

## CARTOGRAFÍA

### 1.1 Introducción

La cartografía es la ciencia, técnica y arte de hacer y usar mapas. Un buen cartógrafo no solo debe tener un buen conocimiento en ciencia y técnica, sino que también debe desarrollar habilidades artísticas al elegir tipos de líneas, colores y texto.

Todos los mapas están destinados a ser utilizados para la navegación a pie, en vehículos, o para describir la planificación espacial o para encontrar información en un atlas. Los mapas son muy útiles y nunca antes se han distribuido tantos mapas en tantos sistemas de información diferentes. El mapa es una interfaz eficiente entre un productor y un usuario, y al usar el GPS se pueden ubicar muchas cosas en un mapa.

Durante mucho tiempo, el papel ha sido el material más común para los mapas. Hoy en día, la mayoría de los mapas se producen utilizando software cartográfico y se distribuyen a través de Internet, pero las reglas cartográficas son las mismas para todos los tipos de distribución. En este libro describiremos cómo se producen y utilizan los mapas, cómo se distribuyen y cómo obtener los datos necesarios.

### 1.2 Diferentes Tipos de Mapas

El mapa trata con dos elementos fundamentales: la posición y sus atributos. Los atributos pueden ser ocurrencia, actividad, incidente, cantidad y cambios a lo largo del tiempo. A partir de la posición y sus atributos se pueden describir muchas relaciones, como distancia, difusión, dirección y variación, y combinaciones de diferentes cualidades como ingresos por persona y nivel de educación en diferentes lugares. Los diferentes tipos de mapas ofrecen partes de este espectro, y los mapas tienen la función de presentar estos hechos de manera factible. Los mapas tienen diferentes escalas, funciones y contenidos y se pueden agrupar de la siguiente manera:

1. Mapas topográficos que muestran relaciones espaciales entre diferentes fenómenos geográficos como edificios, carreteras, límites y aguas.

Los mapas topográficos oficiales son producidos por la Organización Nacional de Cartografía (ONC). La mayoría de las ciudades también están produciendo planes urbanos. Los mapas topográficos también se producen para uso especial en bicicleta y piragüismo. Muchos sistemas de navegación de automóviles y servicios en Internet también proporcionan mapas topográficos. Los mapas topográficos también se utilizan como mapas base en la cartografía catastral y en los mapas para presentar los aspectos geográficos en la planificación espacial.

2. Mapas especiales como Cartas Náuticas y mapas para vuelo. Estos mapas son para uso profesional y están estandarizados por la ONU. También hay cartas náuticas específicas para uso privado y mapas especiales para orientación, estandarizados por la Asociación Internacional de Orientación (ver Capítulo 12). El Mapa del Metro de Londres también es un mapa especial.

3. Los mapas temáticos contienen descripciones de fenómenos geográficos como geología (especialmente suelo y roca madre), y en uso del suelo y vegetación. Los mapas estadísticos también son mapas temáticos. Muestran la distribución geográfica de una variable estadística. Consulte el Capítulo 7 de los Atlas para obtener más información sobre mapas estadísticos.

#### 1.2.1 Mapas Temáticos

El mapa del clima es el mapa temático más común. Los mapas del clima se presentan todos los días en la televisión para mostrar el clima actual y predecir el tiempo. Los mapas del clima también se pueden utilizar para mostrar el movimiento de huracanes y tormentas de nieve, y en la gestión de riesgos para mostrar riesgos de inundaciones, sequías y deslizamientos de tierra. Los mapas del clima se están volviendo cada vez más útiles para mostrar los efectos del cambio climático, por ejemplo, el derretimiento del hielo polar. Se puede encontrar mucha más información en Internet.

Los mapas geológicos son mapas temáticos y muy válidos para encontrar minerales y petróleo, y las condiciones del suelo. Incluyen información bastante complicada y varias hojas de mapas geológicos están incluidas en el resultado de estudios doctorales en geología.

Sin embargo, los atlas tienen muchos tipos de mapas temáticos. El más común es el mapa coroplético (choro para lugar y pleth para valor) para mostrar la distribución geográfica de una variable estadística en un conjunto dado de áreas. Como ejemplo, la densidad de población por municipio se puede mostrar en un mapa coroplético (consulte el Capítulo 7, Figuras 7.11-12). Comience haciendo una tabla con las columnas: identificador del área del municipio, el área, el tamaño de la población, y quizás también columnas para la población dividida en diferentes grupos de sexo y edad. Luego abra un software de mapeo o de información geográfica (GIS), donde se deben proporcionar los límites de los municipios. La densidad de población también debe darse en diferentes clases. Es importante tener casi la misma cantidad de objetos en cada clase. El color debe ser elegido para obtener una baja intensidad para una baja densidad de población y una intensidad más oscura para una densidad más alta. Para obtener información detallada sobre la elección de colores, consulte Brewer (2005). También es posible utilizar Google Earth para la construcción de mapas coropléticos. Las divisiones en grupos de edad se pueden utilizar para la construcción de mapas de diagramas y mapas con gráficos circulares (consulte la Figura 1.1).

### 1.3 Principios Cartográficos

#### 1.3.1 Diseño de Mapas

Los mapas, al igual que todos los demás productos, deben ser diseñados antes de su producción. El proceso de diseño es un proceso iterativo y comienza con un proceso de demanda que indica el tema del mapa y cómo se utilizará. El cartógrafo toma el control y hace una propuesta que se prueba según los criterios que se han dado. Cuando se

satisfacen las demandas, el mapa puede ser producido. El proceso de diseño de mapas se describe en la Figura 1.2. Consulte también el Capítulo 4 y Anson y Ormeling (2002).

**1.3.2 Simbolización** La simbolización significa utilizar símbolos correctos en forma y color para los objetos que serán representados. Un mapa tiene diferentes símbolos y texto. Los símbolos se utilizan para describir alguna parte de la realidad, mientras que el texto se utiliza para una descripción más detallada de los objetos que se representan en el mapa. Desde un punto de vista geométrico, existen tres tipos de símbolos: símbolos de punto, símbolos de línea y símbolos de área (Se proporcionan ejemplos de símbolos de punto, línea y área en las leyendas, por ejemplo, de mapas topográficos. En la Figura 13.1, las casas se muestran como puntos, las carreteras como líneas y el uso del suelo como áreas). Los símbolos también pueden variar en abstracción. Los símbolos más simples son los puramente geométricos. Representan sus objetos de realidad mostrando sus atributos geométricos y geográficos; una carretera se muestra mediante líneas y un lago mediante un polígono, y así sucesivamente. También es posible proporcionar más información. Al dar a los símbolos diferentes colores y diferentes patrones, es posible hacer que los símbolos de área representen diferentes tipos de bosques y que los símbolos de línea representen carreteras de diferentes clases (consulte la Figura 13.1). También se pueden usar símbolos más abstractos, como símbolos figurativos o iconos, como símbolos de punto. Estos símbolos son muy útiles en planes urbanos y mapas turísticos (Figura 1.3).

Para obtener más información sobre gráficos y simbolización, es posible realizar un estudio detallado de la semiología gráfica de Bertin (Bertin, 2011). El libro es bastante complejo, pero ofrece una buena oportunidad para aquellos que desean una descripción completa de los problemas gráficos con los que lidia la cartografía.

### 1.3.3 Texto

El texto es una parte importante del mapa y facilita que el usuario comprenda el mapa. Se deben seguir pautas tipográficas para lograr un mapa comprensible. La tipografía incluye el manejo de fuentes, tamaño, color y ubicación.

Existen muchas fuentes que se pueden utilizar, pero en el mapa su número debe ser limitado a unas pocas. El tamaño nunca debe ser menor a seis puntos para ser legible. El color se puede usar para distinguir entre diferentes tipos de objetos, por ejemplo, negro para los nombres de lugares, azul para aguas y verde para objetos naturales. Para un río, el texto debe seguir la línea del río. El nombre de un océano puede estar curvado para indicar que el área del océano es grande. La ubicación también debe indicar dónde se encuentra el objeto. El nombre de una ciudad debe colocarse sobre tierra y el nombre de un lago debe colocarse en el lago. Se proporciona más información sobre tipografía en el Capítulo 13 Impresión de Mapas.

## 1.4 Jerarquía Visual y Comunicación

### 1.4.1 Jerarquía Visual

Al estudiar un mapa, encontramos diferentes capas de información y una capa es más visual formando el primer plano del mapa. El fondo del mapa proporciona la ubicación y orientación a otros objetos del mapa. Un mapa topográfico para conducir tiene las carreteras en primer plano. En los atlas, esto es más obvio. El tema del mapa está en primer plano y la topografía está en segundo plano, principalmente para orientación.

La mejor manera de manejar la jerarquía visual es usar el color. Los colores más intensos se usan para el primer plano, que es el tema del mapa, y colores menos intensos para el fondo. En un mapa para navegación en automóvil, las carreteras se representarían con un color más intenso. También se pueden usar iconos para fortalecer el primer plano. Los planos de ciudades para visitantes tienen iconos para hacer que cosas como hoteles y restaurantes sean más evidentes.

### 1.4.2 Comunicación

En muchos procesos de comunicación, los mapas, al igual que el texto, los diagramas e imágenes, son herramientas importantes para proporcionar información importante al usuario sobre aspectos geográficos de la realidad. Sin embargo, existen muchas realidades. Un mapa topográfico representa el paisaje físico, un mapa geológico representa el paisaje geológico y un mapa demográfico representa el paisaje demográfico. El mapa es un modelo de la realidad según lo entiende el cartógrafo. El cartógrafo utiliza un lenguaje cartográfico para producir el mapa que será leído por un usuario de mapas. Aquí vemos un problema. El usuario del mapa puede no tener la misma visión de la realidad. En la Figura 1.4 vemos que las realidades vistas por el cartógrafo y por el usuario del mapa son diferentes.

## 1.5 Escala y Proyección

### 1.5.1 Escala

Un mapa puede verse como una descripción del mundo real en una forma simbólica pero también en una forma geométrica. La escala elegida del mapa es un compromiso entre la cantidad de objetos que se darán y la vista que se dará para proporcionar un contexto geográfico comprensible. La escala indica la relación entre la longitud de una distancia dada en realidad y la longitud de esa distancia representada en el mapa. Si una distancia de 8 kilómetros se representa en el mapa por una longitud de línea de 4 cm, la escala de ese mapa es  $4 \text{ cm}/8 \text{ km}$  o  $4 \text{ cm}/800,000 \text{ cm} = 1:200,000$ .

En un mapa con una escala más grande, como 1:50,000, esa línea sería más larga (16 cm) y en un mapa con una escala más pequeña (como 1:1,000,000), esa longitud sería más pequeña (0.8 cm). También es obvio que un mapa de pequeña escala (que tiene menos espacio en el papel o pantalla para la misma área) está más generalizado que un mapa de gran escala. Un río sinuoso puede no mostrarse en detalle en un mapa de

pequeña escala. Lo mismo ocurre con las líneas costeras. Al medir la longitud de una línea costera en un mapa, se debe indicar la escala. En el mundo real, la longitud de una línea costera es ilimitada. Para cualquier longitud dada, es posible obtener una longitud más larga siendo más detallado. La generalización automática es difícil, pero se está introduciendo cada vez más. En algunos países, por ejemplo, Estados Unidos de América, los mapas topográficos de gran escala se generalizan gradualmente en escalas más pequeñas.

### 1.5.2 Proyección

La Tierra es casi una esfera y no es posible representar la imagen de esta Tierra esférica en un papel o pantalla plana sin distorsionarla. La forma sistemática de representarla en dos dimensiones se llama proyección. La proyección de Mercator (Consulte la Figura 1.5), con Europa y África en el medio, distorsiona las áreas con mayor distancia desde el ecuador se exageran progresivamente. A partir de un mapa en esta proyección, es fácil entender por qué América se llama el Oeste y Japón el Lejano Oriente. El concepto de países occidentales y orientales no se puede entender de ninguna otra manera. Las proyecciones, descritas completamente en el Capítulo 9, pueden clasificarse en cilíndricas, cónicas y azimutales. Aquí solo se describirá la proyección cilíndrica. En esa proyección, la Tierra se coloca en un cilindro con el ecuador rozando el cilindro. Cuando proyectamos cada punto en la superficie de la Tierra desde el centro de la Tierra en el cilindro, esta proyección se llama proyección de Mercator. Sin embargo, si un meridiano roza el cilindro, obtenemos una proyección de Mercator transversal. La proyección de Mercator transversal se elige a menudo para mapas topográficos nacionales. Para países grandes, se deben utilizar muchas de estas proyecciones con diferentes meridianos elegidos. Ahora hay un estándar, el Sistema Universal Transversal de Mercator (UTM), con 60 zonas alrededor de la Tierra que dan a cada zona una banda de 6 grados de longitud. Una proyección de Mercator con el ecuador como referencia resulta en áreas exageradas en las latitudes más altas, e incluso los polos se convierten en líneas rectas. Por lo tanto, esa proyección no es igual en área. Pero, por otro lado, es conforme: los ángulos medidos en el mapa son iguales que los medidos en la Tierra. Si se toma una dirección de la brújula, por ejemplo, sobre el Atlántico desde Noruega hasta Río de Janeiro y siempre se sigue la dirección de la brújula, se llegará a la meta. Sin embargo, esa ruta no es la más corta. La línea más corta forma un arco como se puede ver en la Figura 15.13. La proyección de Mercator original no es tan utilizable en la práctica. Pero si eres muy británico, es posible que quieras ver una imagen exagerada del área de la Mancomunidad, ya que Canadá y Australia están parcialmente ubicadas en latitudes más altas. Para los Atlas se desea una proyección igual en área como la proyección de Mollweide (Consulte la Figura 1.5). Al hacer mapas, es importante conocer la ubicación en latitud y longitud tanto en tierra como en mar. La latitud ha sido durante mucho tiempo encontrada mediante referencia a las estrellas, la Estrella Polar en el hemisferio norte y la Cruz del Sur en el hemisferio sur. La longitud es más difícil de encontrar sin una hora correcta. En los mapas, los mapas antiguos con frecuencia tienen la distancia incorrecta en una dirección este oeste en comparación con la distancia más

correcta en una dirección norte sur. En la navegación, muchos barcos se naufragaron porque el navegante no podía medir la longitud de manera correcta. Con el uso de la tecnología moderna, se evitan tales mediciones incorrectas de latitudes. Un GPS proporciona tanto la ubicación como una hora correcta.

La siguiente fase en el mapeo es determinar un sistema de coordenadas, donde longitudes y latitudes medidas en la Tierra puedan ser transformadas a coordenadas planas para dibujar la Tierra o parte de ella en dos dimensiones como en una hoja de papel. Este es un problema bastante complicado y se deben tomar muchas decisiones con respecto a la forma de la Tierra para obtener una buena solución matemática. Hoy en día, tenemos una solución llamada Sistema Geodésico Mundial, establecido en 1984 (WGS84). Este sistema también se utiliza en Sistemas Globales de Navegación por Satélite, del cual el GPS es el más conocido. Para utilizar el mapa en la navegación, el marco de referencia debe ser indicado en el mapa en forma de longitudes y latitudes medidas de acuerdo con el WGS84.

Los topógrafos utilizan la red geodésica para determinar las posiciones de puntos en sus mediciones. Cuando se va a crear una nueva parcela de tierra, se deben encontrar posiciones precisas para todos los vértices y su ubicación debe ser dada en el sistema de coordenadas. También se deben proporcionar referencias para que la ubicación de ese punto pueda ser recalculada.

Más información sobre proyecciones y sistemas de coordenadas se puede encontrar en el Capítulo 9 Proyecciones y Sistemas de Referencia de Mapas.

### Medios de Mapas Diferentes

Los mapas más antiguos se hicieron en placas de arcilla y se encontraron en Babilonia. También se han encontrado mapas grabados en piedras a lo largo de la Ruta de la Seda para mostrar dónde podían conseguir agua los camellos de las caravanas. En Jordania hay mapas en mosaico. Los mapas tempranos también se han producido en papiro y papel de arroz. En un museo en Olomouc, República Checa, hay un mapa escrito en una tibia de mamut que se supone que es un mapa de caza. Si eso es un mapa, es el mapa más antiguo encontrado que data de 25,000 a.C.

Sin embargo, durante mucho tiempo, el papel ordinario ha sido uno de los medios de mapa más comunes. Pero ahora, las pantallas en computadoras y móviles son las más comunes y la web es la plataforma más popular para comunicar información en forma de mapa.

## **Mapas Históricos Antigüedad**

El primer cartógrafo conocido fue Claudio Ptolomeo, un griego que vivió en Alejandría, Egipto. Murió alrededor del año 165 d.C. y sabía que la Tierra era redonda, un hecho que más tarde fue negado por la Iglesia. Fue un científico en astronomía, geografía y matemáticas. En geografía, su obra más importante fue la Geografía, un manual que mostraba lo que los romanos sabían sobre el mundo en su tiempo, combinado con una guía sobre cómo producir mapas mundiales y regionales (ver figura 1.6), para lo cual recopiló las coordenadas de unas 8000 ciudades y otros objetos geográficos. La figura 1.7 muestra un manuscrito del siglo XI de su Geografía, en griego original, conservado en el monasterio de Vatopedi en el Monte Athos en Grecia.

La figura 1.8 muestra un mapa de carreteras con las carreteras militares utilizadas para el transporte de soldados y la distribución de mensajes en el Imperio Romano. Una serie de fortalezas y estaciones se extendían a lo largo de los principales sistemas de carreteras que conectaban las regiones del mundo romano. Los puntos de relevo proporcionaban caballos para enviar jinetes para un servicio postal. También se indican las distancias entre los puntos. Se cree que el mapa fue creado durante el siglo V. El mapa fue olvidado y descubierto en una biblioteca en Worms y luego entregado a Konrad Peutinger en 1508, después de quien el mapa es ahora llamado. El mapa ahora se conserva en la Biblioteca Nacional de Viena, Austria.

La figura 1.8 muestra una parte del mapa de Peutinger. La altura del mapa original es de 0.34 metros, la longitud es de 6.75 metros y cubre el área desde Portugal hasta la India. En aproximadamente el mismo período en China, bajo la dinastía Han, el científico Zheng Hang desarrolló un sistema de rejilla en el que mapeó su país.

## **La Edad Media**

Los eruditos árabes siguieron el conocimiento antiguo y se encargaron del trabajo de Ptolomeo, pero los teólogos de la iglesia cristiana intentaron incorporar la cartografía en un marco religioso. Durante el período del 300 al 1100 d.C., la cartografía declinó en los países occidentales. Sin embargo, se produjeron algunos mapas y varios mapas cubren el mundo antiguo conocido. Se construyó un diagrama con la letra T en una O, igual al océano circundante (ver Figura 1.9). Si la isla de Delos había sido antes el centro del mundo, ahora lo era Jerusalén.

Independientemente de estos mapas religiosos T - O, en el siglo XIII los marineros de puertos italianos desarrollaron cartas altamente precisas del Mediterráneo, llamadas cartas portulanas (ver figura 1.10). En este momento no se sabe de dónde derivaron su conocimiento y técnicas (Nicolai, 2014).

## **Renacimiento y más allá**

En la primera mitad del siglo XVI se desarrollaron técnicas de agrimensura que permitieron a los agrimensores realizar mediciones precisas de ciudades, provincias y países. Durante la Era de los Descubrimientos, los europeos pudieron establecer

contacto directo con habitantes de otros continentes y mapear sus territorios, con la ayuda de técnicas de navegación celestial. Simultáneamente, se midieron las coordenadas de un número creciente de ciudades fuera de Europa, lo que permitió a los cartógrafos producir mapas cada vez más detallados y precisos. Al principio de la Era de los Descubrimientos, fueron los cartógrafos portugueses, españoles e italianos los que produjeron mapas manuscritos de los nuevos descubrimientos. A partir de la segunda mitad del siglo XVI, se desarrollaron casas editoriales cartográficas en Flandes y Ámsterdam, donde Ortelius y Blaeu publicaron atlas europeos y mundiales ricamente decorados, compuestos por mapas de vista general a pequeña escala. Simultáneamente, la cartografía catastral o de propiedades a gran escala también floreció, sus resultados se pueden encontrar en diferentes archivos. Los más detallados son los mapas catastrales o de propiedades que se pueden encontrar en los Archivos de Catastro. Un artículo de Rystedt (2006) muestra cómo se ha utilizado el Archivo de Catastro de Suecia para dar una visión general del desarrollo de la cartografía catastral en un pueblo de Suecia. Estos mapas detallados también son de gran interés cuando se buscan generaciones anteriores. Los primeros emigrantes, por ejemplo, a los EE. UU., tienen muchos descendientes que quieren encontrar a sus parientes y dónde vivían estos. Los mapas de propiedades se llamaban mapas geométricos y se utilizaban para construir mapas geográficos a una escala más pequeña. Los mapas de construcciones de defensa tempranas también son comunes y se pueden usar para el mismo propósito.

Los Planos de la Ciudad se pueden encontrar en los Archivos de la Ciudad; muestran cómo las ciudades han sido reconstruidas en diferentes momentos, dando una buena comprensión del desarrollo del municipio.

### **Cartógrafos conocidos**

Zhang Heng (78-139 d.C.) fue un cartógrafo chino, que vivió durante la dinastía Han, a quien se atribuye el establecimiento del sistema de cuadrícula chino en cartografía.

Abraham Ortelius (1527-1598) fue un cartógrafo y geógrafo flamenco, generalmente reconocido como el creador del primer atlas moderno, el *Theatrum Orbis Terrarum* (Teatro del Mundo). También se cree que fue la primera persona en imaginar que los continentes estaban unidos antes de derivar a sus posiciones actuales.

Joan Blaeu (1596-1673), un cartógrafo holandés, no solo produjo mapas, sino que también recopiló mapas, que redibujó e imprimió en su empresa.

Otro europeo es Johann Baptist Homann (1664-1724), un geógrafo y cartógrafo alemán. Produjo muchos mapas, pero también recopiló mapas, que redibujó y publicó junto con sus propios mapas en su propia editorial.

Ino Tadataka (1745-1818) fue un topógrafo y cartógrafo japonés, el primero en producir un mapa completo de Japón utilizando técnicas modernas de agrimensura.