

Inés Menéndez*

LOS MAPAS: REPRESENTACIÓN O FICCIÓN (I) EL PROCESO CARTOGRÁFICO

EVOLUCIÓN DEL CONOCIMIENTO Y ESTUDIO DE LA TIERRA

- Dícearco di Mesina (~355-285 a.c.) discípulo de Aristóteles, realiza una subdivisión de la Tierra antecesora de los meridianos y paralelos, que consistía en una línea longitudinal de las Columnas de Hércules al Cáucaso y una línea ortogonal de Assuan a Lisimachia (Tracia). Además establece la circunferencia de la tierra en 54.000 km primero y en unos 39.600 km posteriormente
- Eratóstenes (~275-195 a.c.), responsable de la Biblioteca de Alejandría, realiza la estimación del tamaño de la Tierra y calcula su circunferencia, midiendo el ángulo de la visual al sol. Unos 39.500 km frente a los aproximadamente 40.000 reales.
- Hiparco (~160-125 a.c.), de la escuela de Rodas, fija la duración del año solar (365 d 5h y 49 s), divide el globo terrestre en 360° y traza una red de meridianos y paralelos.
- Ptolomeo (~90-168 d.c.) perfecciona los procedimientos de observación astronómica y, a partir de ellos, el cálculo de coordenadas geográficas. Recopila los conocimientos anteriores y realiza el primer atlas del mundo que tendría vigencia hasta el siglo XV.
- Pei Hsiu (~224-271), considerado el padre de la cartografía china, establece seis principios, entre los que destaca el uso de una cuadrícula y su utilización para calcular distancias.
- Durante la Edad Media la recesión cultural vivida en Europa también afecta a la representación de la tierra. Es la época de los mapas de T en O. Se creía que la tierra era un disco plano rodeado de agua, con Jerusalén situado en el centro.
- En el s. XII el geógrafo árabe Al Idrisi (~1099-1166) recopila los conocimientos de épocas anteriores y realiza un mapamundi y mapas de Europa, norte de África, Asia y China.
- En el s. XIV (1375) el judío de Palma de Mallorca Abraham Cresques realiza el Atlas Catalán que recoge el mundo conocido en aquella época.
- En el s. XV el auge del comercio marítimo supone un impulso en el desarrollo de la cartografía y el descubrimiento de la imprenta permite la difusión de la obra de Ptolomeo.
- En el año 1500 Juan de la Cosa, que había acompañado a Colón en sus dos primeros viajes, publica la primera carta del llamado Nuevo Mundo.

Mapa medieval del tipo T en O



- En el s. XVI la escuela holandesa une a la representación cartográfica un alto valor estético en sus mapas. Mercator crea la proyección cilíndrica que lleva su nombre.
- En los s. XVI y XVII, gracias a los estudios realizados por Galileo, Torricelli, Huygens, Tycho Brahe y otros, se produce el desarrollo de instrumentos científicos como el anteojito, el barómetro, el péndulo, el reloj...
- En el s. XVIII se comprueba que un grado de latitud en Laponia es más largo que uno medido en el Ecuador, demostrando el achatamiento de la tierra en los polos apuntado anteriormente por Newton.
- A finales del s. XVIII Cosme Damián Churrua (Mutriku 1761-Trafalgar 1805) participa en la expedición para estudiar y cartografiar el estrecho de Magallanes y posteriormente las Antillas.
- En 1810 se publica el Atlas Geográfico de España realizado por Tomás López a partir de cuestionarios en los que se pedían descripciones de vías de comunicación, hidrografía..., pero sin mediciones ni cálculos topográficos.
- Domingo Fontán realiza a lo largo de 18 años la Carta Geométrica de Galicia empleando métodos de triangulación, observación astronómica y geodésica, y cálculos de altimetría respecto al nivel medio del mar.
- Paralelo a la elaboración del Diccionario Geográfico, Estadístico e Histórico de Madoz, Francisco Coello realiza el Atlas de España y sus posesiones de ultramar, publicando el mapa de cada provincia en una hoja a escala 1:200.000.
- En 1873 se crea el Instituto Geográfico y Estadístico, que dos años después empieza la publicación del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000. Está referido al meridiano de Madrid y realizado en una proyección poliédrica que origina problemas de encaje entre las hojas de la serie.
- A lo largo del siglo XX se han producido grandes avances, entre los que destacan los procesos de obtención de información y realización cartográfica con la evolución de la teledetección, la introducción primero de la informática y posteriormente del tratamiento digital de las imágenes, y el sistema de posicionamiento global (GPS).

EL PROCESO CARTOGRÁFICO

Un mapa es la representación gráfica de toda o parte de la superficie terrestre sobre un plano, a una escala determinada y recogiendo algunas de sus características. En un ámbito tan general caben múltiples tipos de mapas, pero en este caso vamos a tratar de centrarnos –de forma resumida y muy simplificada– sobre todo en los mapas que recogen zonas de montaña.

La cartografía o ciencia de los mapas abarca diversas disciplinas que son las que van a permitir solucionar y llevar a cabo las etapas necesarias para elaborar un mapa.

*Editorial Nondik

■ La proyección

El primer problema que se plantea es la imposibilidad de desarrollar una superficie esférica de forma continua sobre un plano. Las proyecciones cartográficas son las que han solucionado de distintas formas este problema, en función de qué valores interese mantener: área, distancia, dirección o forma. En algunos casos es importante representar con fidelidad las áreas, entonces se utiliza una proyección equivalente. Otras veces es más importante que represente con fidelidad las formas, para lo que se utilizan proyecciones conformes. En cualquier caso, en la representación de grandes superficies siempre se distorsionan algunos parámetros para conseguir fidelidad en los que se consideran más importantes (Ver artículo «Las proyecciones cartográficas y las coordenadas UTM» en *Pyrenaica*, 148, 1987-3, 306-307).

En la parte que nos interesa, se van a representar zonas relativamente pequeñas que, en consecuencia estarán menos afectadas por las distorsiones producidas por la proyección sobre el plano.

A este lado de los Pirineos –en los mapas de escalas medias y grandes que son los que estamos tratando– se utiliza la proyección UTM que es una proyección conforme y cilíndrica. El nombre completo es *Universal Transversa Mercator*, y está basada en una proyección creada en 1569 por el cartógrafo flamenco Gerhard Kremer cuyo nombre latino era Mercator. Originalmente el cilindro era tangente al Ecuador, lo que hacía que las distancias solo fueran exactas a lo largo del círculo máximo. Al girar el cilindro –a eso se refiere el término *transversa*– y situarlo tangente a los meridianos, se obtienen distancias exactas a lo largo de los distintos meridianos sobre los que se va situando la proyección, lo que le da el carácter *Universal*. En la proyección UTM la tierra se divide en 60 husos de 6° cada uno, numerados del 1 al 60 empezando por los 180°, y estos a su vez se dividen en 20 zonas de 8° que se designan con una letra, empezando por la C en los 80° de latitud sur, hasta la X en los 80° norte. La A y la B son para el polo sur y la Y y la Z para el polo norte que se representan con otra proyección llamada UPS. La I y la O no se utilizan para evitar confusiones con los números.

Euskal Herria se sitúa en el huso 30 y la zona T. Esto quiere decir que el huso está comprendido entre los meridianos 0 y 6W (para hacernos una idea el meridiano 0 pasa por Ordesa y el 6W por Somiedo) y en una latitud entre los 40° y los 48°.

■ Las coordenadas

El sistema que utilizamos para localizar un punto respecto a una referencia concreta son las coordenadas. Existen dos tipos de coordenadas. Por un lado las **coordenadas geográficas** son las que localizan un punto sobre la tierra. La referencia de este sistema es el eje de rotación de la tierra que pasa por los polos y el círculo máximo del Ecuador. Se componen de latitud y longitud y se miden en grados, minutos y segundos. La latitud es el ángulo entre la posición y el Ecuador y va de los 0° a los 90° en los polos (norte o sur). Debido a la forma de la tierra (esferoide achatado) el arco de un grado de latitud varía de los 110,569 km en el Ecuador a los 111,7 km en los polos.

La longitud es el ángulo que forma el meridiano que pasa por la posición a definir y el establecido como origen o meridiano 0, en nuestro caso el de Greenwich, aunque antiguamente se utilizaba el meridiano de Madrid. Va de 0° a 180° hacia el este o el oeste. Como los meridianos convergen en los polos, el arco de un grado de longitud es nulo en esta zona mientras en el Ecuador mide unos 111 km.

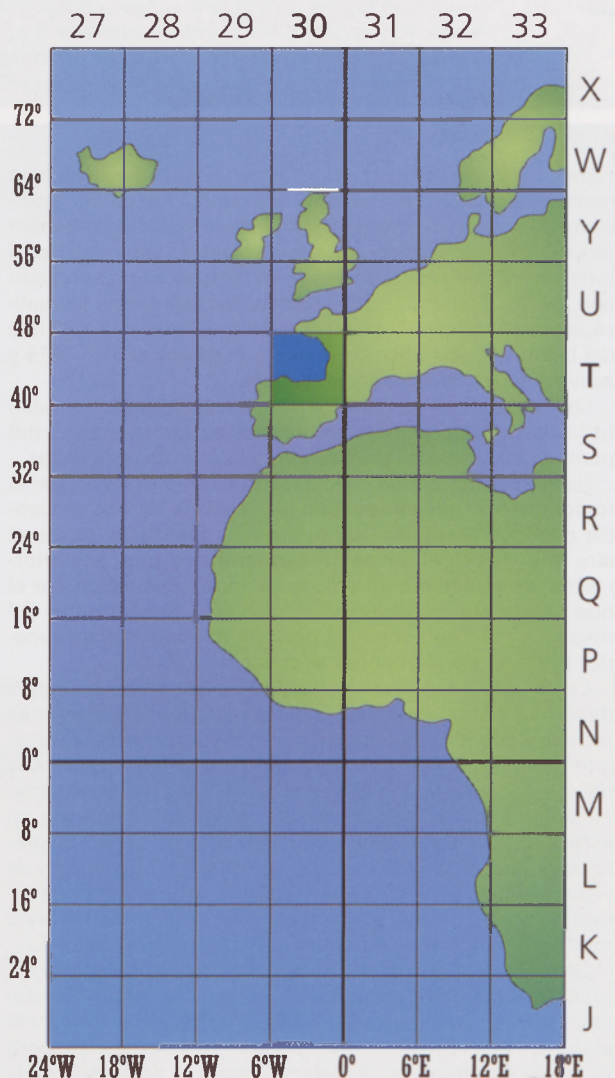
El otro tipo de coordenadas que utilizamos son las correspondientes a los puntos representados sobre un mapa, que se llaman **coordenadas planas**. Se trata de coordenadas cartesianas cuya referencia son dos rectas perpendiculares que se juntan en el punto de origen, a partir del cual la distancia desde cada eje marca la posición de un punto. Las coordenadas UTM que nosotros utilizamos, se definen por el valor de X o *abscisa* (distancia horizontal) y el valor de Y perpendicular al anterior llamado *ordenada*.

El origen de las X se sitúa en el meridiano central de la proyección, pero para evitar los valores negativos que corresponderían a los puntos situados al oeste del meridiano se establece el valor en el origen de 500.000 metros. El origen de las Y se toma en el Ecuador asignándole para el hemisferio norte el valor 0 y para el hemisferio sur el valor 10.000.000 de metros. Si definimos las X con tres cifras la precisión es kilométrica, si son 6 la precisión es métrica y, en el caso de las Y, con cuatro cifras la precisión es kilométrica y con 7 es métrica.

Al contrario que las coordenadas geográficas que son únicas, las coordenadas UTM al referirse al meridiano central de cada zona, se van repitiendo por todo el globo, por lo que, para definir las correctamente, tendremos que citar la zona a la que se refieren además de los valores de X e Y. La península ibérica se reparte entre los husos 29, 30 y 31 y las zonas S y T, lo que hace que en total sean 6 zonas UTM las que cubren su territorio.

■ La información y el trazado del mapa

Hace no demasiado tiempo los mapas se elaboraban en base a mediciones topográficas sobre el terreno realizadas con teodolito, brújula y nivel. Estas mediciones se efectuaban a partir de puntos de coordenadas conocidas (vértices geodésicos), aplicando métodos de triangulación que utilizan la trigonometría para calcular los valores que se quieren conocer. Una vez finalizado el trabajo de campo había que procesar los datos recogidos. Hay que tener en cuenta que en aquella época no existían ordenadores, ni tan siquiera calculadoras, lo que suponía un gran esfuerzo, primero por lo exhaustivo que tenía que ser el trabajo de



■ Zonas UTM



■ *Topógrafos trabajando*

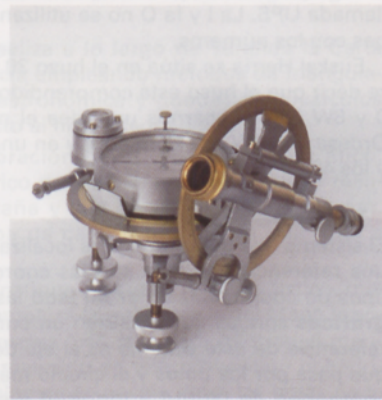
campo, y posteriormente por los laboriosos cálculos que había que realizar para obtener los resultados de las mediciones. Los mapas elaborados de esta forma, evidentemente eran menos precisos que los actuales, pero debido al intenso trabajo realizado sobre el terreno, representaban con mucha fidelidad la información. De esta forma se realizó la serie del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000 del Instituto Geográfico Catastral, que se empezó en 1875 y se terminó en 1968 (93 años después).

Los mapas del Servicio Geográfico del Ejército también utilizaban como puntos de apoyo las coordenadas del punto más alto de las torres o campanarios de las iglesias.

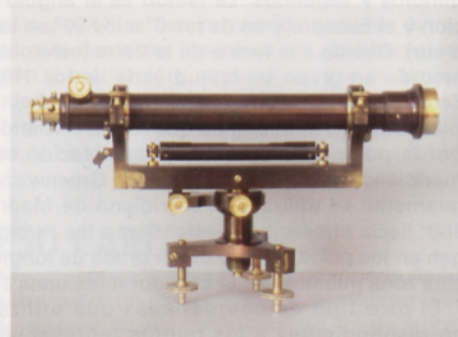
Hacia los años 60 del siglo pasado se empieza a utilizar la fotogrametría, que consiste en la obtención de una secuencia continua –mosaico– de fotografías realizadas desde el aire que cubren el terreno a cartografiar y que, posteriormente, se someten a un proceso llamado restitución por el que se obtiene la información que va a formar parte del mapa. La precisión obtenida por este método es muy superior a la que hasta entonces se conocía.

La obtención de fotografías –que también se realiza desde satélites espaciales– para los mapas de escalas medias y grandes, suele hacerse en vuelos a baja altura, lo que permite recoger con precisión los detalles del terreno que luego aparecerán reflejados en el mapa. Una vez obtenidas las fotografías, empieza el proceso de restitución en el que a través de la visión estereoscópica de pares fotográficos de la misma zona tomados desde diferentes puntos de vista, la imagen plana de las fotografías se transforma en una imagen tridimensional con percepción del relieve, mediante una especie de emulación de la visión humana.

Otro proceso que se realiza a partir de estas series fotográficas, es la obtención de las –hoy tan conocidas– ortofotos. La visión en perspectiva cónica que tienen las fotografías, en las que la zona central aparece sin deformación, pero hacia los extremos se va distorsionando la geometría de la

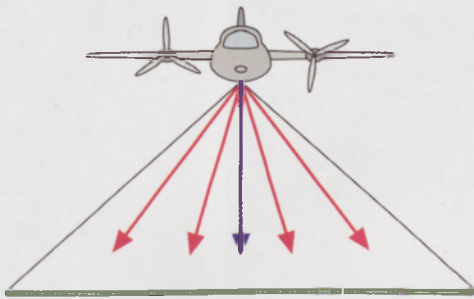


■ *Teodolito / Brújula / Nivel de línea. Museo de la ETSI en Topografía, Geodesia y Cartografía, UPM*



imagen, se transforma en una vista ortogonal en la que todos los puntos de la imagen se corresponden a una visión perpendicular. Se corrige la distorsión debida a la perspectiva y a las elevaciones del terreno, así que el resultado es análogo a la proyección en la que se va a realizar el mapa.

Foto aérea



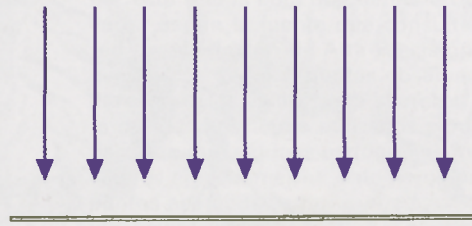
Vista en perspectiva

Distorsión en los extremos

El resultado del proceso de restitución hay que ajustarlo a la realidad geográfica del terreno, para lo que hay que referenciarlo mediante una serie de puntos de apoyo tal y como se hacía anteriormente. Aunque actualmente las cámaras que obtienen las imágenes desde el aire disponen de GPS para añadir a las fotografías la posición en la que se han tomado, se sigue utilizando como referencia la red geodésica compuesta por los conocidos vértices que solemos encontrar en lugares elevados. Estos vértices no se sitúan necesariamente en los puntos más altos, sino en lugares donde sea buena la visibilidad entre los vértices contiguos que componen la red. Sus coordenadas se han obtenido de forma precisa, en muchos casos mediante la utilización de GPS y en otros por observación astronómica que proporciona una mayor precisión. En nuestro sistema las coordenadas planas (X,Y) se refieren al centro del cilindro y la altura (Z) se refiere, en la mayoría de los casos, a la base del pilar.

■ Gráfico de perspectiva y vista ortogonal

Ortofoto



Vista ortogonal

Sin distorsión

■ Representación del relieve

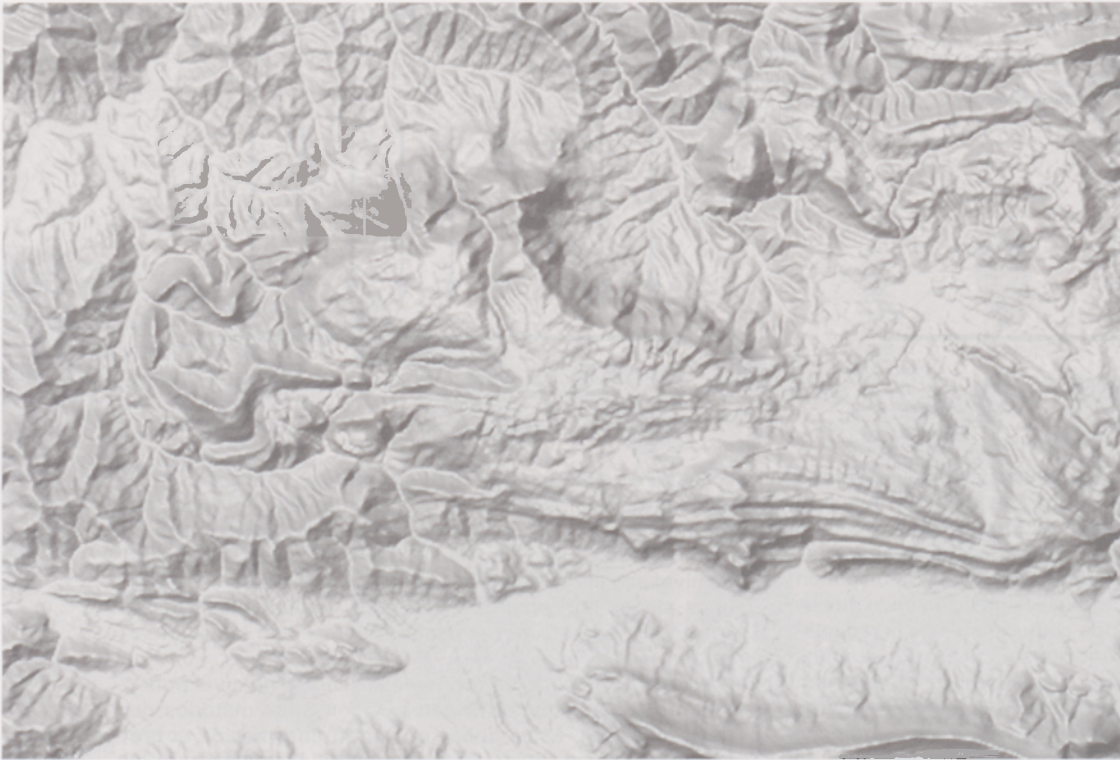
Un rasgo fundamental en los mapas que recogen zonas de montaña es la representación del relieve. La forma más común de hacerlo es mediante curvas de nivel. Las curvas de nivel son el resultado de cortar la superficie terrestre con unos planos horizontales a intervalos regulares. Estas curvas se proyectan sobre el plano y representan la orografía del terreno.

A través de la interpretación de las curvas de nivel podemos obtener más información que con otros métodos de representación. Estas líneas muestran información sobre las pendientes o incluso permiten calcular la cota aproximada de cualquier punto.

Al hablar de curvas de nivel hay que mencionar otro tipo de curvas que siendo menos frecuentes, en algunos casos son muy significativas: las curvas de desnivel que representan las depresiones del terreno. Para su trazado se suelen utilizar líneas discontinuas.

■ Vértice geodésico





Para facilitar la interpretación de las curvas de nivel, se suele añadir una serie de colores que representan las franjas de terreno comprendidas entre dos cotas definidas. Estos colores se llaman tintas hipsométricas y su uso nos permite identificar fácilmente las curvas de nivel. Incluso sin fijarnos en detalles, percibimos una aproximación a las formas del terreno.

Las curvas de nivel son un sistema de representación muy eficaz, pero no es el modo en que habitualmente apreciamos el relieve. Normalmente reconocemos las formas de la realidad por la interacción de las luces y las sombras sobre los objetos. Por eso, buscando un efecto más natural, se suele añadir a la información de las curvas de nivel y las tintas hipsométricas, un sombreado del relieve.

Es curiosa la influencia de la dirección de la fuente de luz en los resultados del sombreado. Se suele aplicar una luz desde el noroeste, a pesar de que en Europa la luz solar llega desde el sur, por lo que esta dirección podría parecer más realista. Pero si se realiza el sombreado iluminando desde el sureste, la sensación que se obtiene es la de un relieve invertido en el que apreciamos las depresiones como elevaciones y viceversa.

■ Altimetría

Hasta ahora hemos comentado las características de los mapas sobre el plano haciendo referencia a dos dimensiones (planimetría) pero, evidentemente, la tercera dimensión es fundamental cuando se representan relieves, por lo que vamos a hacer referencia al tratamiento que se da a la altimetría en el proceso de creación de mapas.

Igual que para posicionar los puntos sobre el plano los cálculos se apoyan en puntos de coordenadas conocidas, para la realización de los cálculos de las alturas existe una red de nivelación denominada de Alta Precisión (NAP), que a partir del plano de referencia –en nuestro caso el nivel medio del mar en Alicante– se va desarrollando por todo el territorio, creando una serie de puntos de altura conocida con los que realizar los cálculos para determinar los valores de otros puntos a representar en el mapa. Esta red de nivelación se desarrolla básicamente en torno a las vías de comunicación (carreteras y ferrocarril sobre todo), por lo que las cimas y elevaciones quedan en los márgenes de la red de puntos que la componen. Estos puntos

■ *Sombreado con luz NO y con luz SE*

–marcados mediante clavos y señales– están situados mayoritariamente en edificios públicos para garantizar su permanencia. Es habitual verlos en ayuntamientos, estaciones de RENFE, depósitos de agua...

La evolución en los sistemas de obtención de información hace que se amplíe el concepto de teledetección, y a los métodos ópticos de obtención de datos hay que unir





métodos basados en sensores electromagnéticos, radar, láser o microondas. Algunos de estos métodos permiten obtener una representación altimétrica de un territorio a partir de un barrido de la zona, y calcular las alturas de la superficie que se va a plasmar en el mapa.

De todo esto podemos deducir que, a pesar de que los métodos utilizados actualmente permiten obtener gran

cantidad de información de una forma relativamente sencilla y con bastante precisión, la mayor parte de las cotas que aparecen en los mapas se obtienen a partir de cálculos y procesos en los que influyen diversos factores. Es por esto que la cota que define un punto concreto puede variar según la fuente que consultemos, exceptuando la red de nivelación de Alta Precisión y la red de vértices geodésicos que son puntos observados de forma precisa. El resto de los valores que aparecen en el mapa dependerá de los parámetros utilizados para obtener los datos. A pesar de que algunas cartografías muestran las cotas con valores en centímetros, esto no quiere decir que todos los puntos acotados se hayan medido con precisión centimétrica, sino simplemente que el sistema utilizado para obtener los valores de esos puntos está definido para realizar los cálculos con dos decimales.

■ Trabajo de campo

Los avances experimentados en las técnicas y métodos para obtener información han facilitado y simplificado mucho el proceso cartográfico, lo que ha permitido reducir el trabajo de campo, obteniendo una buena precisión con unos costes razonables. Esta reducción de las tareas sobre el terreno afecta especialmente a las zonas de montaña ya que, normalmente, para los organismos que desarrollan las distintas cartografías estas zonas no se consideran de interés prioritario y se les suele dar un tratamiento menos exhaustivo que a las zonas urbanas, consideradas de mayor interés debido a que la mayor parte de las intervenciones se realizan en ellas.

Un claro ejemplo de esto son las grandes extensiones boscosas, que en las fotografías aéreas aparecen como manchas compactas en las que no se aprecian los detalles que se ocultan bajo el arbolado. Grandes bosques como los de Urbasa o Izki aparecen reflejados en las cartografías oficiales de forma casi esquemática, a pesar de esconder bajo su manto una compleja red de caminos. Es aquí donde las personas o empresas que editan mapas destinados específicamente a un público montaño, realizan su mayor aportación con un extenso trabajo de campo que busca reflejar con la mayor fidelidad posible el territorio de cada mapa, además de recoger las modificaciones recientes. Es muy de agradecer el trazado minucioso de los elementos que aparecen en el mapa, ya que muchas veces pequeños detalles tales como una curva cerrada en el camino, una vaguada, una pendiente pronunciada o un cruce de caminos, pueden ser de gran utilidad a la hora de posicionarnos sobre el mapa. La claridad en la representación de la información recogida es un rasgo que facilita mucho la utilización del mapa sobre el terreno, pues hay que tener en cuenta que las condiciones no son siempre las óptimas para consultar un mapa. Además se suelen añadir ciertos detalles de interés para el montaño, como áreas recreativas, refugios, senderos homologados... □



■ Señal de nivelación de alta precisión



FOTOS ARCHIVO NORDIK

BIBLIOGRAFÍA

ARANAZ DEL RÍO, Fernando: Tu amigo el mapa, Instituto Geográfico Nacional, Madrid, 1998.

BIELZA DE ORY, Vicente; VILÁ, J.; PUYOL, R.; CHUVIECO, E.; LÓPEZ BERMÚDEZ, F.; GIL OLCINA, A.; MATEU BELLES, J.: Geografía General I. Introducción y Geografía física, Taurus ediciones, Madrid, 1993.

FRANCO REY, Jorge: Nociones de Cartografía, www.cartesia.org

GIMENO RICO, Victor: Cartografía del Territorio Histórico de Álava – Arabako lurralde historikoaren kartografia, Diputación Foral de Álava – Arabako Foru Aldundia, Vitoria-Gasteiz, 1997.

LORENZO MARTÍNEZ, Ramón M.: Cartografía. Urbanismo y desarrollo inmobiliario, Cie Inversiones editoriales Dossat 2000, Madrid, 2001.

ROBINSON, Arthur H.; SALE, Randall D.; MORRISON, Joel L.; MUEHRCKE, Phillip C.: Elementos de cartografía, Ediciones Omega, Barcelona, 1987.

VÁZQUEZ MAURE, Francisco: Lectura de mapas, Instituto Geográfico Nacional, Madrid, 1986.