5 Mapas topográficos

Bengt Rystedt, Suecia

5.1 Introducción

Un mapa topográfico describe un lugar (*topos* en griego significa lugar). Durante mucho tiempo, se han utilizado con fines militares, pero ahora son también utilizados por el público y como base para la ordenación del territorio y otros usos oficiales. Los mapas topográficos se producen en muy variadas escalas y diseños.

Figura 5.1. Un mapa topográfico a escala original 1:50.000. El mapa muestra la aldea donde vive el autor de este capítulo.
© Lantmäteriet Dnr R50160927_130001.

Los mapas topográficos producidos por las Organizaciones Cartográficas Nacionales (OCN) normalmente se llaman mapas oficiales. Hoy en día, la producción de mapas se combina con la elaboración de bases de datos geográficos, que se actualizan con regularidad.

El mapa topográfico más común en las zonas rurales es un mapa a escala 1:25.000 o 1:50.000; mientras que en las zonas urbanas a un mapa a escala 1:10.000 normalmente se le llama mapa urbano o plano de la ciudad. Todos estos mapas son muy buenos para orientarse. Sirven para hacer senderismo, recolección de bayas, búsqueda de setas o para buscar el camino más corto para llegar a un museo. En muchos países, los mapas rurales son producidos y vendidos por la OCN, y los mapas de la ciudad, los urbanos, por cada municipio.

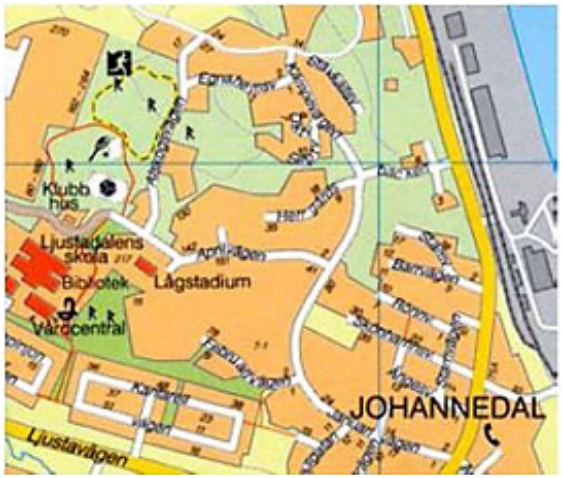

Figura 5.2. Un mapa de la ciudad de Sundsvall, Suecia, a la escala original 1:10.000. Obsérvese que el mapa contiene información sobre una pista de jogging *y sobre monumentos antiguos; también tiene un símbolo que indica dónde se sitúa una farmacia.*
© Stadsbyggnadskontoret, Sundsvall, Suecia.

Para la navegación en coche (por carretera), se utilizan escalas más pequeñas como 1:250.000. Para la navegación digital de un coche, se necesita información topográfica muy detallada. Vamos a hablar de eso más tarde.

Todos los mapas representados en esta página se pueden utilizar para fines de planificación y también como «mapas base» de otros mapas. Sin embargo, en muchos países, los mapas topográficos a escalas 1:25.000 y 1:100.000 pueden representar objetos o instalaciones militares y por ello su uso público está restringido. No obstante, en la mayoría de los países, los elementos militares se superponen en una versión militar especial que puede ser de uso restringido, y así el mapa topográfico (sin los elementos militares) es de uso público libre.

Figura 5.3. Un atlas de carreteras de Suecia a la escala original 1:250.000.
© Lantmäteriet Dnr R50160927_130001.

5.2 Recolección de datos

Como la mayoría de los mapas hoy en día son digitales, nos vamos a centrar en métodos digitales, tanto para la recolección de datos como para la producción de mapas topográficos.

Lo primero que hay que decidir a la hora de hacer un mapa es qué sistema geodésico se desea utilizar. Hay algún *software* que se puede utilizar gratis (véase el capítulo 15). Normalmente, las organizaciones cartográficas nacionales (OCN) utilizan *software* que sería muy costoso para los particulares. Las OCN generalmente utilizan una red geodésica conectada a la red geodésica mundial WGS84 (véase el capítulo 9).

La siguiente cuestión a tener en cuenta es decidir la escala. Si elegimos una escala 1:50.000, como la que se muestra en la figura 5.1, deberemos utilizar fotografías aéreas o imágenes de satélite. Una foto aérea tomada a una altura de 13.000 metros ofrece una resolución de 1:10.000. Antes de poder utilizar una foto aérea para cartografía, tiene que transformarse en un mapa de ortofotos (véase la figura 5.4). Eso lo hace cada OCN, o empresas particulares dedicadas a ello, e implica que toda la zona de la foto tiene una escala correcta y todos los elementos presentan la misma escala. Se pueden conseguir ortofotos en la OCN, pero generalmente no son gratuitas. También se puede acudir a *Google Maps* donde se pueden observar los mapas topográficos de todos los lugares del mundo.

Figura 5.4. Ortofoto del centro de Estocolmo, Suecia, en el año 2009.
© Lantmäteriet Dnr R50160927_130001.

A partir de un mapa de ortofotos, es fácil de encontrar caminos, lagos, ríos, zonas urbanizadas y los diferentes tipos de uso del suelo. Como hoy en día toda la información es digital, se debe también utilizar una base de datos con datos geográficos para cartografía. El diseño de una base de datos es bastante difícil, pero se da más información al respecto en los capítulos 3 y 15.

Una forma de recopilar datos es escanear mapas antiguos y digitalizar elementos, por ejemplo, los límites administrativos de esos mapas, pero se puede digitalizar más información en las ortofotos. También es importante para clasificar la información. Las diferentes carreteras tienen diferente importancia y por tanto, deben clasificarse de tal manera que las autopistas constituyan el nivel más alto y los senderos para caminar el nivel más bajo. Dado que los mapas topográficos fueron inicialmente utilizados por los militares, las carreteras se clasifican en muchos casos de acuerdo a fines militares. Una carretera estrecha era un camino donde no era posible girar con un caballo y un carro. Lo mismo ocurría para los flujos de agua. Una corriente que un soldado de infantería podía cruzar sin problemas se representaba con una sola línea, mientras que una corriente que necesitaba un puente estaba marcada con líneas dobles en azul para indicar el agua entre las dos líneas.

5.3 La leyenda

Todos los mapas tienen una leyenda (una explicación de los signos y símbolos utilizados en el mapa) y por consiguiente también la tienen los mapas topográficos. Es bastante común al empezar con las comunicaciones hacerlo con el grupo de carreteras, las líneas ferroviarias y aéreas, y seguir luego con las líneas de energía, para concluir con las de electricidad y gas. El siguiente grupo podrían ser objetos individuales como lugares para nadar y acampar, y la ubicación de edificios como castillos, granjas, invernaderos, casas, edificios religiosos y así sucesivamente. En las zonas urbanizadas, no es posible indicar todas las casas individuales. Los bloques con diferentes tipos de construcción se deben indicar sobre todo de acuerdo con la altura de los edificios. Los bloques cerrados de los centros urbanos también se deben indicar.

Los límites administrativos y los lagos y ríos son otros dos grupos. Los límites se representarán según su categoría y los ríos según su tamaño. Un grupo problemático de datos a la hora de ser representados en el mapa es la cubierta vegetal y el uso del suelo. Además este grupo ocupa mucha superficie. Algunos tipos de cobertura terrestre como los bosques, tienen diferentes definiciones en diferentes países. En el norte de Europa, no hay tantos árboles por área como en un bosque tropical, lo que significa que la densidad de los bosques se debe comparar teniendo en cuenta su ubicación. Los espacios abiertos en el bosque se pueden mostrar así durante algunos años, ya que luego evolucionarán a zonas de bosque joven. Los humedales son otro tipo diferente de uso del suelo y pueden ser clasificados por expertos. El uso del suelo, como el de las tierras de cultivo cambia a través del tiempo. En el mapa, por lo general es imposible mostrar diferentes cultivos, pero en las zonas con una agricultura menos intensiva, algunas tierras no se utilizan de forma continua y tienden a ser cubiertas por matorral.

Los cambios en las condiciones de las tierras de cultivo, los bosques y las carreteras deben verificarse en el campo antes de proceder a imprimir. Muchas veces se tiende, en la cartografía topográfica, a producir una copia en la oficina tan pronto como sea posible, antes de salir a comprobar posibles cambios en el propio terreno. El trabajo de oficina es más barato que el envío de personas para el trabajo de campo.

5.4 Representación del relieve

La manera más común de representar el relieve es mediante curvas de nivel que muestran la altitud. Hoy en día hay cámaras aéreas que pueden escanear con sistemas láser, registrar la elevación y proporcionar información para el cálculo de las curvas de nivel y otros detalles en el paisaje, tales como las construcciones y las zanjas. También pueden detectar pistas forestales en zonas boscosas. Los datos láser se recogen como nubes de puntos, lo cuál ofrece la posibilidad de calcular la altitud con una precisión muy buena. Los datos de

láser de alta resolución ofrecen muchas aplicaciones, también en aplicaciones climáticas, como por ejemplo para encontrar áreas con riesgo de inundaciones o deslizamiento de tierras. En la figura 5.5 se muestra un ejemplo de barrido láser con una cámara aérea.

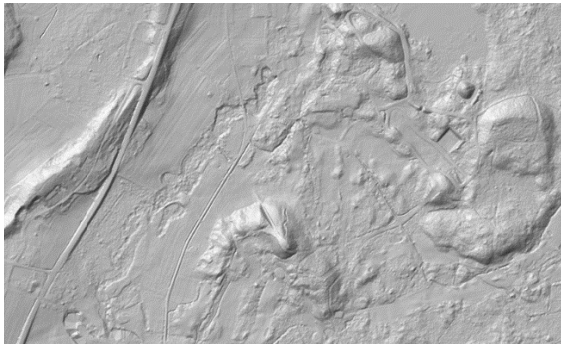

Figura 5.5. Datos de láser en una cuadrícula de 2 metros recogidos por el Lantmäteriet (el Catastro Nacional de Suecia) que pondrá en marcha un nuevo modelo nacional de altitudes con una exactitud superior a 0,5 metros.
© Lantmäteriet Dnr R50160927_130001.

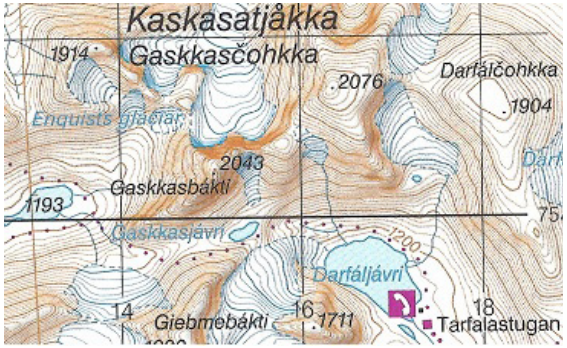

Figura 5.6. Sombreado del relieve, extraído del mapa orográfico de Suecia.
© Lantmäteriet Dnr R50160927_130001.

Una técnica especial para apreciar la elevación es la conocida como «sombreado», consistente en iluminar el paisaje normalmente por el noroeste y obtener sombras en el suroeste (véase la figura 5.6).

5.5 Generalización de mapas

La generalización automática (véase también el capítulo 4, sección 3.7) es bastante difícil, pero muchas OCN comienzan la cartografía topográfica a escala 1:25.000 o 1:50.000 y luego van elaborando escalas menores sucesivamente. El Servicio Geológico de los Estados Unidos de América mantiene un programa de este tipo en colaboración con expertos de diferentes universidades (http://cegis.usgs.gov/multiscale_representation.html).

Téngase en cuenta que 1 mm en un mapa a escala 1:50.000 corresponde a 50 metros en la realidad. Eso también implica que debemos pensar en la generalización.

5.6 Mapas para la navegación

Los mapas mostrados en las figuras 5.1-3 pueden ser utilizados todos ellos para la navegación o conducción de coches. En el capítulo 12, se describen los mapas de orientación y *geocaching* (deporte de búsqueda de objetos). Sin embargo, también los teléfonos móviles y los coches pueden incluir receptores GPS y sistemas de información para la navegación. También existen sistemas para rastreo de perros con los que, por ejemplo, un cazador puede seguir la ubicación de su perro.

Hay muchos operadores de sistemas de navegación para automóviles. Cada operador debe tener un mapa topográfico detallado que también incluya las direcciones, nombres y ubicaciones de los restaurantes, hoteles, tiendas, etc. Mantener una base de datos actualizada al día es un trabajo difícil.

Muchos de los operadores de telefonía móvil han incluido GPS y mapas, con el fin de aumentar sus ingresos por anuncios de empresas que así serán más fáciles de localizar dentro de los centros comerciales. Sin embargo, la ubicación GPS en interiores no es posible, aunque puede haber otras soluciones con otros sensores que pueden reemplazar a los satélites en esas zonas de interior.

5.7 Mapas topográficos como mapas de fondo

Todos los mapas temáticos necesitan mapas topográficos como base de fondo. El más común de ellos es el mapa del tiempo que se muestra cada día en los periódicos y en la televisión. Para uso privado, es posible encontrar mapas para ciclismo (véase la figura 5.7) o incluso para piragüismo.

Figura 5.7. Un mapa para ciclismo. Las líneas rojas continuas muestran caminos para andar en bicicleta y las líneas rojas punteadas proponen caminos para andar en bicicleta en tráfico mixto. Escala original 1: 50.000.
© Ciudad de Landskrona, Suecia.

La base de datos geográficos que está detrás del mapa topográfico se organiza en capas, tal y como se describe en el capítulo 3. Las capas deben organizarse de tal modo que sería incluso posible producir un mapa topográfico

como base para un plano de ciudad. La figura 5.8 muestra un plano urbano con una ortofoto como base de fondo. Muchos municipios están utilizando Internet para la distribución de los planos al público para la realización de posibles aportaciones particulares.

Figura 5.8. Mapa de la ciudad de Kabul con la idea y el área cubierta por el plan de reconstrucción urbana «City of Light Development». El color azul muestra la ciudad vieja, el amarillo muestra las viviendas y el rojo el distrito comercial. El fondo es un mapa de ortofotos. Fuente: Wikipedia (planificación urbana).

Los mapas de propiedad también pueden usar información topográfica como base para los límites de propiedad y los límites administrativos. Las razones para la elaboración de mapas de propiedad son no solo conocer la ubicación de la propiedad, sino también conocer el valor de la propiedad con fines fiscales. En Suecia, la cartografía de propiedades comenzó en 1628 mediante una orden del rey de Suecia. La persona que recibió dicha tarea, comenzó a formar a los agrimensores en técnicas de medición y cartografía. Más tarde, se desarrollaron normas cartográficas. Los mapas se llamaron inicialmente mapas geométricos y se produjeron a la escala de 1:5.000. Esos mapas se utilizaron cuando se reformó la división de las tierras agrícolas, con el fin de realizar una partición más eficaz y para permitir nuevas técnicas agrícolas. La exactitud geométrica de esos mapas es muy buena y todavía son válidos en cuestiones de conflictos de tierras. La mayoría de los países han tenido el mismo desarrollo. Para obtener más información, pueden ponerse en contacto con la OCN de su país.

5.8 Mapas geológicos

Los mapas geológicos son mapas temáticos y se tratan con mayor profundidad en el capítulo 6. La cartografía geológica y la cartografía topográfica están estrechamente relacionadas, ya que los mapas geológicos deben contar con una topografía correcta como fondo.

El tema geología también se puede producir en forma de atlas. Un ejemplo es el Atlas Físico de China (Ke Liao, 1999). Contiene mapas geológicos y geofísicos, mapas geomorfológicos, mapas climáticos, mapas hidrológicos, mapas de suelos, mapas biológicos, mapas sobre los recursos naturales y desastres naturales y, finalmente, mapas de aprovechamiento y conservación de la naturaleza, incluyendo usos del suelo. El mapa geológico que muestra el lecho rocoso y el mapa de suelos son de interés público. El mapa topográfico y el mapa que muestra el lecho rocoso constituyen buenas herramientas para la búsqueda de minerales, pero hay que estudiar mucho antes de iniciar la búsqueda real en el terreno. El mapa de suelos puede dar a los agricultores o compradores agrícolas información sobre lo que se puede cultivar y cómo fertilizar la tierra.

5.9 Información requerida en los mapas

Todos los mapas topográficos deben incluir la siguiente información:

- *Título:* muestra el nombre del mapa. También se debe incluir la información necesaria sobre el área del mapa, el objeto del mapa y la actualidad de los contenidos.
- *Leyenda:* muestra el significado de los símbolos y su conexión con la base de datos.
- *Escala:* muestra la escala del mapa, ya sea de forma numérica o mediante una imagen que indica la longitud, por ejemplo, de un kilómetro.
- *Red Geodésica:* muestra la posición de un punto en el mapa. La red debe incluirse si el mapa se va emplear para navegación.
- *Proyección:* muestra cómo se transfieren los puntos en longitud y latitud al plano del sistema de coordenadas (consúltese el capítulo 9).
- *Autor, editor y referencias:* dicen quién ha hecho el mapa, quién lo ha publicado, qué fuentes se han utilizado y cuándo se tomaron los datos. Si algunos de los datos tienen derechos de autor, también se debe indicar.

5.10 Mapas topográficos históricos

Los primeros mapas conocidos fueron encontrados en placas de arcilla en Babilonia, pero durante mucho tiempo, el papel ordinario ha sido el soporte más común de los mapas hasta hace bien poco, ya que los mapas que se muestran tan a menudo sobre pantallas de ordenador, teléfonos móviles, etc., se han convertido en los más comunes. Nunca antes se habían publicado tantos mapas como ahora. Se ofrece más información acerca de mapas históricos en el capítulo 1.

5.10.1 El siglo XIX

Los mapas topográficos han tenido siempre una gran importancia militar. Durante mucho tiempo fue difícil medir distancias en la dirección Oeste-Este. En la dirección Norte-Sur, se podían utilizar las estrellas y el Sol para medir la localización, pero en la dirección Oeste-Este

era necesario conocer el tiempo (el momento del día en el que se estaba) con el fin de conseguir una buena posición. Esto significa que los cartógrafos también tenían dificultades para elaborar mapas correctos. Disponer de un reloj eficiente era de suma importancia y los marineros se las veían y se las deseaban para conseguir un reloj exacto que les ayudase a poder calcular la longitud. Y es debido a eso, por lo que muchos mapas no eran correctos en la dirección Oeste-Este.

Sin embargo, los mapas topográficos tenían una gran importancia para fines militares; se formaron brigadas

Figura 5.9. Mapa de la ciudad de Malmö, Suecia. Fuente www.openstreetmap.org visitada el 27 de abril, 2014.

militares especializadas para encargarse tanto de la geodesia como de la cartografía topográfica, y los mapas resultantes se clasificaron como «no utilizables» para usos no militares. Hoy en día, la mayoría de los países han levantado esa restricción, pero en algunos países todavía hay restricciones para el uso privado.

Que yo sepa, los mapas topográficos del siglo XIX son de alta calidad, y son perfectos para el estudio del desarrollo de la sociedad. Se editan regularmente nuevas

Figura 5.10. Ortofoto de 1985. Desde entonces, se ha creado una nueva zona industrial y el puerto se ha agrandado. Fuente: Agencia Topográfica Nacional de Suecia. © Lantmäteriet Dnr R50160927_130001.

Figura 5.11. Mapa topográfico de 1915, producido por el estudio topográfico militar de Suecia. Se ha construido en la actualidad el ferrocarril y éste continúa a través de Malmö para una conexión vía ferry con Dinamarca. La zona norte del centro se ha ido rellenando, dando lugar a un puerto y al ferrocarril. © Lantmäteriet Dnr R50160927_130001.

Figura 5.12. Mapa de Malmö en el año 1815. El mapa es una parte del mapa de reconocimiento de la provincia que se hizo a toda prisa con el fin de estar preparados para un posible ataque de Napoleón. Fuente: Lewan, 1985. El original se puede encontrar en los Archivos Militares (Krigsarkivet), Estocolmo, Suecia.

versiones de los mapas topográficos. Para estudiar cómo ha cambiado su vecindario, puede seleccionar en su biblioteca diferentes versiones del mapa de la misma zona a lo largo del tiempo. Eso podría constituir un buen ejercicio en los colegios.

La figura 5.9 muestra Malmö en la actualidad; es la tercera ciudad más grande de Suecia y se encuentra a solo unos 15 kilómetros al este de Copenhague en Dinamarca. La ciudad se extiende hacia el Öresund. El puerto y las zonas industriales se sitúan en la actualidad sobre zonas de relleno. Los antiguos edificios industriales de varios pisos se construyen al estilo del edificio Turning Torso en Västra Hamnen (el puerto de West), de 72 pisos, que constituye un punto de referencia espacial, y que puede verse desde largas distancias, incluso también desde Copenhague en Dinamarca.

En las figuras 5.10-12, se puede ver cómo era Malmö antes. Los mapas han sido escaneados a partir de un atlas histórico, en un trabajo efectuado por un geógrafo (Lewan, 1985) en la Universidad de Lund y por un topógrafo en el Catastro Nacional de Suecia.

Referencias

Lewan, Nils (1985). *Historisk Atlas*. Berlings Grafiska AB, Arlöv, Suecia.

Liao, Ke, (1999). *The National Physical Atlas of China*. China Cartographic Publishing House, Beijing, China.