dobles como se sugiere en la figura 13.

6.4. La esfera

La esfera representa un volumen y aunque los datos no se refieran a magnitudes volumétricas, si permite representar series muy amplias. En este caso, los datos básicos se grafican mediante esferas calculadas con la raíz cúbica del dato que se toma como radio, esto permite reducir la amplitud.



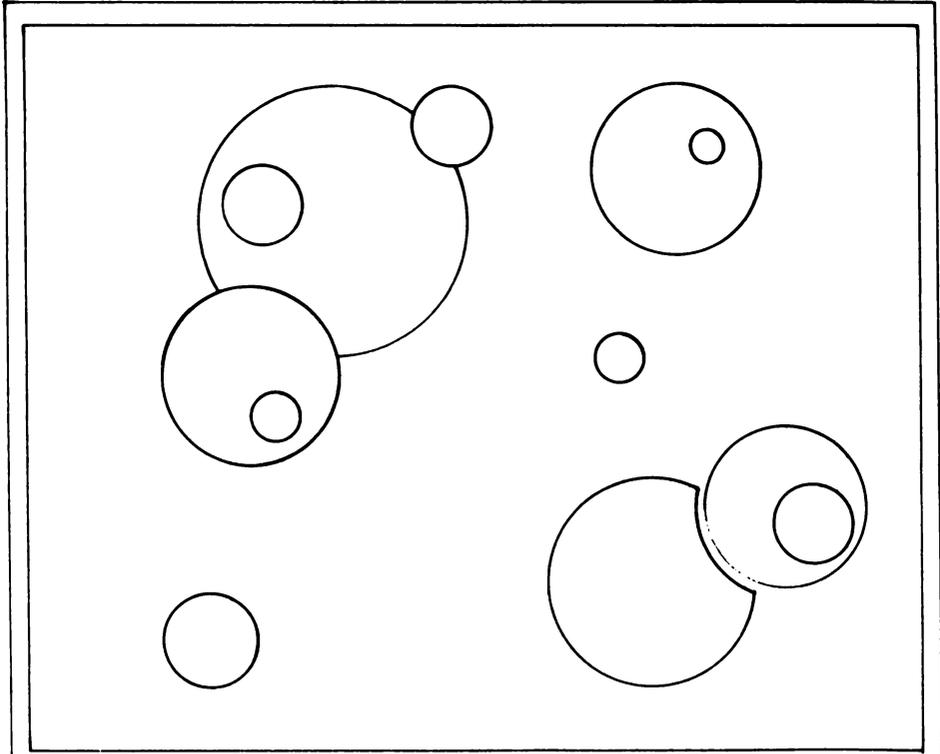


Fig. 12. SUPERPOSICION DE CIRCULOS

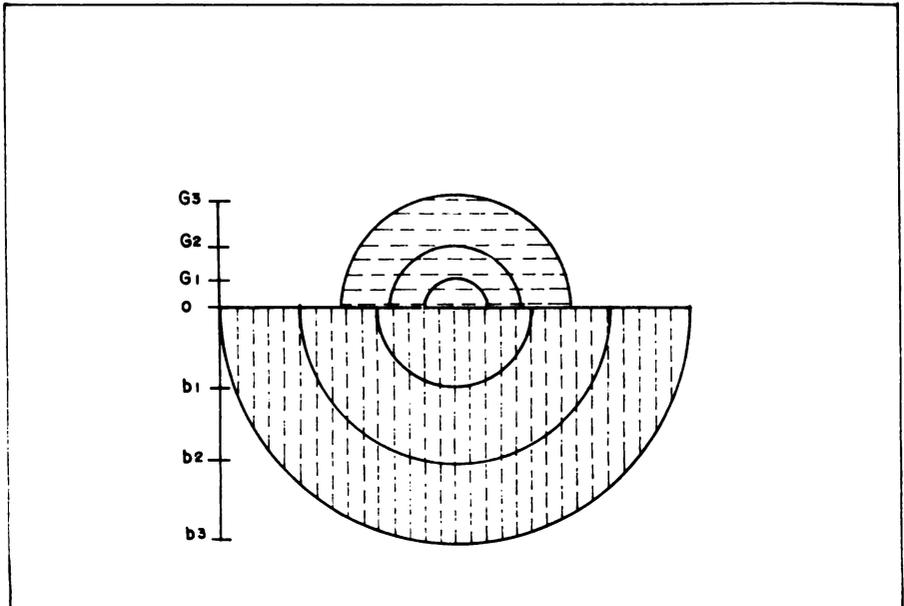


Fig. 13. ABACO DOBLE

La cuantificación en cartografía...

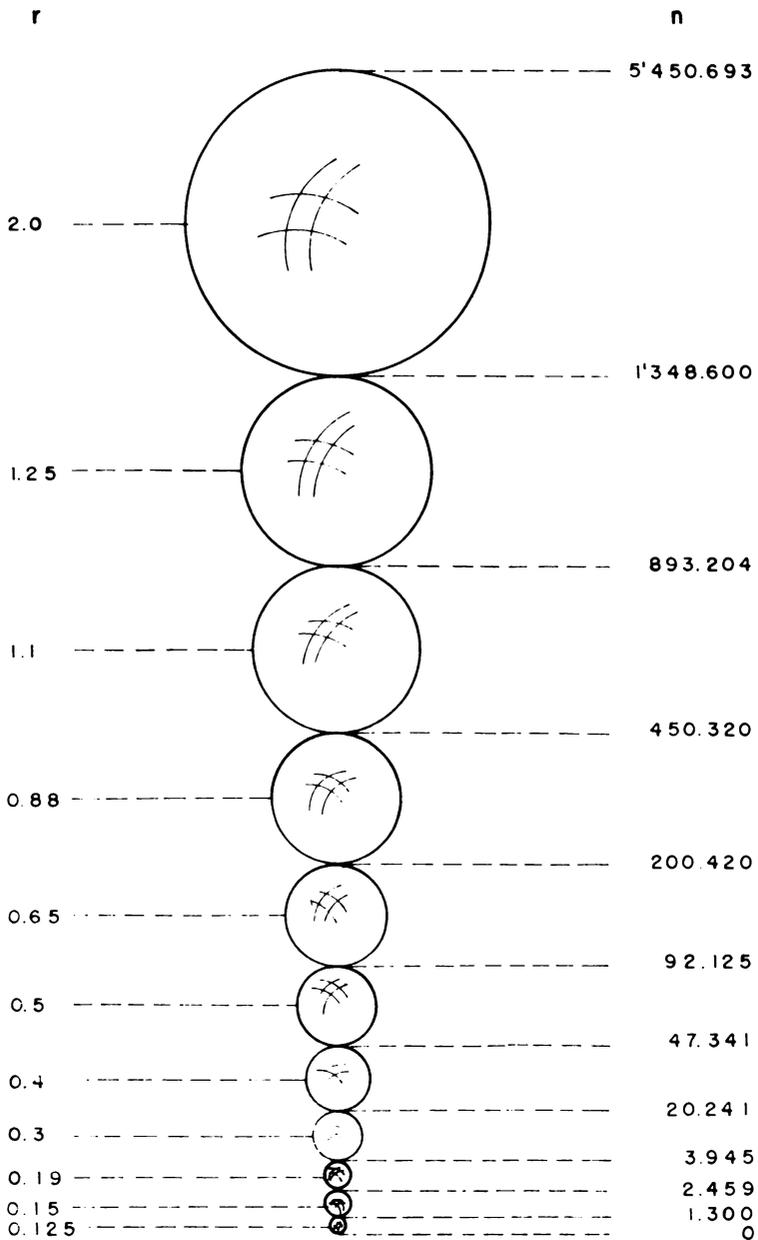


Fig. 14. ABACO DE ESFERAS (ver cuadro 5)

En el caso de la serie c del cuadro 2, se procedería así:

	n	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$r/11$	$r/11/8$
	1300	36	11	1.0	0.12
	2459	50	13	1.2	0.15
	3945	63	16	1.5	0.19
	20241	142	27	2.5	0.31
	47341	218	36	3.3	0.41
	92125	303	45	4.1	0.51
	200420	448	58	5.8	0.66
	450320	671	77	7.0	0.88
	893204	941	96	8.7	1.10
	1348600	1161	110	10.0	1.25
	5450693	2335	176	16.0	2.00
Amplitud	4193	65	16	16	16

Cuadro 5. Cálculo del ábaco con esferas.

En el ejemplo, un ábaco aritmético no conviene pues habría que diseñar una figura 4193 veces mayor que la primera. Si se toma la raíz cuadrada, no es muy cómodo manejar una amplitud de 65, en cambio con una amplitud de 16 resultante de la raíz cúbica será muy fácil la graficación. Los radios resultantes, al igual que con el círculo, se pueden ampliar o simplificar según la conveniencia. Para el caso, el radio inicial 11 se llevó a la unidad y posteriormente para la graficación se dividió por 8 (Fig. 14 y cuadro 5).

En el tratamiento realizado en el cuadro 5 no se aproximaron los valores (n), sin embargo, se puede iniciar el proceso por la aproximación de cantidades antes de calcular el radio por graficar. Los valores del radio se aproximan para su graficación.

La cuantificación en cartografía...

Además de la información cuantitativa, en las esferas no es fácil agregar otros niveles de información, aunque es posible agregar colores para diferenciar alguna variable adicional.

6.5. El triángulo

El triángulo utilizado como ábaco expresa una variación de área y se aplica para mostrar una información cuantitativa en implantación puntual, secundariamente en implantación zonal.

En la figura 15 se muestra la forma de construir ábacos con triángulos diseñados según una unidad de medida susceptible de amplificación o simplificación. El lector notará que la amplitud puede cambiar según la forma de construcción, ej.: comparar figuras 15a y 15b, con amplitudes de 8 y 64 respectivamente. Se aconseja el ábaco con triángulos equiláteros, pues la percepción de las diferencias de área es más fácil para el lector de los gráficos o mapas. Sin embargo, el lector podrá plantear ejemplos y hacer los cálculos respectivos con triángulos isósceles o escalenos.

Para el triángulo equilátero partimos de las siguientes relaciones:

1. $At = bh/2 = n$ (se asume el valor de "n" como igual al área)

2. $b^2 = (b/2)^2 + h^2 \rightarrow h^2 = 3/4 b^2 \rightarrow h = (\sqrt{3/4}) b$

3. $b = 1.63 \sqrt{At}$ y $b = 1.15 h$

En la figura 16a se muestra un ábaco con triángulos equiláteros con bases 1,2,3 etc. y su cálculo aparece en el cuadro 6.

b	1	2	3	4	5	6	7	8
h	0.9	1.7	2.6	3.5	4.4	5.2	6.1	7
At	0.4	1.7	3.9	7.0	11.0	15.6	21.3	28.0
Amplitud	=	70						

Cuadro 6. Cálculo del ábaco con triángulos equiláteros.

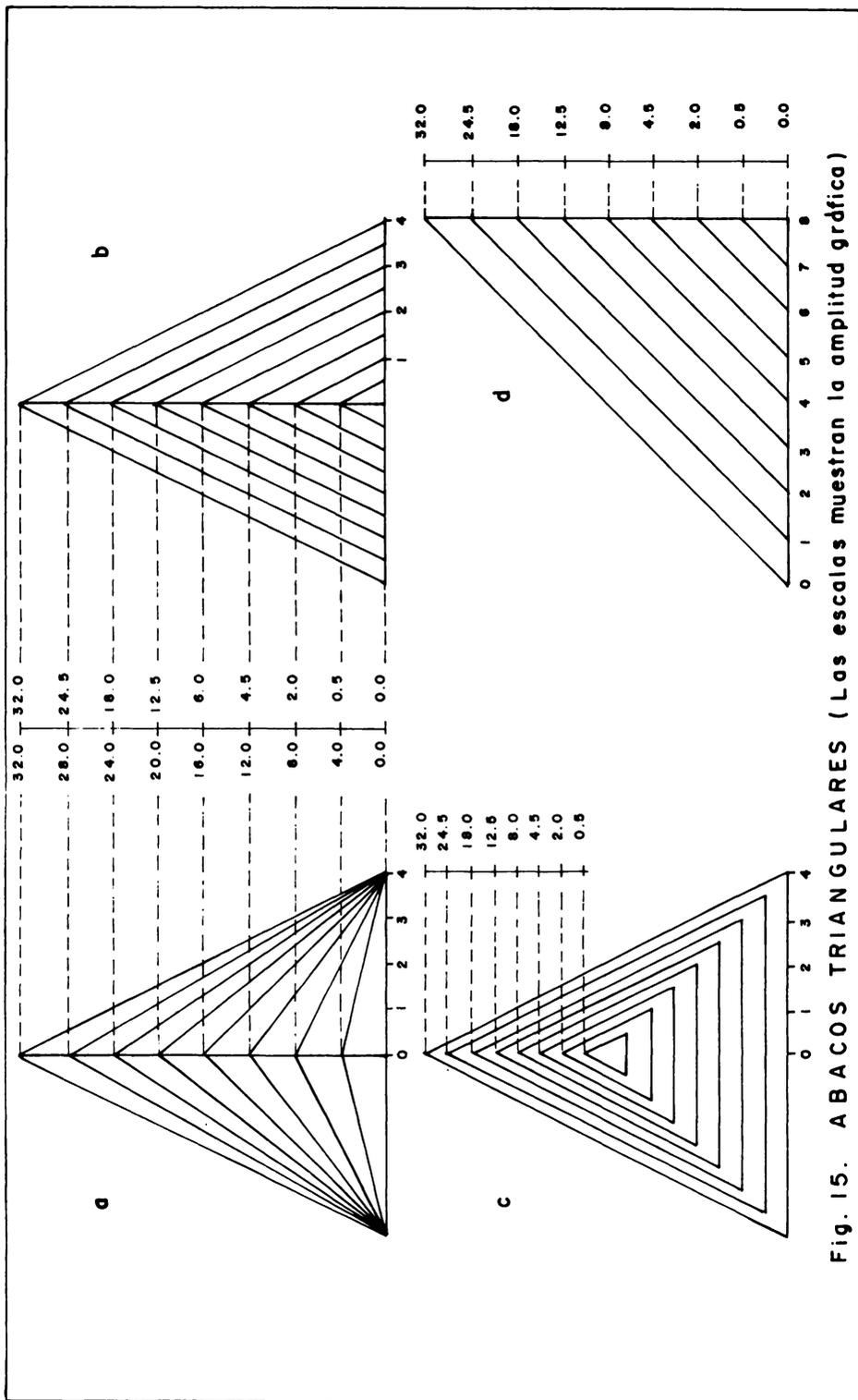


Fig. 15. ABACOS TRIANGULARES (Las escalas muestran la amplitud gráfica)

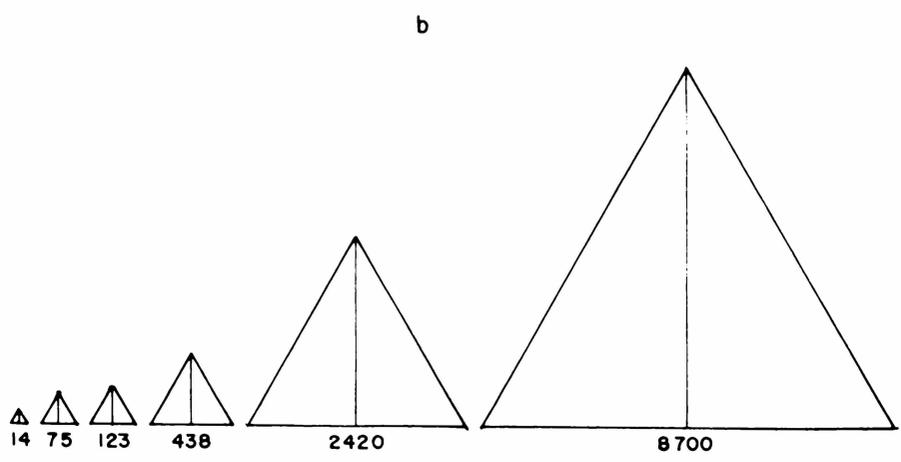
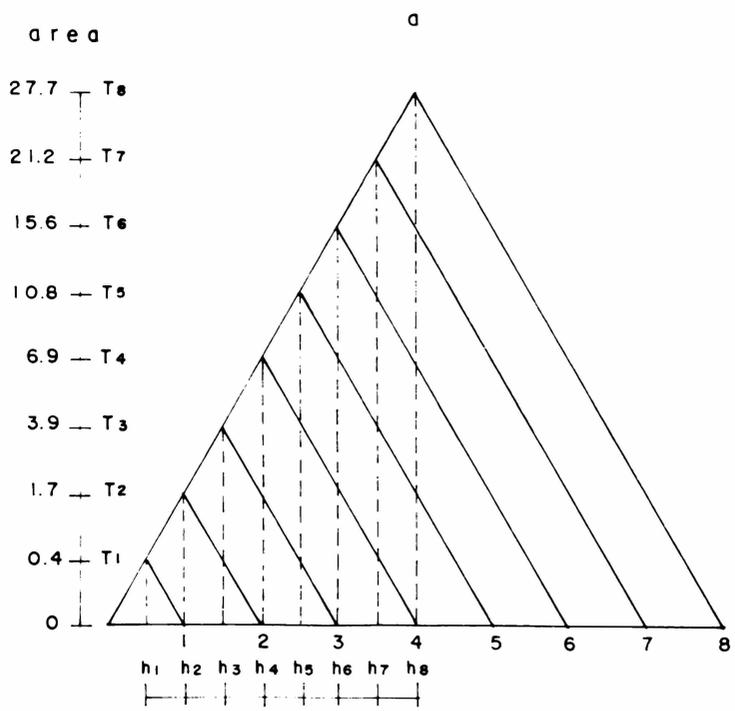


Fig. 16. CALCULO DE ABACOS CON TRIANGULOS EQUILATEROS

El ábaco resultante en la figura 16a muestra la facilidad para el manejo de series amplias, en dicha figura se anotaron las áreas, pero para el lector sólo aparecen los valores de "n".

En el cuadro 7 y figura 16b se desarrolla un ejemplo con una serie de datos en la que la amplitud es de 621. Los cálculos para graficación se basan en las ecuaciones antes anotadas (1., 2., 3.). La base (b) resultante se lleva a la unidad (b') para facilitar el dibujo y con ésta se calcula la altura (h).

n	14	75	123	438	2420	8700
b	6.1	14.1	18.1	34.1	80.2	152.0
b'	1.0	2.3	3.0	5.6	14.3	27.1
h	0.9	2.0	2.6	4.8	12.4	23.5

Cuadro 7. Ejemplo de aplicación con triángulos equiláteros.

En el ejemplo del cuadro 7 y la correspondiente figura 16b, a pesar de la amplitud tan grande se pudo manejar gráficamente de manera satisfactoria. Los errores debidos a las aproximaciones afectan proporcionalmente el área del ábaco que ve el lector. Según el cuadro 7, al dibujar el ábaco, el triángulo mayor tendrá una base 27.1 veces mayor que la primera. Para comodidad de dibujo, la base "1" se tomó como 2 mm, la segunda como 3.2 mm, ... y la última (27.1) como 54.2 mm.; igualmente se duplicaron las alturas. Cualquier otra simplificación o amplificación es posible. Por procedimientos similares, el diseñador puede calcular el ábaco con otros triángulos como los de las figuras 15a-b-c-d.

6.6. El cuadrado

Una variación en el tamaño de una serie de cuadrados que integran un ábaco, al igual que los triángulos y los círculos, muestra un cambio de área. La información representada gráficamente por cuadrados se refiere a datos cuantitativos puntuales, en general. En cuanto al diseño, las formas más frecuentes son las de las figuras 17 y 18.

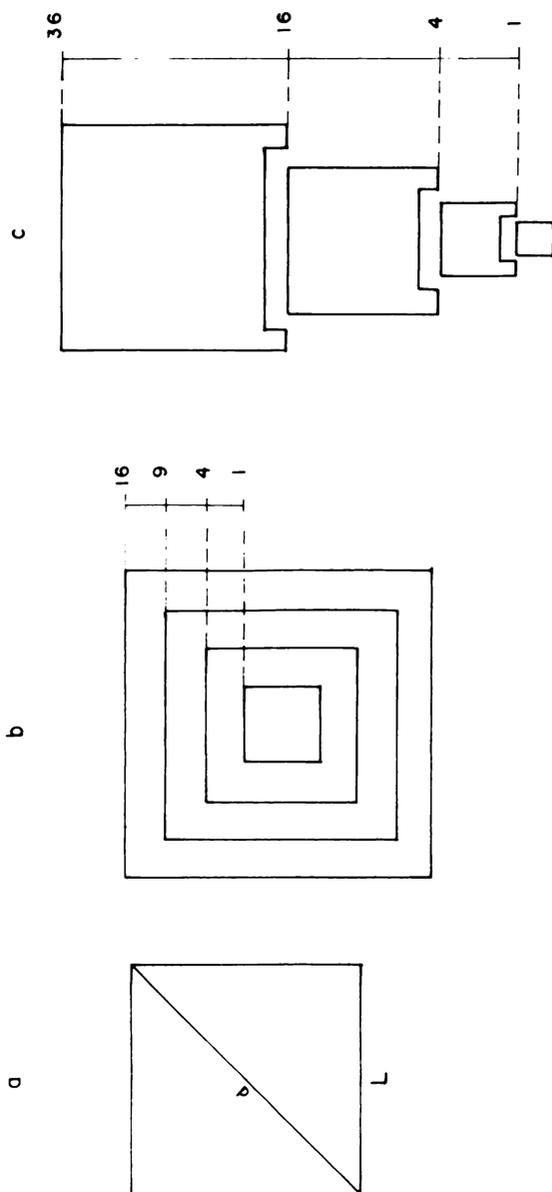


Fig. 17. ABACOS CON CUADRADOS

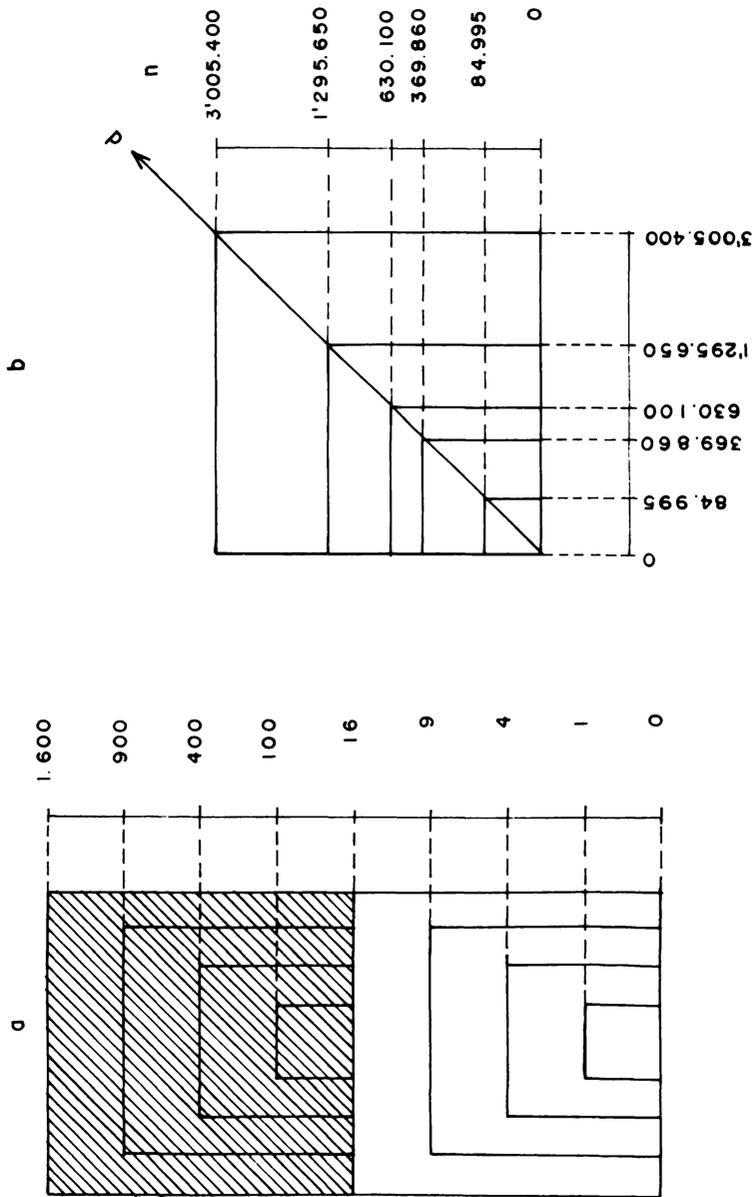


Fig. 18. CALCULO DE ABACOS CON CUADRADOS

La cuantificación en cartografía...

Para el cálculo del ábaco de cuadrados la información original se asimila al área del cuadrado y se extrae la raíz cuadrada de los datos, valor que corresponderá al lado del cuadrado. El cálculo se hace en función del lado o de la diagonal, lo que no altera la graficación puesto que la amplitud será la misma.

$$Ac = L^2 \quad d^2 = 2 L^2 \quad d = 1.4 L$$

En la figura 17c, el ábaco aparece con formas incompletas, pero en el mapa los cuadrados deberán aparecer completos. Sin olvidar que la información se maneja extrayendo la raíz cuadrada, es posible introducir discontinuidades gráficas para series muy amplias y discontinuas. Esto se aplica en la figura 18a, los valores mayores tienen más fuerza visual mediante una trama (aumento de contraste).

En el caso de presentar variables paralelas se recurre al ábaco doble, tal como se planteó para el ábaco de círculos. En el cuadro 8 y en la figura 18b se muestra un ejemplo. En dicha figura se referenciaron los valores de "n" tanto en el lado como en la diagonal, aunque para el lector sólo debe aparecer una vez.

Amplitud

n	84995	369980	630100	1295650	3005400	35
$L = \sqrt{n}$	291	608	794	1138	1734	6
$L' = L/291$	1	2.1	2.7	3.9	6.0	6
$d = 1.4L$	1.4	2.9	3.8	5.5	8.4	6

Cuadro 8. Cálculo del ábaco de cuadrados.

Al igual que con otros ábacos, antes del procedimiento de cálculo se puede empezar por la aproximación de los datos básicos. En el cuadro 8, sería: 85000, 370000, 630000, 1300000, 3000000.

Los lados (L), por los valores de la raíz cuadrada, pueden resultar inconvenientes para dibujarlos, por esto se reducen a la unidad dividiendo el primero por sí mismo y los demás por el primero y así se obtiene

"L'". Esto es una simplificación y la amplitud no varía. Otras ampliaciones o simplificaciones serán necesarias para ajustar el dibujo al espacio disponible.

7. Abacos equivalentes

Si una vez diseñado un ábaco, por razones de presentación, se decide cambiar la figura base, entonces se calcula el área equivalente de la nueva figura. Ej.: triángulos por círculos, círculos por cuadrados, cuadrados por triángulos, esferas por cubos, etc. A continuación se ilustran algunos procedimientos.

7.1. Cuadrados y círculos

Si el ábaco diseñado fue de cuadrados y luego se decidió remplazarlo por círculos, se busca el área equivalente del círculo base mediante el siguiente procedimiento:

$$\pi r^2 = L^2, \quad r^2 = L^2 / \pi,$$
$$r = L / \sqrt{\pi}, \quad L = r \sqrt{\pi}$$

Para fines gráficos π se aproxima a 3, entonces:

$$r = 0.6 L, \quad L = 1.8 r$$

Estas equivalencias se aprecian en la figura 19a.

Si el cambio de ábaco es de un cuadrado por el de un círculo inscrito, entonces la relación es como sigue: (ver figura 19b).

$$L = 2 r \quad r = L/2$$

Área del círculo =

$$\pi r^2 = \pi (L/2)^2 = \pi L^2/4$$

Área del cuadrado =

$$L^2 = (2r)^2 = 4r^2, \quad A (\text{círculo}) = 0.8 A (\text{cuadrado}).$$

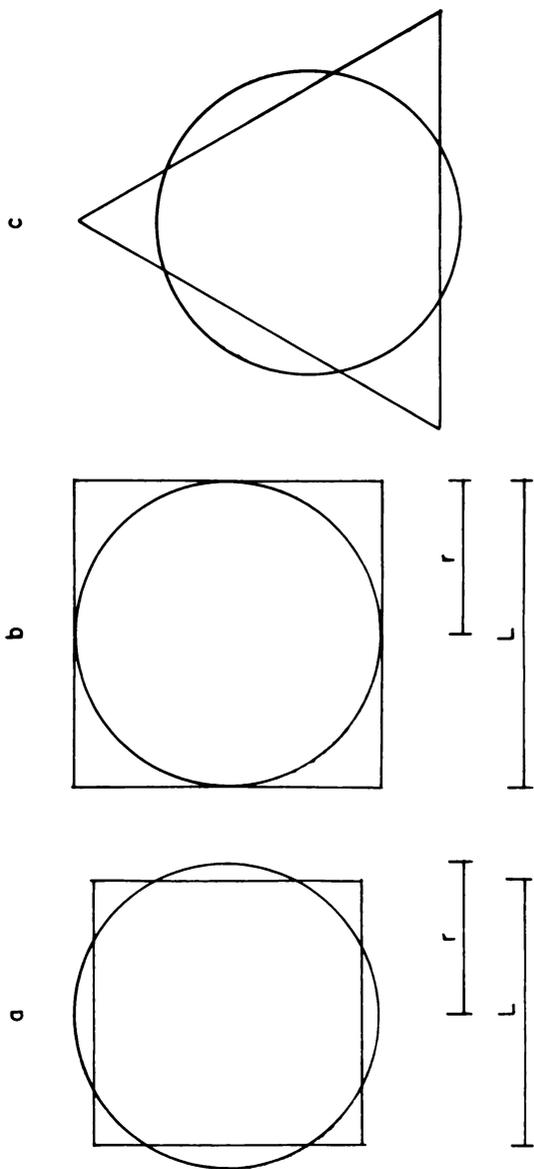


Fig. 19. ABACOS EQUIVALENTES

El hecho de que el cuadrado sea mayor que el círculo inscrito, no cambiará la relación visual que establece el lector.

7.2. Triángulos y círculos

Si el cambio de ábaco se hace de triángulos por círculos o viceversa, el procedimiento es:

$$\text{Area del círculo } A_c = \pi r^2$$

$$\text{Area del triángulo } A_t = b h / 2$$

Entonces, de la figura 19c tenemos:

$$\pi r^2 = b h / 2$$

$$h = 2 \pi r^2 / b$$

$$\text{y } r^2 = b h / 2 \pi$$

Del tratamiento de triángulos (cap. 6.5) tenemos:

$$h = \sqrt{3/4} b = 0.87 b$$

$$\text{Entonces, } r^2 = 0.87 b^2 / 2 \pi$$

$$r = 0.37 b \text{ y } b = 2.7 r$$

Este tratamiento se aplicó en la figura 19c.

7.3. Otros casos

En este trabajo no se desarrollaron otros ábacos, pero los procedimientos de construcción son similares. Para un ábaco con cubos, al igual que para la esfera, se extrae la raíz cúbica de los datos con los que se calcula el lado y se diseñan los ábacos equivalentes si se desea remplazar.

No se trabajó con el rectángulo u otros polígonos como el hexágono, sin embargo, una vez decidido el ábaco a dibujar lo demás consiste en el cálculo según las fórmulas para áreas de figuras y volúmenes de sólidos.

8. Conclusiones

La cuantificación en cartografía temática se hace mediante la utilización de la variable visual talla. Su aplicación requiere un patrón gráfico conocido como ábaco.

El ábaco, además de facilitar la lectura gráfica como patrón nemotécnico, permite disminuir la amplitud de una serie y ajustar los dibujos al espacio disponible.

Se supone que la información cuantitativa a graficar ya ha sido objeto del tratamiento estadístico necesario. Pero, para su graficación, requiere otro tratamiento que no es otro que el de ajustarla a las necesidades gráficas, para lo cual es necesario: definir si la serie de datos se manejará aritmética o geoméricamente, conocer la amplitud y el espacio disponible para el dibujo.

En cuanto a las figuras a utilizar, éstas son más decisión del diseñador que de las exigencias del tratamiento mismo. Sin embargo, en los ejemplos ofrecidos, se presentan varias alternativas, aunque existen muchas más; por lo que se recomienda al lector recurrir a la bibliografía de referencia.

Los ábacos obedecen, para su cálculo, a un procedimiento matemático-geométrico obligatorio para el diseñador (cartógrafo) y procedimiento que desconoce el lector del mapa o gráfico, a quien sólo se le presenta la variación cuantitativa de un fenómeno por medios gráficos.

Para explicar los procedimientos se recurrió a unas pocas figuras, pero existen muchas otras posibilidades gráficas a las cuales recurrirá el diseñador para optimizar la representación de la información.

Orientación bibliográfica

Andre, A.; B. Bomer (1980). *L'expression graphique: cartes et diagrammes*. Masson, Paris, 240p.

Bahamón, I.; A. Flórez (1991). "Utilización del mapa topográfico con fines temáticos". *Revista Cartográfica*, 60: 105-150.

Bertin, J. (1967). *Sémiologie graphique*. Mouton, Paris, 430p.

- Bertin, J. (1977). *La graphique et le traitement graphique de l'information*. Flammarion, Paris, 280p.
- Bonin, S. (1975). *Initiation à la graphique*. EPI, Paris, 172p.
- Bord, J.P. (1984). *Initiation géo-graphique*. SEDES-CDU, Paris, 221p.
- Brunet, R. (1987). *La carte, mode d'emploi*. Fayard-Reclus, Paris, 269p.
- Caicedo, J.R.; A. Flórez (1991). "La información "Geo-gráfica". Los diagramas". *Revista Cartográfica*, 60: 105-150.
- Dent, B.D. (1985). *Principles of thematic map design*. Addison-Wesley Publ. Co. Inc. 398p.
- Dickinson, G.C. (1985). *Statistical mapping and the presentation of statistics* .(2nd ed.). Edward Arnold, 196p.
- Ferras, R. (1993). *Les modèles graphiques en géographie*. Economical Reclus, Paris, 112p.
- Flórez, A.; J. Thomas (1994). Las variables visuales. (En prensa, **IPGH**).
- Rimbert, S. (1964). *Cartes et graphiques: Initiation à la cartographie appliquée aux sciences humaines*. SEDES, Paris, 326p.
- Rimbert, S. (1968). *Leçons de cartographie thématique*. SEDES, Paris, 139p.