

Unidad 4. Mapas de símbolos proporcionales

En esta unidad se propone diseñar un mapa de naturaleza diferente al anterior, ya que esta vez se trata de representar un dato cuantitativo, el número de habitantes por provincia. Este tema se resuelve típicamente aplicando la técnica de símbolos proporcionales, técnica ampliamente utilizada en cartografía temática. Merece la pena detenerse en su estudio y conocer cuáles son sus ventajas e inconvenientes, así como los aspectos a considerar al utilizarla como técnica de redacción.

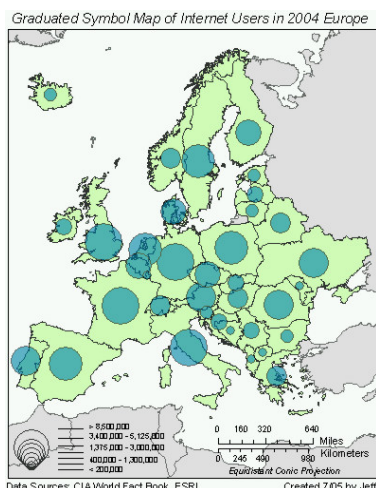
Índice

1. Introducción.....	2
2. Escala de medida de los datos	6
3. La variable visual Tamaño	6
4. Escalado de los símbolos	7
4.1. Símbolos lineales (barras)	7
4.2. Símbolos superficiales (círculos, cuadrados)	8
4.3. Símbolos volumétricos (esferas, cubos)	13
5. Percepción del tamaño	14
5.1. Símbolos lineales.....	14
5.2. Símbolos superficiales.....	14
5.3. Símbolos volumétricos	16
6. Ventajas e inconvenientes de los distintos escalados	17
7. Símbolos clasificados en intervalos.....	19
8. La leyenda	21
9. Conclusiones.....	23
Listado de figuras	24

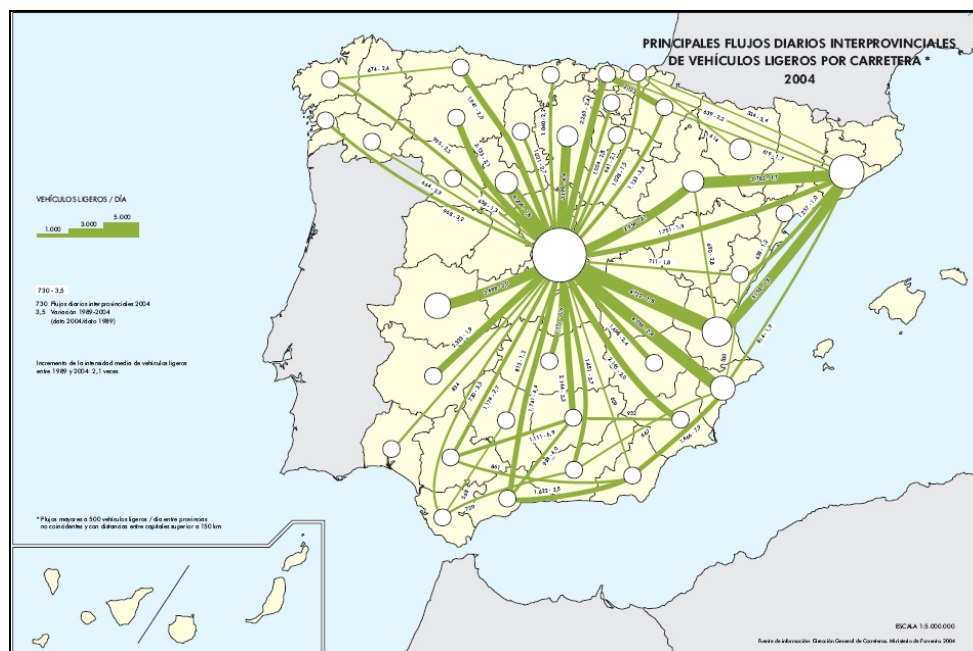
1. Introducción

Los mapas de símbolos proporcionales son muy utilizados en cartografía temática cuantitativa, pues son fáciles de elaborar e interpretar ya que la asociación de cantidades a tamaños resulta universalmente intuitiva. Esta técnica emplea precisamente este principio; se representan cantidades utilizando una forma fija cuyo tamaño varía en proporción al dato a representar.

Figura 1. Ejemplo de mapa de símbolos proporcionales. En este mapa se representa el número de usuarios de Internet en Europa en 2004. Los símbolos se utilizan para representar cantidades que normalmente se asocian a superficies (países) como en este caso, o a puntos (ciudades).



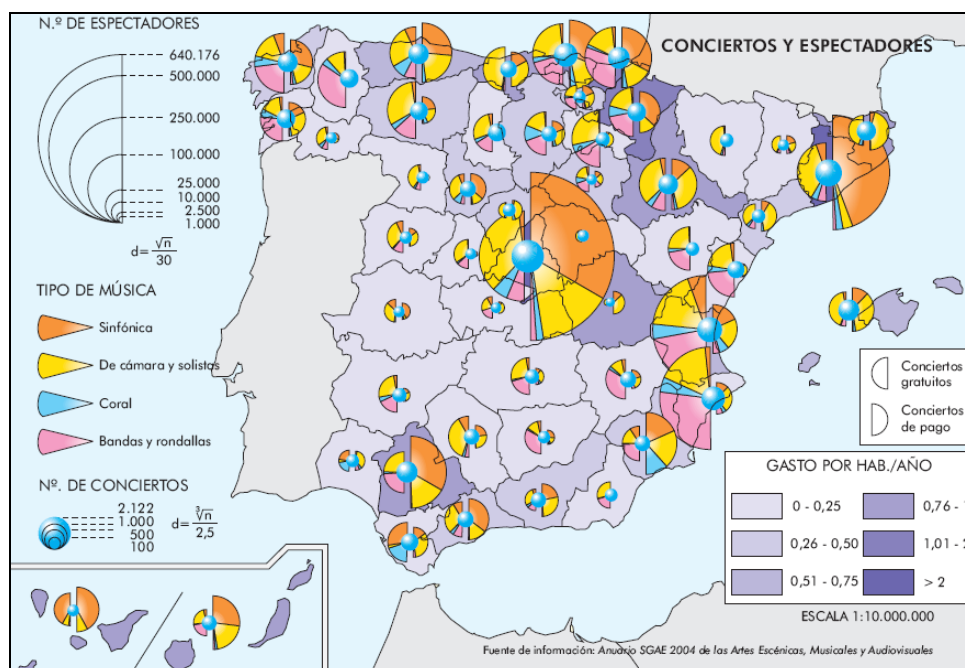
Fuente: CIA World Fact Book, ESRI, 2005.



Fuente: Atlas Nacional de España, IGN

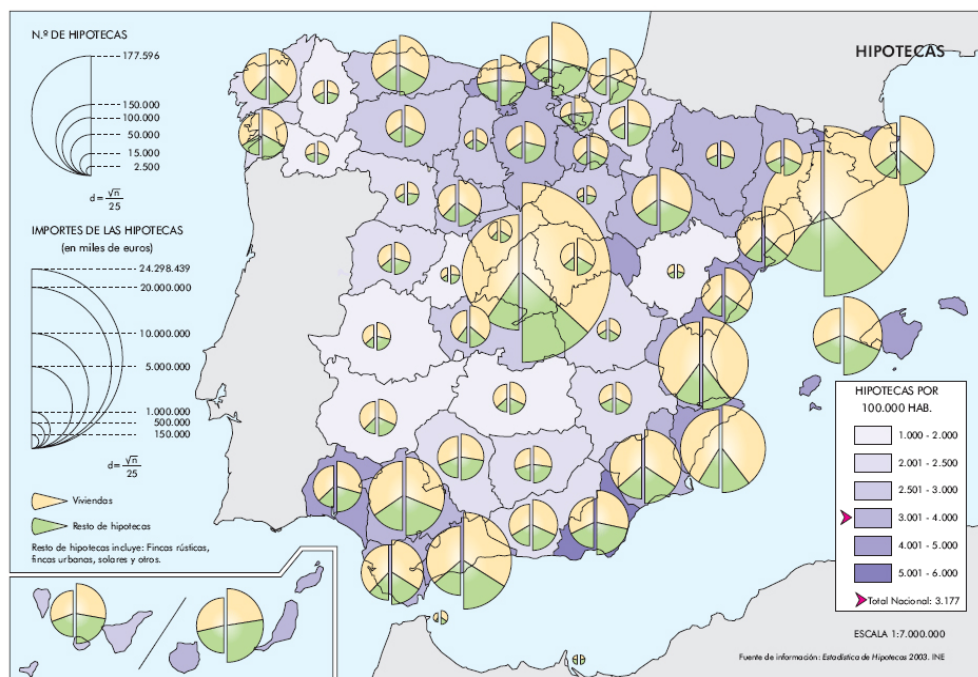
Figura 2. Ocasionalmente los símbolos proporcionales cuantifican elementos lineales, aunque para ese fin es mejor emplear mapas de flujo. En este ejemplo se combinan ambas representaciones.

Históricamente los símbolos proporcionales se han utilizado para representar datos socioeconómicos, pero en la práctica éste es un método válido para representar cualquier dato cuantitativo en formas diversas, incluyendo valores totales, proporciones y razones, excepto densidades, para las que es mejor utilizar simbología superficial (coropletas).



Fuente: Atlas Nacional de España, IGN

Figura 3. Combinación de tres símbolos proporcionales; el semicírculo izquierdo expresa el número de espectadores que asisten a conciertos gratuitos, el derecho los asistentes a los de pago, y un tercer símbolo volumétrico representa el número de conciertos en cada provincia.



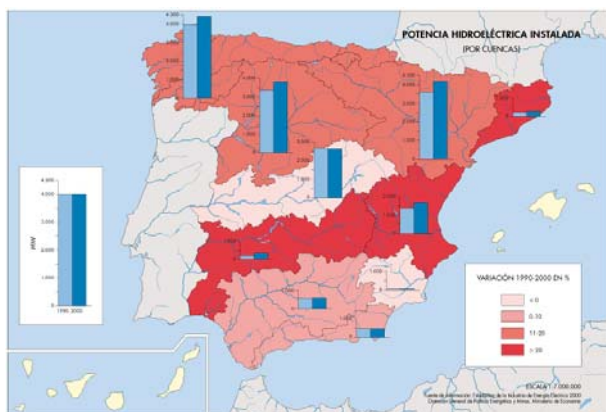
Fuente: Atlas Nacional de España, IGN

Figura 4. Combinación de dos símbolos proporcionales, para el número de hipotecas por provincia y el importe de las mismas. Además los sectores indican si son destinadas a la adquisición de viviendas u otros inmuebles.

Forma del símbolo

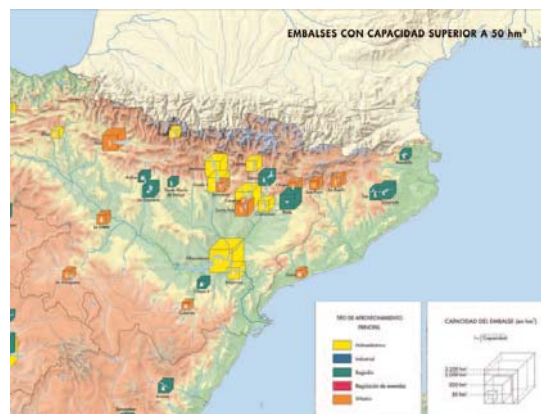
En estos mapas la forma del símbolo es invariable. La clásica es la circular, posiblemente por ser compacta y fácil de construir manualmente. Además el cálculo del tamaño se simplifica al emplear figuras geométricas, pues resulta más fácil realizar cálculos para círculos y cuadrados que para figuras más irregulares.

No obstante, las necesidades de diseño pueden aconsejar utilizar otras formas, como las volumétricas o las lineales como las barras.



Fuente: Atlas Nacional de España, IGN

Figura 5. Utilización de barras como símbolo proporcional; su longitud es proporcional a la potencia instalada en cada cuenca hidrográfica.



Fuente: Atlas Nacional de España, IGN

Figura 6. Utilización de volúmenes; el volumen encerrado en cada cubo es proporcional a la capacidad del embalse.

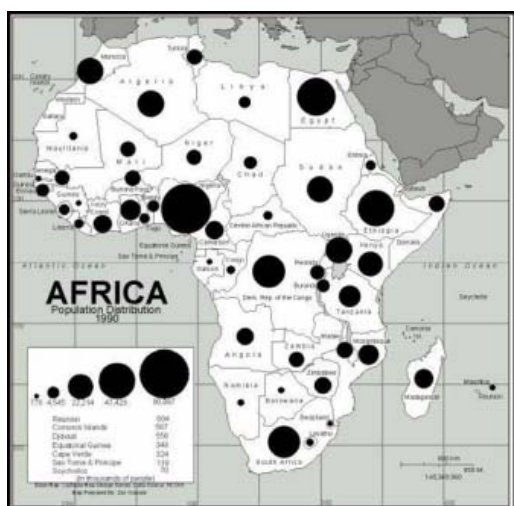


Figura 7. Utilización de círculos como símbolo proporcional; su área es proporcional a la población de cada país africano.

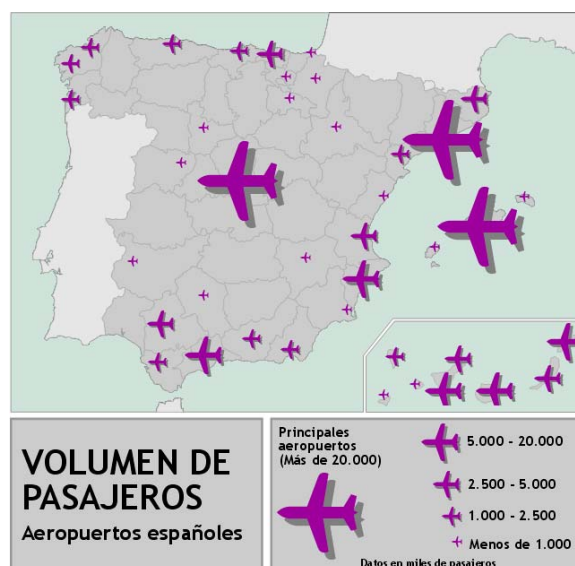


Figura 8. Utilización de una forma pictórica como símbolos de proporcionalidad aproximada.

También pueden verse mapas de símbolos proporcionales en los que la forma básica utilizada es de tipo pictórico intentando evocar el tema del mapa. En este sentido es conveniente ser prudente, porque además de complicarse el cálculo de la proporcionalidad, el aspecto del mapa puede resultar poco conveniente según el contexto.

2. Escala de medida de los datos

Según la información que se posea acerca de una variable se definen tres niveles o escalas de medida de los datos que en orden de precisión creciente son la escala de medida nominal, la ordinal y la cuantitativa. Para elaborar cartografía temática cuantitativa se requiere disponer de datos en esta última escala de medida. Ocasionalmente también podrá disponerse de datos en escalas de medida ordenadas.

Se dice que la escala de medida es cuantitativa cuando entre los datos se establece una jerarquía que es posible definir cuantitativamente. Es el caso de tener una serie de poblaciones ordenadas por su número de habitantes o un conjunto de países por su producto interior bruto.

Cuando entre los datos es posible establecer algún orden objetivo pero no pueden expresarse las diferencias mediante cantidades por ser desconocidas, entonces se dice que los datos están en una escala de medida ordenada.

3. La variable visual Tamaño

Todos los datos cuantitativos precisan para su representación símbolos que lleven al lector a establecer de manera espontánea un orden entre los elementos representados. Pero además debe ser posible deducir sin muchas consultas de la leyenda, cuál es la proporción existente entre los distintos datos así como extraer conclusiones del tipo: *‘esta ciudad parece más poblada que esta otra, y se diría que lo es en cuatro veces’*. Esta respuesta perceptiva la provoca una única variable visual; **el tamaño**.

Siempre que se desee mostrar cantidades se debe pensar como primera opción en esta variable visual, especialmente si los datos vienen en forma absoluta. Al utilizar el tamaño como vehículo de información es posible mostrar todos y cada uno de los datos en el mapa, ya que a cada dato le corresponde su propio tamaño. Si son cincuenta las unidades administrativas, cada una con su dato específico, no hay problema para que en el mapa aparezcan cincuenta símbolos de diferentes tamaños para su representación.

4. Escalado de los símbolos

Existen tres modelos de escalado según la forma básica elegida.

- En los **símbolos lineales**, tomando el ejemplo básico de una barra, su altura se dibuja proporcional al dato a representar.
- En los **símbolos superficiales**, la superficie debe dibujarse proporcional al dato a representar. Los ejemplos clásicos son el círculo y el cuadrado.
- En los **volumétricos**, el volumen encerrado en el símbolo debe ser proporcional al dato.

A continuación se expone cómo realizar el cálculo de los tamaños para barras, círculos y esferas para un ejemplo. Para una mejor comprensión, se recomienda seguir el ejemplo con papel, lápiz, calculadora y regla. De una serie de datos referentes al número de habitantes, se indican los valores mínimo, máximo así como un valor intermedio en la siguiente tabla.

Melilla	66.411
La Coruña	1.096.027
Madrid	5.423.384

4.1. Escalado en símbolos lineales

Suponiendo que se desea representar la población por medio de barras, éstas se escalan linealmente. Así, cuando un dato sea el doble que otro, las barras que los representen deberán ser también una el doble de alto que la otra.

De esta manera, para escalar la barra basta con determinar **un factor de escala** que reduzca los datos a alturas de barra adecuadas al espacio disponible en el mapa. La barra mínima debe ser visualmente aceptable y la barra máxima o más larga no debe ocupar un espacio excesivo.

En el caso del ejemplo, si se toma una longitud mínima de 5 milímetros para representar el dato de Melilla (el menor valor, 66. 411 habitantes), se extrae un factor de escala, al que llamamos K y que toma el valor 13 .282.

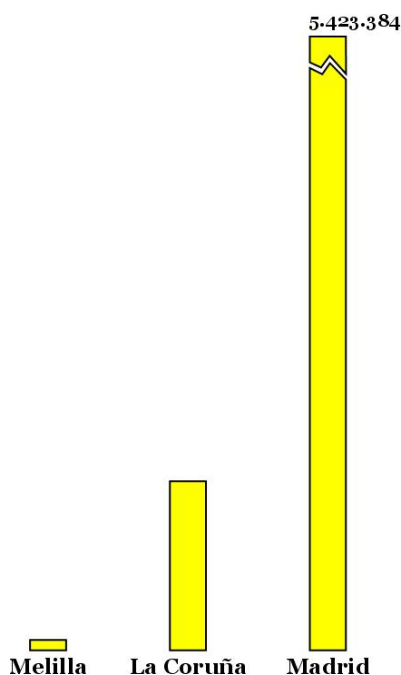
Factor de escala (K) = Dato mínimo / Longitud mínima legible en el mapa

Dividiendo por este factor los demás datos se obtienen las correspondientes alturas de barras. Al aplicarlo a los datos máximos se obtienen barras desmesuradas, y al contrario también es cierto; si el factor de escala se establece tomando como referencia una barra de tamaño 'normal' para Madrid (el mayor dato), la longitud de las barras en el caso de los datos más pequeños será prácticamente invisible

$$\text{Longitud de las barras} = \text{Dato} / K$$

PROVINCIA	DATO (habitantes)	Referencia Melilla: 5 mm	Referencia Madrid: 80 mm
Melilla	66.411	5,00	0,98
La Coruña	1.096.027	82,52	16,17
Madrid	5.423.384	408,32	80,00

Figura 9. Asignando a Melilla una longitud de 5 mm, Madrid tendría casi 41 centímetros lo que puede ser excesivo; si a Madrid se le impone una barra de 8 cm, Melilla se queda casi invisible, con menos de 1 mm.



4.2. Escalado en símbolos superficiales

En el caso de los símbolos superficiales, el escalado es relativo a la superficie. Es decir, el valor será proporcional a la superficie del círculo, cuadrado, etc.

Por ello se debe calcular previamente la raíz cuadrada del dato y después proseguir como en el caso anterior, imponiendo un radio mínimo visible o un radio máximo aceptable para el tamaño del mapa antes de extraer un factor de escala K .

El círculo es un símbolo de tipo superficial, por lo que el área debe ser proporcional al valor que representa, es decir proporcional a $\pi \cdot r^2$, o lo que es lo mismo a r^2 . De este modo, el radio es proporcional a la raíz cuadrada del valor, por lo que como primer paso en la construcción de los símbolos, deben calcularse las raíces cuadradas de los datos.

Esto quiere decir que un círculo de radio 4 no representa el dato "4", sino el dato " $4^2 = 16$ "; y el dato "9" no se representa con un círculo de radio 9, sino con un círculo de radio " $\sqrt{9} = 3$ ".

Dato	Radio	Superficie
100	$r = 1\text{mm}$	Pi
900	$r = 9\text{mm}$	81Pi

Si el escalado se realiza directamente, a un dato que sólo es nueve veces mayor que otro le corresponde un círculo que es 81 veces mayor.

Factor de escala $100/1 = 100$

Dato	Raíz2Dato	Radio	Superficie
100	10	$r = 1\text{mm}$	Pi
900	30	$r = 3\text{mm}$	9Pi

Si el escalado se realiza según la raíz cuadrada del dato, la correspondencia de tamaños es correcta. Al dato nueve veces mayor le corresponde un área nueve veces más grande.

Factor de escala $10/1 = 10$

Es importante hacer notar que al escalar las formas respecto a la raíz cuadrada y no directamente respecto al dato, es posible aplicar el principio de los símbolos proporcionales a series de **datos de rango más amplio** que en el caso de las barras.

Esta tabla muestra el mismo proceso para los datos del ejemplo, y el dibujo muestra la proporcionalidad de los círculos resultantes.

DATO (habitantes)	RAÍZ CUADRADA DATO	NORMALIZACIÓN o ESCALADO
66.411	257,70	2,00
1.096.027	1046,91	8,12
5423384	2328,82	18,07

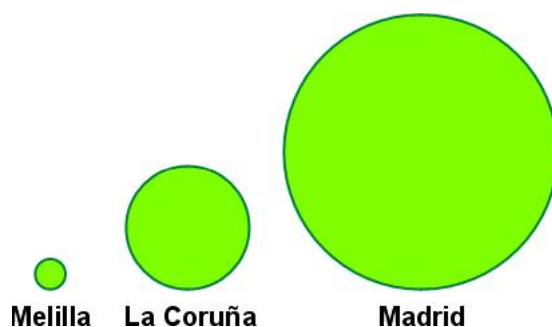


Figura 10. Círculos resultantes de dibujar como radio un valor proporcional a la raíz cuadrada del número de habitantes

En estos mapas es muy importante elegir cuidadosamente el factor de escala para los símbolos, porque su elección, que conlleva cierta subjetividad, repercute directamente en el aspecto final del mapa. En todo caso hay que determinarlo según sean el círculo mayor y el menor, y comprobar cómo resulta la representación de los valores intermedios.

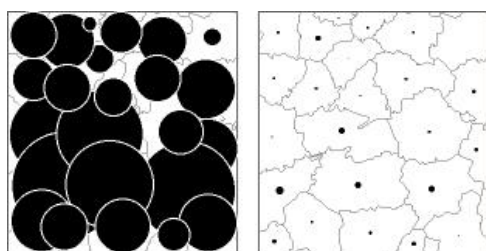


Figura 11. En este ejemplo la proporcionalidad para los círculos se mantiene y sólo varía el factor de escala. En un mapa los solapes son excesivos, tanto que el 'mapa' desaparece, y en el de la izquierda lo diminuto de los tamaños dificulta la legibilidad de la representación.

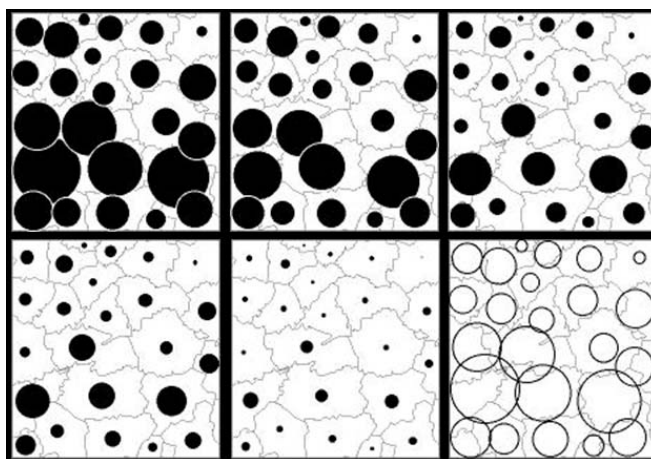


Figura 12. Entre ambos extremos puede haber una serie de factores de escala más adecuados al espacio disponible en el mapa. La selección de uno u otro depende de si los círculos son transparentes u opacos, y del color de relleno. Finalmente es decisión del diseñador.

Recuerda que en **cartografía temática** es habitual mostrar datos relacionados entre sí, en un mismo mapa o en varios. Piensa siempre como primera opción en utilizar un factor de escala único para los símbolos. Aunque no siempre será posible llevarlo a la práctica, conviene realizar pruebas ya que aporta un valor añadido al trabajo que se realice.

Para ello es necesario contemplar de forma conjunta el escalado de los símbolos y utilizar un factor de escala (K) único las dos series de datos (instalaciones públicas y privadas). O lo que es lo mismo, una única leyenda de tamaños. De esta manera se permite la lectura individual de cada variable, así como una lectura conjunta y comparada de las dos. Para ello se toma el valor mínimo y el máximo considerando conjuntamente las dos series.

Lo mismo puede decirse si se trata de mapas diferentes que muestren datos que pueda resultar interesante comparar; siempre debe pensarse en facilitar esta lectura comparada empleando un factor de escala único, es decir, una sola leyenda para los tamaños.

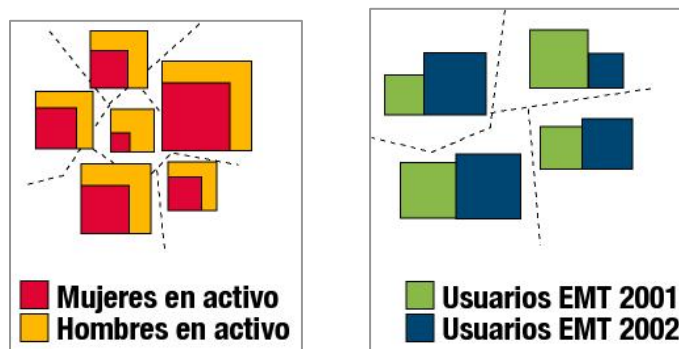
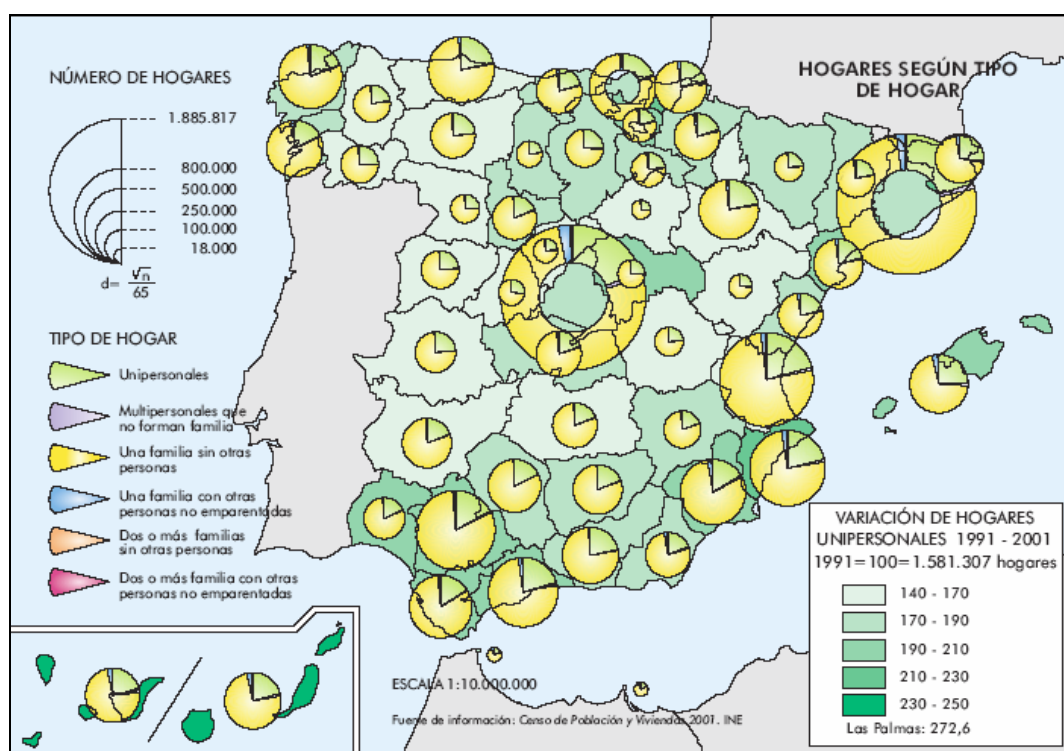


Figura 13. Con una sola leyenda en cada mapa la lectura completa será más fácil. En el primer caso es posible observar fácilmente la relación de hombres y mujeres en activo además de ver sus distribuciones por separado. Lo mismo en el ejemplo de la derecha, donde una sola leyenda facilitará observar la evolución del número de usuarios.

Consejo

En aquellos casos en los que el escalado superficial sea adecuado para la mayoría de los datos, pero el tamaño para alguno de ellos se ‘dispare’ puede procederse de forma similar a la comentada con las barras.

Si el problema proviene de un valor mínimo debe plantearse su importancia, quizá pueda suprimirse de la representación o indicarse mediante algún otro grafismo o rótulo. Si el problema está en un máximo pueden realizarse operaciones gráficas del tipo: emplear círculos transparentes, perforar los círculos más grandes (de manera que queden tipo anillo) o llevar fuera del mapa la zona de los máximos, mediante la extracción del campo del mapa de la zona conflictiva.



Fuente: Atlas Nacional de España, IGN

Figura 14. Ejemplo de círculos proporcionales perforados para resolver solapes en los de mayor tamaño.

4.3. Escalado en símbolos volumétricos

Cuando el rango o la amplitud de los datos sea muy grande y no sea posible escalar los gráficos ni lineal ni superficialmente, pueden utilizarse símbolos volumétricos. La utilización de las esferas o cubos consideran radios y lados proporcionales a la raíz cúbica del valor, lo que reduce notablemente el rango original de datos a representar.

Siguiendo con el ejemplo, asignando a Melilla un radio de 2 mm, el radio de la esfera correspondiente a Madrid sólo es de 8,68 mm. Se obtienen las siguientes esferas para los tres ejemplos:

DATO	RAÍZ CÚBICA DATO	RADIO (mm)
66.411	40,50	2,00
1.096.027	103,10	5,09
5.423.384	175,69	8,68



Figura 15. Esferas resultantes de dibujar como radio un valor proporcional a la raíz cúbica del número de habitantes

En el caso de tener valores comprendidos en el intervalo de 10 a 10.000 para un escalado de círculos, se calcula la raíz cuadrada de los valores (3.16 a 100). Si el círculo menor tiene un radio de 1mm, al mayor le corresponde uno de 33mm que puede resultar excesivo. Puede pensarse entonces en un escalado volumétrico, con el que estas diferencias de tamaño se reducen notablemente pues los resultados de la raíz cúbica acortan la amplitud 10-10.000 a la amplitud 2,15-21,5. Si de nuevo se selecciona un radio de unidad para el primer dato, la esfera que representa el máximo será de sólo diez milímetros de radio lo que facilita la limpieza del mapa resultante.

5. Percepción del tamaño

5.1. Símbolos lineales

Una ventaja importante de las barras es que se interpretan correctamente como símbolo, ya que la comparación visual de las longitudes es buena, siendo lineal la relación existente entre el estímulo gráfico (o longitud medida) y la longitud percibida por el lector. De este modo una barra de doble longitud que otra, se percibe exactamente como el doble.

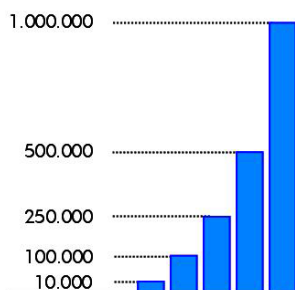


Figura 16. La comparación visual de las barras es buena, por lo que son ideales si las diferencias entre los datos permiten emplearlas, aunque a menudo su utilización requiere un espacio vertical excesivo.

5.2. Símbolos superficiales

En el escalado matemático de los círculos, existe una tendencia general a subestimar los tamaños, es decir, un círculo no se percibe como el doble de otro cuando lo es geométricamente. Esta subestimación crece con el tamaño de los círculos, y se tendrá que compensar aumentando sistemáticamente el área de los círculos atendiendo a factores de percepción. Por ejemplo aplicando un escalado aparente de los círculos como el propuesto por Flannery en 1971.

Dato	Raíz del dato	Círculo resultante con la raíz	Círculo resultante mediante Flannery	Escalado de Flannery
6,30	2,51			2,86
17,80	4,22			5,18
24,30	4,93			6,18
38,70	6,22			8,06
52,60	7,25			9,61
74,10	8,61			11,69
100,00	10,00			13,87

Figura 17. Comparación de los círculos resultantes aplicando la raíz cuadrada (en amarillo) y el escalado aparente de Flannery (en verde) pensado para paliar la subestimación del tamaño de los símbolos superficiales. En este segundo caso, los tamaños crecen más rápidamente para compensar la subestimación perceptiva.

Escalado aparente de los círculos según **Flannery**.

En lugar de tomar las raíces cuadradas de los datos se sigue el procedimiento siguiente:

1. Determinar el logaritmo de los datos
2. Se multiplican los resultados por 0.57
3. Se determinan sus antilogaritmos
4. Se aplica en factor de escala elegido para el mapa

La aplicación ArcGis resuelve este tipo de escalado elevando el dato a 0,571 en vez de elevar el dato a 0,5 (que es lo mismo que calcular la raíz cuadrada).

Otra opción es elegir tamaños claramente diferenciados. Pero esto sólo es válido si los datos se han agrupado en intervalos de clase y la simbolización no se realiza uno a uno. En este caso se gana legibilidad pues se emplean menos círculos, pero por otro lado se pierde información en el mapa que queda menos rico. (Ver 4.7.)

Si los datos exactos son importantes para el propósito del mapa, éstos pueden mostrarse tabulados aparte, como información adicional en el mapa.

A lo anterior hay que añadir que la percepción de los círculos se ve afectada por los que están a su alrededor, y que no existe una solución concreta que permita paliar los efectos que esto produce. Eso sí, aunque no puedan ser totalmente controlados, estos efectos se ven reducidos si se incluyen las líneas internas entre las unidades, lo que puede ser aconsejable incluso cuando lo que se cuantifique sean elementos puntuales (como ciudades) y los símbolos no se asocien con áreas.

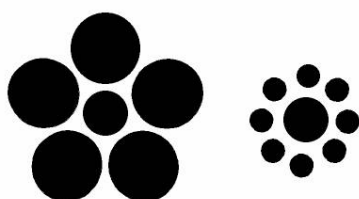


Figura 18. Un círculo rodeado de otros más pequeños se percibe aproximadamente como un 13% mayor que cuando lo vemos entre círculos más grandes.

Figura 19. Un círculo rodeado de otros iguales se percibe como mayor o menor, pero no igual.

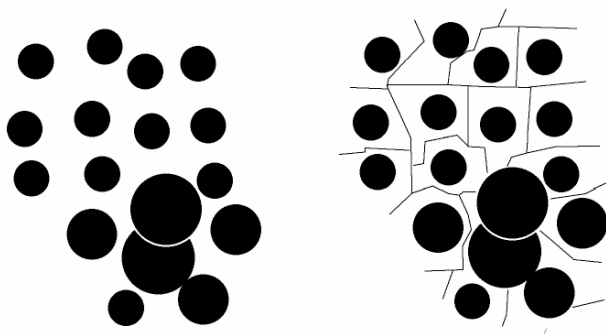
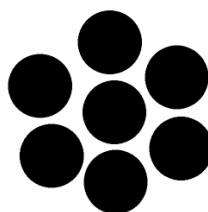


Figura 20. Además de la subestimación de los tamaños, la percepción de los mismos plantea otro tipo de problema. Los círculos adyacentes modifican la percepción de los círculos cuyos tamaños se desea estimar. Este efecto puede reducirse con la introducción de fronteras.

5.3. Símbolos volumétricos

La percepción de volúmenes es complicada; estimar adecuadamente el valor de cada elemento individual es difícil, como también lo es percibir las diferencias relativas entre ellos. La subestimación que ocurre con las áreas se agudiza en los volúmenes, pues se tiende a comparar los datos con la superficie ocupada por la esfera sobre el papel, en vez de con el volumen en él encerrado.

Cuando, debido a los datos, no sea posible realizar la representación por otro medio diferente al uso de volúmenes, conviene realizar múltiples pruebas y prestar especial atención al escalado, pensando también en la posibilidad de adoptarlo para intervalos definidos.

Si a pesar de todo la solución no es satisfactoria, puede pensarse en otras opciones: quizá pueda mantenerse el escalado superficial eliminando datos de la representación, utilizar círculos transparentes o perforar los círculos mayores. En otros casos también puede pensarse en combinar los símbolos con otro sistema de cartografiado.

6. Ventajas e inconvenientes

	Ventajas	Inconvenientes
Símbolos lineales (BARRAS)	Las barras se interpretan fácilmente como símbolo porque la comparación visual de las longitudes es buena, siendo lineal la relación entre las longitudes dibujadas y percibidas.	Su utilización requiere mucho espacio vertical, lo que puede crear dificultades. Esto las limita a rangos de datos pequeños.
	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.	
Símbolos superficiales	Producen una buena impresión visual, y se adaptan a rangos de datos mayores.	Existe una tendencia a subestimar los tamaños, más cuanto mayor es el círculo, en la lectura del mapa. Es posible aplicar factores de corrección y obtener un <i>escalado aparente</i> , como el propuesto por Flannery, para compensarlos.
	Son adecuados si el rango de datos no es excesivamente grande ni excesivamente pequeño.	
Símbolos volumétricos	Permiten trabajar con una gama de valores (rango) muy amplia.	Su percepción plantea problemas y la subestimación de tamaños se agudiza.
	Se pueden obtener buenos resultados si se emplean intervalos definidos. Es posible combinar símbolos volumétricos con símbolos superficiales y mapas de puntos.	

Símbolos	Rango de datos	Lectura
Lineales (barras)	● □ □ □	● ● ● ●
Superficies	● ● □ □	● ● □ □
Volúmenes	● ● ● ●	● □ □ □

Barras: son ideales si las diferencias entre los datos son pequeñas y puede realizarse un escalado lineal acorde con los valores observados. Su lectura no presenta problemas.

Superficies: Para el rangos más amplios. Presentan ciertas dificultades de lectura que pueden resolverse con un escalado aparente o realizando intervalos de clase.

Volúmenes: Permiten representar rangos de datos muy amplios pero presentan grandes dificultades de lectura. Pueden emplearse para intervalos definidos y combinarse con otras simbologías.

7. Símbolos proporcionales clasificados en intervalos

Una ventaja de emplear símbolos proporcionales en la representación de cantidades es que con ellos es posible reflejar en el mapa cada valor individual observado, sin realizar generalizaciones que oculten las diferencias pequeñas entre los datos.

Entonces, la lectura de los símbolos requiere poder estimar un valor para cada uno de ellos, para lo cual el usuario del mapa acude a la leyenda y realiza una interpolación visual entre los símbolos allí descifrados.

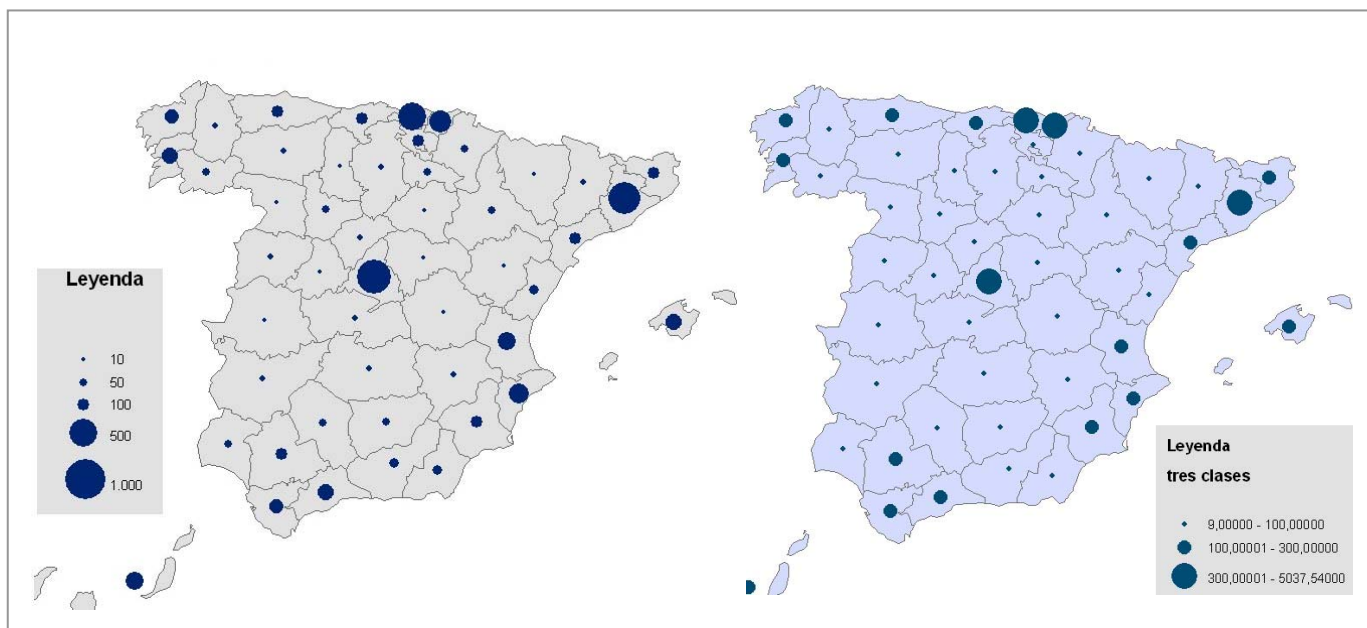


Figura 21. El mapa de la izquierda permite ver las pequeñas diferencias además de los grandes contrastes. El de la derecha ha clasificado los datos en tres clases y sólo permite mostrar esto último. Es importante observar que la leyenda del primer mapa muestra unos símbolos de referencia correspondientes a una serie de valores redondos entre los cuales el lector del mapa interpolará visualmente para estimar un valor concreto. En el segundo caso, en la leyenda aparecen todos los tamaños utilizados en la confección del mapa.

Si se desea simplificar la representación puede clasificarse el conjunto original de datos en unos pocos intervalos de clase y calcular el tamaño proporcional a cada una de las clases según la media o mediana correspondiente.

Con ello se subrayan las diferencias entre los símbolos y se modera el problema de la subestimación de tamaños. Además la conexión entre el mapa y la leyenda es inmediata, pues todos y cada uno de los símbolos mostrados en él son descifrados en su leyenda, con lo que el usuario no precisa estimar valor alguno.

No obstante, de lo anterior no debe desprenderse que esta opción sea la adecuada, pues es claro que al aplicarla necesariamente se eliminan algunos contrastes entre valores y se obtiene un mapa más simplificado, lo que no siempre será deseable.

Al realizar el agrupamiento de datos los radios se calculan a partir del valor medio (media o mediana) de cada clase. (La clasificación de datos en intervalos de clase se estudiará en la Unidad 5.)

Datos	Raíz cuadrada	Normalización	Símbolo		Datos	Media int.	Raíz cuadrada	Normalización	Símbolo
2	1,41	1,00			2	6	2,45	1,75	
4	2,00	1,41			4				
6	2,45	1,73			6				
7	2,65	1,87			7				
11	3,32	2,35			11				
12	3,46	2,45			12	21,6	4,65	3,32	
18	4,24	3,00			18				
21	4,58	3,24			21				
27	5,20	3,67			27				
30	5,48	3,87			30				
31	5,57	3,94			31	35	5,92	4,23	
31	5,57	3,94			31				
34	5,83	4,12			34				
35	5,92	4,18			35				
44	6,63	4,69			44				
47	6,86	4,85			47	56,2	7,50	5,36	
53	7,28	5,15			53				
59	7,68	5,43			59				
61	7,81	5,52			61				
61	7,81	5,52			61				
68	8,25	5,83			68	87,2	9,34	6,67	
85	9,22	6,52			85				
91	9,54	6,75			91				
92	9,59	6,78			92				
100	10,00	7,07			100				

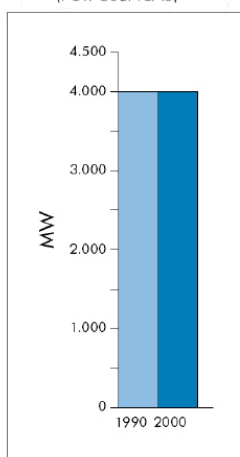
Figura 22. En esta tabla se muestran los símbolos resultantes para cada dato (izquierda) y los correspondientes a cinco intervalos de clase. Lógicamente en un caso la representación es más cercana a la realidad, y en el otro más simplificada.

La utilización de intervalos en símbolos proporcionales implica que la verdadera magnitud de un dato se pierde, y simplemente se obtiene una información más generalizada. De nuevo, como en tantas ocasiones en Cartografía, hay que sopesar qué interesa más: si facilitar la lectura del mapa aplicando esta técnica o mostrar todas las diferencias con un mapa más rico aunque plantee más problemas en su lectura.

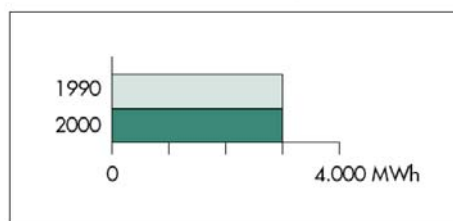
8. Leyendas

La leyenda es un elemento clave de todo mapa. En estas representaciones en ella debe quedar claramente reflejado si se han realizado o no intervalos de clase. Si los datos se han clasificado, en la leyenda aparecerán todos los símbolos con indicación de los límites mínimo y máximo. Si no hay clasificación, aparecerá un número suficiente de muestras de tamaños, correspondientes siempre a valores redondos. Mediante ellas el lector debe ser capaz de estimar los valores de cualquier otro círculo representado en el mapa.

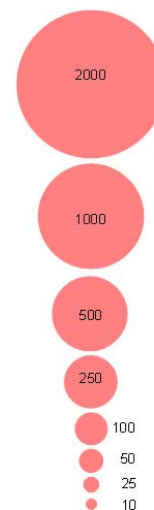
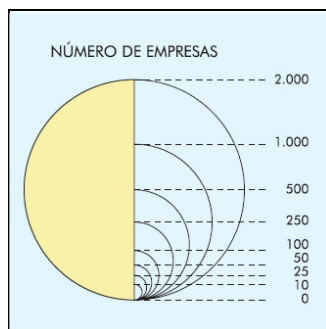
POTENCIA HIDROELÉCTRICA INSTALADA
(POR CUENCAS)



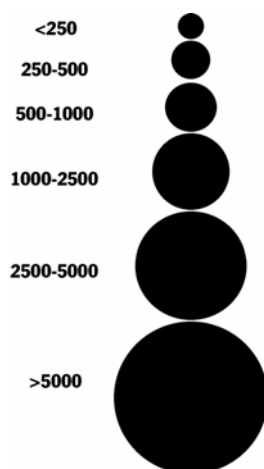
PRODUCCIÓN BRUTA HIDROELÉCTRICA
(POR CUENCAS)



Figuras 23 y 24. Ejemplos del caso más sencillo de leyenda, el que emplea barras. Ambos representan un dato en dos años diferentes por supuesto sobre una misma escala de datos (mismo factor K). Como se aprecia en las figuras las barras pueden estar verticales u horizontales.



Figuras 25 y 26. Las leyendas de símbolos superficiales pueden ser alineadas o anidadas, normalmente tienden a anidarse por problemas de espacio. Deben contener un número representativo de círculos y abarcar los valores extremos. Es necesario redondear los valores que vayan a mostrarse ya que es más difícil interpolar entre los valores 856 y 1457 que entre 1000 y 1500.



Figuras 27 y 28. Si se han clasificado los datos en intervalos de clase, y sólo se utiliza un número limitado de tamaños, en la leyenda se mostrarán todos ellos con sus intervalos indicados, incluyendo límites superior e inferior para cada uno.

9. Conclusiones

Los símbolos proporcionales son una técnica típica para representar datos cuantitativos asociados a puntos o áreas. Son ideales para mostrar valores absolutos, pero también sirven para mostrar porcentajes, proporciones, tasas... excepto densidades, para las que es más adecuado utilizar la técnica de coropletas.

A la hora de diseñar estos mapas pueden utilizarse formas lineales, superficiales o volumétricas, dependiendo del rango de los datos a representar. Las dos últimas plantean problemas en su percepción, pero es posible resolverlos mediante escalados aparentes o mediante intervalos. A menudo, estas representaciones aparecen junto a otras diferentes en los mapas, siendo habitual la inserción de gráficas de sectores en círculos proporcionales, por ejemplo.

Listado de figuras

Figura 1. Ejemplo de mapa de símbolos proporcionales.....	2
Figura 2. Ocasionalmente los símbolos proporcionales cuantifican elementos lineales..	2
Figura 3. Combinación de tres símbolos proporcionales	3
Figura 4. Combinación de dos símbolos proporcionales, para el número de hipotecas por provincia y el importe de las mismas.	4
Figura 5. Utilización de barras como símbolo proporcional	5
Figura 6. Utilización de volúmenes	5
Figura 7. Utilización de círculos como símbolo proporcional	5
Figura 8. Utilización de una forma pictórica como símbolos de proporcionalidad.	5
Figura 9. Asignando a Melilla una longitud de 5 mm....	8
Figura 10. Círculos resultantes de dibujar como radio un valor proporcional a la raíz cuadrada del número de habitantes.....	10
Figura 11. En este ejemplo la proporcionalidad para los círculos se mantiene y sólo varía el factor de escala	10
Figura 12. Entre ambos extremos puede haber una serie de factores de escala más adecuados al espacio disponible en el mapa.....	10
Figura 13. Con una sola leyenda en cada mapa la lectura completa será más fácil	11
Figura 14. Ejemplo de círculos proporcionales perforados para resolver solapes en los de mayor tamaño.	12
Figura 15. Esferas resultantes de dibujar como radio un valor proporcional a la raíz cúbica del número de habitantes.....	13
Figura 16. La comparación visual de las barras es buena	14
Figura 17. Comparación de los círculos resultantes aplicando la raíz cuadrada (en amarillo) y el escalado aparente de Flannery	15
Figura 18. Un círculo rodeado de otros más pequeños se percibe aproximadamente como un 13% mayor	16
Figura 19. Un círculo rodeado de otros iguales se percibe como mayor o menor, pero no igual.	16
Figura 20. Además de la subestimación de los tamaños, la percepción de los mismos plantea otro tipo de problema.	16

Figura 21. El mapa de la izquierda permite ver las pequeñas diferencias además de los grandes contrastes. El de la derecha ha clasificado los datos en tres clases y sólo permite mostrar esto último.....	19
Figura 22. En esta tabla se muestran los símbolos resultantes para cada dato (izquierda) y los correspondientes a cinco intervalos de clase.	20
Figuras 23 y 24. Ejemplos del caso más sencillo de leyenda, el que emplea barras.	21
Figuras 25 y 26. Las leyendas de símbolos superficiales pueden ser alineadas o	22
Figuras 27 y 28. Si se han clasificado los datos en intervalos de clase.....	22