

# Capítulo 3. Mapas de símbolos proporcionales

## 1 Introducción

Esta técnica se basa fundamentalmente en seleccionar una forma (círculo, cuadrado, triángulo) e ir variando su tamaño en proporción a las cantidades que se tengan que representar. Esto conduce a una representación muy utilizada en el campo de la cartografía cuantitativa, fácil de interpretar ya que la asociación de cantidades a los tamaños resulta muy intuitiva.

Los símbolos se utilizan para representar cantidades totales asociadas a puntos o a superficies, en cuyo caso se consideran como entidades puntuales, aunque realmente posean una extensión superficial.

Históricamente se han utilizado sobre todo para la representación de datos socioeconómicos, pero en la práctica mediante este sistema se puede representar cualquier dato, incluyendo totales, proporciones, razones... salvo densidades para las que se adecúan más los símbolos de superficie.

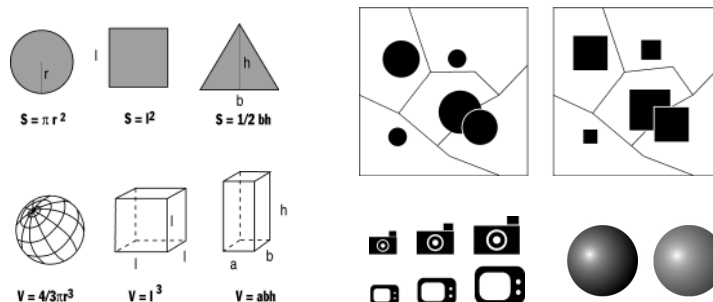
## 2 Elección de la forma

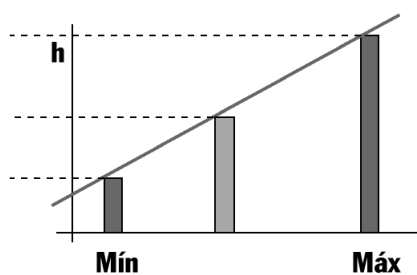
El símbolo elegido puede ser un símbolo lineal (barras), superficial (círculos, cuadrados...) o volumétrico (esferas, cubos...). El más antiguo y utilizado es el círculo, posiblemente por su forma compacta y fácil de construir manualmente y que además resulta visualmente estable.

Por otro lado el cálculo del área se simplifica cuando empleamos figuras de este tipo, resulta más fácil calcular las áreas de círculos y cuadrados que el las de geometrías más irregulares. No obstante, necesidades de diseño pueden aconsejarnos utilizar otras formas, como las volumétricas.

## 3 Escalado de formas lineales

Si utilizamos formas lineales para el mapa, como por ejemplo barras, el escalado de los símbolos será sencillo. Gráficamente podemos calcular su altura trazando a escala sobre un eje horizontal los valores a representar, y levantando sobre el eje OY dos barras; una la mínima visualmente aceptable que corresponderá al valor mínimo, y otra –la más larga– que corresponderá al valor máximo.





La longitud de esta se determinará de forma que no ocupe un espacio excesivo en la hoja del mapa. Basta con unir las barras mediante una recta, que será la que determine la altura de la barra para cualquier valor de  $x$ . En el caso de que el resultado no fuera satisfactorio, se podría modificar la barra correspondiente al valor mínimo, máximo o ambas.

Las barras se interpretan fácilmente como símbolo ya que la comparación visual de las longitudes es buena, siendo lineal la relación estímulo / respuesta (longitud de la barra / longitud percibida).

Por ello las barras son ideales cuando las diferencias entre los datos a representar son pequeñas y resulta posible emplearlas según un escalado lineal acorde con los valores reales. No obstante, su utilización requerirá a menudo un espacio vertical excesivo, lo que en muchos casos puede crear dificultades en su utilización.

### 3 Escalado superficial

En el caso de los símbolos superficiales el escalado se hará relativo a la superficie: Es decir, el valor será proporcional a la superficie del círculo, cuadrado etc. de este modo en el caso de los círculos, el radio de cada uno se calculará de forma que sea proporcional a la raíz cuadrada del valor.

#### 3.1 Escalado de los círculos

El círculo es un símbolo superficial por lo que su superficie debe ser proporcional al valor que representa, es decir proporcional a  $\Pi r^2$ , o lo que es lo mismo a  $r^2$ , de modo que el radio será proporcional a la raíz cuadrada del valor.

Si se debe representar por círculos las siguientes cantidades, 1600 - 900 - 400 - 100 es necesario calcular primero sus raíces cuadradas que son 40 - 30 - 20 - 10.

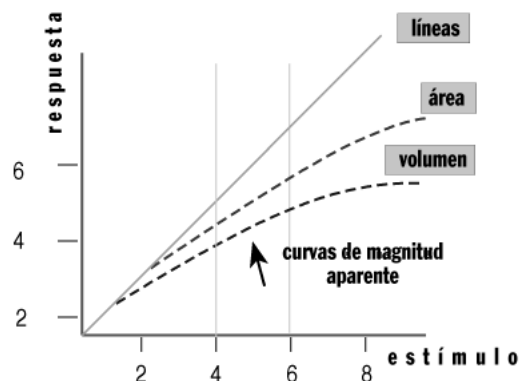
En un segundo paso se define el radio de uno de los extremos mediante uno de tamaño aceptable para las condiciones del mapa que se trate según sea su escala, detalle de información y otros condicionantes.

Con el tamaño anterior se calcula el valor unitario, ya que si por ejemplo el radio del círculo mayor (1600) no debe pasar de los 10 mm, éstos equivalen entonces a 40 unidades, de forma que un milímetro equivaldrá a 4 unidades.

Este valor unitario se selecciona de modo que el valor mayor, no sea demasiado grande y el menor no sea demasiado pequeño. Los radios de los círculos para los otros valores se pueden calcular ahora con facilidad pues basta con dividir entre cuatro: 900 — 7.5 mm, 400 — 5 mm, 100 — 2.5 mm.

Antiguamente también era posible basarse en sistemas gráficos de escalado para círculos de forma similar a como se hizo en el caso de las barras.

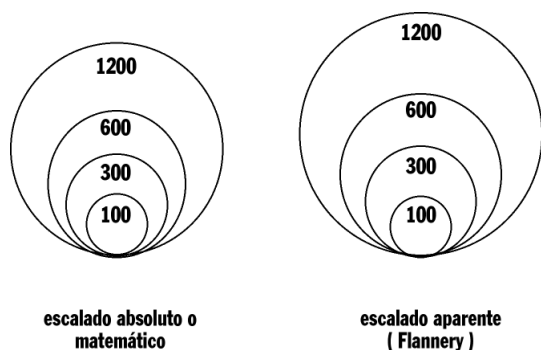
El cálculo matemático de los tamaños de los símbolos visto en el párrafo anterior no es ideal. Los resultados de diferentes estudios indican que el receptor de la imagen no responde, o no puede responder, a las propiedades geométricas de los símbolos de forma lineal, de modo que las diferencias matemáticas no coinciden con las diferencias percibidas.



Se ha demostrado que existe una tendencia general a subestimar los tamaños, más cuanto mayores son los círculos. Es decir, un círculo no se percibe como el doble que otro cuando en realidad lo es, siendo esta subestimación mayor con el aumento de su tamaño.

Por lo tanto se puede afirmar que al escalar los círculos tal y como se explica arriba, lo que en realidad sucede es que se está reduciendo el tamaño aparente de los círculos mayores. De este modo la importancia visual de estos últimos se ve aumentada.

Compensar esto es posible aumentando sistemáticamente el área de los círculos, atendiendo a factores de percepción y obteniendo así un *escalado aparente* de los círculos, como el propuesto por Flannery que multiplica por 0.57 el logaritmo de los datos.



*Escalado aparente de Flannery:*

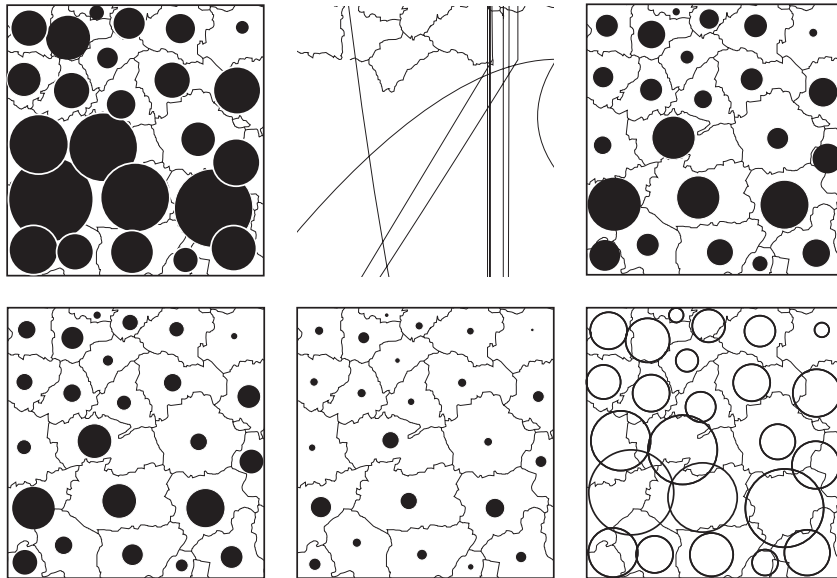
1. Determinar el logaritmo de los datos
2. Multiplicar estos por 0.57
3. Determinar los antilogaritmos
4. Dividir los valores por el valor unitario

En cualquier caso el escalado aparente tampoco compensa totalmente la subestimación de las áreas en la lectura, y puede llegar a ser mejor elegir tamaños suficientemente diferenciados. Este sistema será válido únicamente para el caso en que los datos se hayan clasificado en intervalos de clase y la simbolización no se realice uno a uno (ver punto 3.3).

### 3.2 Valor unitario y colocación de los círculos

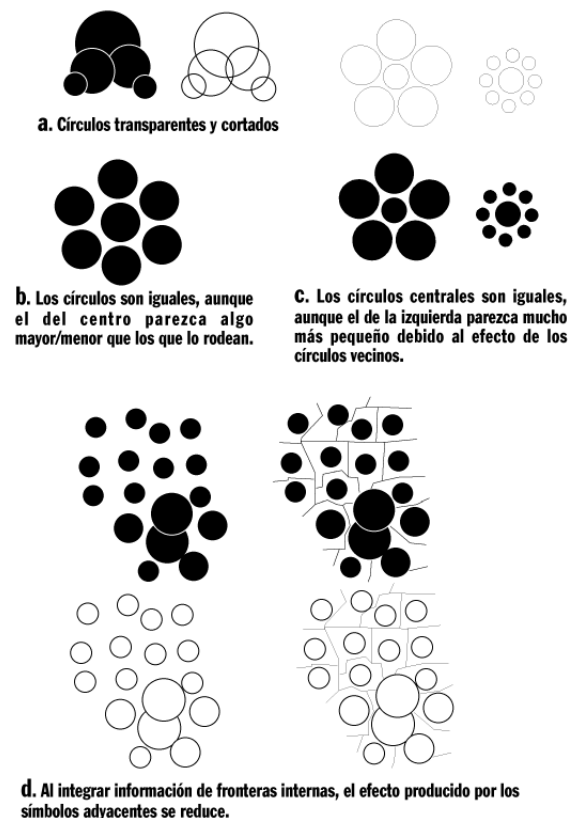
Se dijo anteriormente que la unidad de valor utilizada para calcular los tamaños de los círculos debe seleccionarse de forma que la imagen total del mapa de una buena impresión visual de la distribución cuantitativa de los fenómenos. La ilustración muestra el efecto del uso de tamaños extremos del círculo.

En los siguientes la información cuantitativa es igual en todos los mapas, pero la impresión visual de los mismos es bien diferente.



La posición donde se ha de colocar el símbolo está determinada por la localización del dato y a menudo los símbolos ocupan un espacio considerable en el mapa. De hecho con frecuencia se solapan unos con otros, lo que no causa demasiados problemas en el caso de que puedan dibujarse de forma que no exista equivocación respecto a su localización.

### 3.3 Percepción de los círculos



Además también queremos recordar aquí que la percepción del valor de los círculos también se ve afectada por los que están a su alrededor, y no existe una solución concreta para paliar los efectos que ya se comentaron. Estos afectarán al resultado de nuestros mapas, y por eso los deberemos tener en cuenta. Recordemos que:

Un círculo rodeado de otros más pequeños se percibe aproximadamente como un 13% mayor que cuando lo vemos entre círculos más grandes.

Si el círculo está rodeado de otros de igual tamaño, lo normal será percibirlo como mayor o menor que los que le rodean, pero no igual.

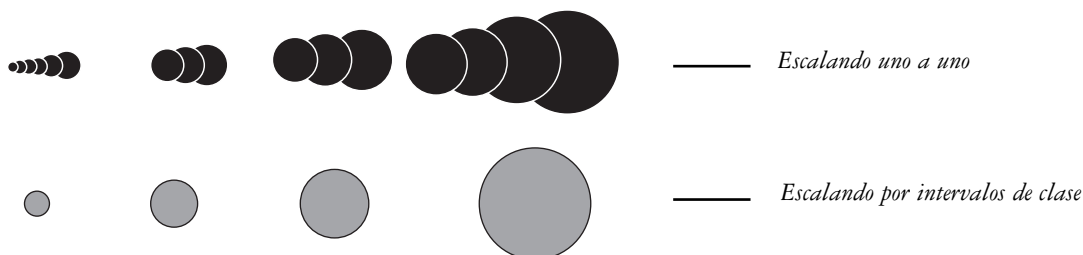
No obstante estos efectos se ven reducido si incluimos líneas internas entre las unidades.

### 3.4 Escalado de círculos para intervalos

Podemos afirmar que no es aconsejable realizar un escalado rígido de los círculos por dos razones; las limitaciones de nuestra percepción (mayor para los símbolos tridimensionales, menor para los lineales) son la primera razón.

La segunda razón, es que cuando el usuario del mapa utiliza la leyenda para relacionar un círculo determinado con su valor, lo que realmente hace es una interpolación visual. Comprueba si el círculo que él ha tomado es mayor o menor que el círculo que aparece en la leyenda para un valor determinado.

Por todo esto el cartógrafo puede decidirse por no representar 'literalmente' cada valor, es decir, crear un símbolo diferente por cada dato que vaya a aparecer en el mapa. En ese caso,



se puede decidir por clasificar todo el conjunto de datos en intervalos de clase, y representar mediante círculos suficientemente diferentes, no cada valor, sino cada intervalo, asociando a la media o mediana de cada uno un círculo claramente diferente al resto.

En este caso, la conexión entre mapa y leyenda, no cabe duda de que será más rápida, ya que todos los elementos del mapa estarán contenidos en su leyenda. De esta manera el problema de la subestimación de las superficies se ve paliado, aunque claro está, estaremos proporcionando un mapa menos rico en este caso.

Habrá que sopesar de nuevo qué es lo que interesa más. La clasificación de los datos facilitará la lectura del mapa, pero obligará a que se eliminen algunos contrastes entre valores y producirá otros fallos. La representación uno a uno, mostrará todas las diferencias que existan para el dato, pero su lectura podría verse dificultada.

En cualquier caso, pensamos que un mapa de este tipo debe transmitir las cantidades relativas existentes entre los distintos puntos, además de dar una idea de las cantidades máximas y mínimas. Por ello, nos inclinamos hacia la segunda opción, ya que con un escalado adecuado y con la ayuda de una buena leyenda, puede resolverse el problema de la lectura. Además, siempre se podrían tabular los datos aparte en caso necesario, fuera del marco del mapa.

#### **4 Escalado volumétrico**

En el caso de que haya una gama de valores muy amplia –gran diferencia entre el menor y el mayor valor– puede ocurrir que no podamos escalar ni lineal ni superficialmente, pues al elegir un símbolo mínimo legible para representar el menor de los valores, nos encontraríamos con símbolos demasiado grandes para el resto de los datos. Ocuparían toda la superficie del mapa. (Para entender esto mejor, se sugiere probar a representar por círculos el número de habitantes de las capitales de las provincias españolas por ejemplo.)

Para salvar esta dificultad, podemos utilizar símbolos volumétricos, ya que en este caso, representaremos el valor haciendo que el volumen sea proporcional al mismo. La utilización de las esferas por ejemplo, se haría teniendo en cuenta su proporcionalidad a la raíz cúbica del valor, en tanto que los círculos se construirían a partir de a raíz cuadrada.

Si la gama de valores va del 10 al 10.000 por ejemplo, y probamos a escalar círculos obtenemos:

*hasta reducirse a la relación 2,15 a 21,5, que pasando al radio de un milímetro para la primera, resulta diez para la segunda.*

#### **4.1 Percepción de volúmenes: esferas**

No obstante, es necesario añadir algo al epígrafe anterior. Las cantidades representadas por volúmenes adolecen de un importante inconveniente, y es que, una vez más, la relación estímulo–respuesta perceptiva no es lineal. Recordemos el caso de la subestimación de áreas; en el caso de los volúmenes esta subestimación se agudiza y se tiende a comparar con los valores la superficie ocupada por la esfera sobre el papel, en vez de compararlos con su volumen.

Por lo tanto, mediante las esferas se complica la lectura del mapa, ya que cuesta estimar adecuadamente los datos individuales, e incluso la percepción de las diferencias entre datos resulta difícil. Sin embargo, es verdad que su utilización resulta atractiva para el potencial lector o usuario, lo que siempre es una ventaja.

Así si en casos como el de arriba, no se puede realizar la representación por otro medio diferente al uso de volúmenes (por los datos), será conveniente realizar pruebas y prestar especial atención al escalado, pensando también en la posibilidad de adoptarlo para intervalos definidos.

Si a pesar de todo no se obtiene un mapa adecuado, habrá que pensar en otras soluciones. En algún caso podría ocurrir por ejemplo que no fueran necesarios todos los datos para la comprensión de la distribución, y en otro caso podríamos decidirnos por otro sistema de cartografiado diferente.

Veámos el punto siguiente, en donde se sugiere que podríamos “acortar” el rango total, representando por el principio de repetición del punto una cierta cantidad de los valores que tuviéramos que representar –los más bajos–.

### **5 Puntos y círculos**

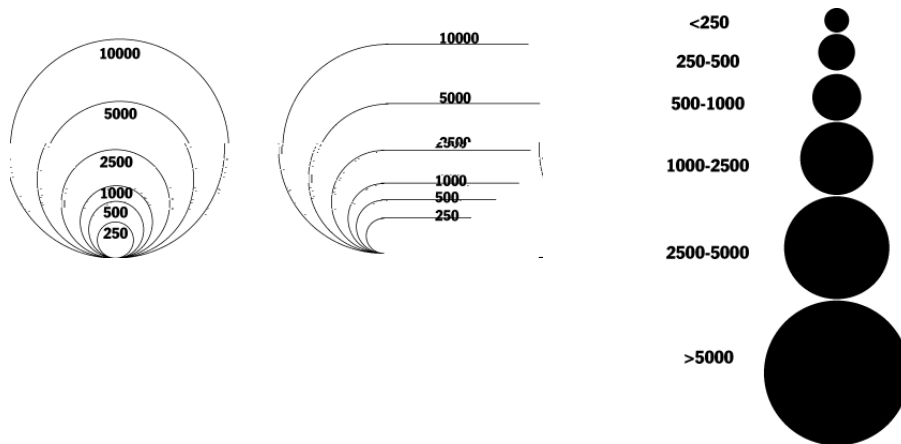
La utilización de estas dos técnicas conjuntamente, puede resultar muy efectiva para superar alguna dificultad en el diseño del mapa. Por ejemplo si queremos representar la distribución de la población a escalas pequeñas, mediante puntos podríamos indicar la dispersión de la población rural, y representar mediante círculos la concentración de la población urbana. Resolvemos así de forma satisfactoria problemas como el planteado en el apartado anterior. En el caso de que el rango de los datos fuera demasiado grande, podríamos también combinar puntos y esferas.

### **6 Leyendas**

La relación entre el tamaño del círculo y la cantidad que representa debe indicarse en el mapa. Afirmar que el tamaño de los círculos se hace proporcional a la cantidad no es suficiente, y existen varias soluciones, como se muestra más abajo.

Un grupo de círculos anidados (círculos completos o medios círculos) es una posibilidad. Esta solución es favorable si queda poco espacio en el mapa para el diagrama explicativo. Además se mejora la posibilidad de comparación visual de los tamaños con respecto a las leyendas de círculos concéntricos.

En el caso de que las cantidades sean representadas en intervalos de clase, y sólo se utilice un número limitado de tamaños, en la leyenda se mostrarán todos éstos con sus intervalos indicados.

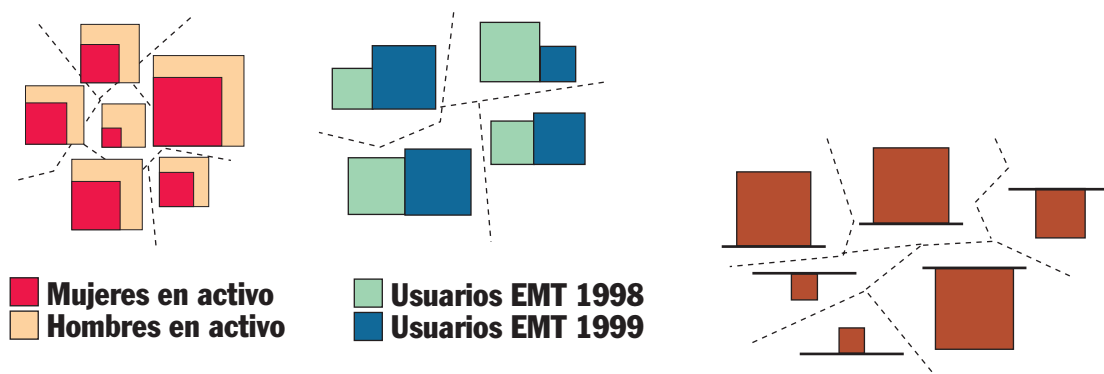


Por supuesto esta serie de círculos también puede colocarse verticalmente. Esto tiene la ventaja de que se dispone de más espacio a ambos lados de los círculos para su valor. Esta disposición alineada de los círculos (horizontal o vertical) tiene la ventaja de ser la más fácil de entender por cualquier usuario.

## 7 Consideraciones

Puede ocurrir que entre los datos existan direcciones o tendencias que como en cualquier otro tipo de representación es necesario mostrar. Si el dato crece en unos lugares y decrece en otros será necesario indicarlo con claridad en la representación, mediante colores diferentes o mediante otras soluciones.

Cuando se necesite comparar datos relacionados entre sí, bien en un solo mapa bien en varios diferentes, será obligado el uso de un único valor unitario para todos los símbolos.





Por último queremos comentar que esta técnica se ve favorecida cuando los datos no son excesivamente uniformes, de forma que la representación sea expresiva y no monótona o aburrida. Es decir, que exista cierto movimiento o contraste entre las barras, círculos, cuadrados elegidos...

