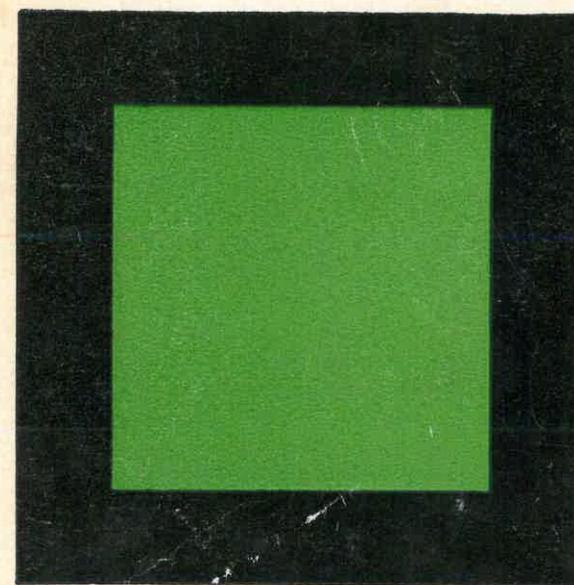


*Erwin Raisz*

# Cartografía

SEXTA EDICIÓN



OMEGA



529  
44932

CARTOGRAFÍA GENERAL

Fecha: .....	
Int.: .....	

ERWIN RAISZ

Profesor de Cartografía en el Instituto de Estudios Geográficos  
de la Universidad de Harvard

# CARTOGRAFÍA GENERAL

*Versión del inglés por*

**JOSÉ MARIA MANTERO**

*Ingeniero geógrafo*

Con 292 ilustraciones



EDICIONES OMEGA, S. A.

CASANOVA, 220

BARCELONA

La edición original de esta obra ha sido publicada en inglés  
por McGraw-Hill Company, de New York con el título

*GENERAL CARTOGRAPHY*

*Sexta edición*

ISBN 84-282-0007-6  
Depósito Legal B. 22536-1978

*Derechos reservados para todos los países*  
© Ediciones Omega, S. A. 1974 - Barcelona

Gráficas Instar, S. A. - Constitución, 19 - Barcelona-14

A  
*MARIE GEORGETTE RAISZ*  
*cuya devoción y cuidado*  
*ha hecho posible este libro*

## INDICE

<i>Introducción</i> . . . . .	5
-------------------------------	---

### LIBRO PRIMERO CARTOGRAFIA GENERAL

<i>Primera parte: HISTORIA DE LOS MAPAS</i> . . . . .	11
I. Mapas manuscritos . . . . .	11
II. La Cartografía en el Renacimiento . . . . .	31
III. La reforma de la Cartografía . . . . .	47
<i>Segunda parte: ESCALAS Y PROYECCIONES.</i> . . . . .	60
IV. Escalas, paralelos y meridianos . . . . .	60
V. Proyecciones . . . . .	72
VI. Proyecciones cónicas. . . . .	86
VII. Proyecciones acimutales . . . . .	95
VIII. Otras proyecciones convencionales . . . . .	110
<i>Tercera Parte: REPRESENTACIÓN DE LA TIERRA EN MAPAS</i> . . . . .	117
IX. Símbolos . . . . .	117
X. Representación del relieve del terreno . . . . .	125
XI. Otros métodos para representar el relieve. . . . .	140
XII. Interpretación de los mapas . . . . .	152
<i>Cuarta parte: ROTULACIÓN Y NOMBRES GEOGRÁFICOS</i> . . . . .	163
XIII. Rotulación de mapas. . . . .	163
XIV. Composición y dibujo de mapas. . . . .	175
XV. Materiales e instrumentos de dibujo. . . . .	181
XVI. Reproducción de mapas . . . . .	193

### LIBRO SEGUNDO CARTOGRAFIA ESPECIAL

<i>Quinta parte: LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS SOBRE EL TERRENO Y DESDE EL AIRE</i> . . . . .	207
XVII. Levantamientos topográficos . . . . .	208
XVIII. Croquización . . . . .	225
XIX. Aerotopografía (Fotogrametría). . . . .	232
XX. Interpretación de las fotografías aéreas. . . . .	247

<i>Sexta parte:</i> MAPAS OFICIALES, NACIONALES Y EXTRANJEROS . . . . .	255
XXI. Mapas nacionales . . . . .	255
XXII. Cartas de navegación . . . . .	263
XXIII. Mapas especiales . . . . .	271
XXIV. Cartografía de la segunda guerra mundial . . . . .	283
<i>Séptima parte:</i> ESPECIALIDADES CARTOGRÁFICAS . . . . .	296
XXV. Diagramas . . . . .	296
XXVI. Mapas estadísticos . . . . .	310
XXVII. Cartogramas . . . . .	325
XXVIII. Globos terráqueos y mapas en relieve . . . . .	337
<i>Octava parte:</i> MAPAS CIENTÍFICOS . . . . .	354
XXIX. Estudio de las pendientes . . . . .	354
XXX. Mapas de aprovechamientos y económicos . . . . .	362
XXXI. Mapas y bloques geológicos . . . . .	376
XXXII. Mapas de varias ciencias . . . . .	391
<i>Apéndice I:</i> Conservación y catalogación de los mapas . . . . .	406
<i>Apéndice II:</i> Ejercicios . . . . .	411
<i>Apéndice III:</i> Tablas . . . . .	421
BIBLIOGRAFÍA . . . . .	425
ÍNDICE ALFABÉTICO . . . . .	429

## INTRODUCCIÓN

CONFIGURACIÓN DE LA SUPERFICIE TERRESTRE. — «El hombre es como una hormiga en una alfombra —dice P. E. James—, que puede conocer perfectamente la estructura de la misma a su alrededor, pero sin idea de lo que ocurre fuera de su campo visual. Para reducir las grandes dimensiones de la superficie terrestre a proporciones tales que puedan abarcarse de una sola ojeada hace uso el geógrafo de los mapas.» Con estas palabras expone James el problema esencial de la Cartografía, a saber, la confección de mapas.

Supongamos que la hormiga concibe la idea de conocer el aspecto general de la alfombra, y que distribuye el trabajo entre varias compañeras del modo siguiente: unas se encargan de medir con toda exactitud los diferentes trozos (limitados por las figuras caprichosas de las curvas que componen el dibujo), y otras con estas mediciones unen los trozos entre sí y dibujan su conjunto, es decir, la alfombra completa. Al ver representada de este modo la alfombra se formarán las hormigas una idea de su figura que antes no tenían.

¡Cuánto más fácil y sencillo es el problema de estas hormigas ante la alfombra, que el del hombre ante la Tierra en que vivimos! Un hombre es un millón de veces más pequeño, respecto a la Tierra, que la hormiga respecto a la mayor de las alfombras; y el más rico y complicado tapiz oriental ofrece un aspecto mucho más sencillo que la superficie terrestre.

El proceso de la representación de la figura de la superficie de la Tierra consta de tres fases: el agrimensor mide el terreno, el cartógrafo reúne todos los datos obtenidos por el anterior y los traslada a un mapa; por último, el geógrafo interpreta los hechos así expuestos. Estrechamente ligada a este proceso está la labor del geólogo, cuyo estudio de las estructuras rocosas suministra una información principalísima para la buena comprensión de la configuración superficial. Este libro trata de modo especial del trabajo del cartógrafo; las otras fases citadas, Agrimensura y Geografía, son objeto de extensa bibliografía propia.

DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA. — El objeto de la Cartografía consiste en reunir y analizar datos y medidas de las diversas regio-

nes de la Tierra, y representar éstas gráficamente a una escala reducida, pero de tal modo que todos los elementos y detalles sean claramente visibles. Para poner de manifiesto la configuración de la superficie terrestre, el instrumento principal del cartógrafo es el mapa; pero también trataremos en este libro de otra clase de representaciones, como son los relieves, los globos, las perspectivas, los cartogramas, etc.

Un mapa es, en su acepción más elemental, una representación convencional de la superficie terrestre, vista desde arriba, a la que se agregan rótulos para la identificación de los detalles más importantes. La palabra «representación» se usa aquí en su más amplio significado: un mapa representa más bien lo que se conoce de la Tierra, que lo que puede verse desde una cierta altura. Hasta tal extremo son abstractos y convencionales algunos mapas, que difícilmente se reconoce en ellos una representación pictórica expresionista. En muchos mapas sólo se representa un determinado aspecto o un solo elemento, como sucede, por ejemplo, con los mapas pluviométricos. Por otra parte, los mapas suelen representar detalles que no son realmente visibles por sí mismos, como, por ejemplo, las fronteras, los meridianos, los paralelos, etc. Tampoco quedan limitados los mapas a representar la superficie terrestre: hay mapas del firmamento, de la Luna, etcétera, y también mapas geológicos del subsuelo. Pero siempre una gran extensión de dos o tres dimensiones se representa reducida a un tamaño fácilmente apreciable a simple vista.

En el estudio y confección de un mapa se pueden considerar las partes siguientes: la escala, el sistema de proyección o canevas de coordenadas sobre que se dibuja el mapa, los elementos a representar mediante símbolos (camino, montañas, etc.), el rotulado y, finalmente, el título, el recuadro y demás detalles complementarios.

Los mapas pueden clasificarse por su escala y por su contenido del modo siguiente:

#### 1. Mapas generales:

- a) Mapas topográficos a escala grande, con información general.
- b) Mapas cartográficos que representan grandes regiones, países o continentes a pequeña escala (los atlas pertenecen a esta clase).
- c) Mapas del mundo entero (mapamundis).

#### 2. Mapas especiales:

- a) Mapas políticos.
- b) Mapas urbanos (planos de población).
- c) Mapas de comunicaciones (ferrocarriles, carreteras, etc.).
- d) Mapas científicos de diferentes clases.

- e) Mapas económicos y estadísticos.
- f) Mapas artísticos y de anuncios o reclamo (propaganda).
- g) Cartas para la navegación marítima y aérea.
- h) Mapas catastrales, dibujados a gran escala, que representan las parcelas de los diferentes propietarios, con cultivos, etc.

*La Cartografía, ciencia y arte.* El cartógrafo es hombre de ciencia y artista a la vez; debe conocer perfectamente el modelo que ha de representar, es decir, la Tierra, y ha de tener el discernimiento suficiente para suprimir más o menos detalles, según el sistema de proyección, la escala y el objeto de cada mapa; los elementos representados lo son mediante símbolos, dibujos y colores cuyo uso acertado depende más del sentido artístico que de la preparación científica del cartógrafo.

*El estudio de la Cartografía.* La Cartografía por sí sola, independientemente de la Geografía y de las demás ciencias que le proporcionan su materia prima, constituye una disciplina cuyo estudio ha de capacitar al individuo para representar de modo claro y atractivo los elementos propios de un mapa. Para ello es preciso asimilar ciertos principios e ideas básicas; claro está que el arte cartográfico evoluciona continuamente, pero también es conservador. Los cambios en la forma de representación de la Tierra se llevan a cabo poco a poco y con gran prudencia.

Deben conocerse las proyecciones más comúnmente empleadas, y ha de estarse en condiciones de poderlas construir; pero la teoría matemática de las proyecciones sirve de bien poco en la práctica.

Mediante ejercicios prácticos se aprenderá a *encajar* bien los mapas, a rotular y a dibujar correctamente. Cuando se quiera publicar los mapas hechos por uno mismo hay que conocer muy bien los diferentes sistemas de reproducción de mapas.

Un paso más avanzado en el estudio de la Cartografía lo constituye la preparación de mapas especiales y la de globos y relieves.

El reunir datos, analizarlos e interpretarlos requiere un gran conocimiento de la Geografía, sin el cual el cartógrafo sería absolutamente un delineante topográfico o cartográfico. Todo buen cartógrafo ha de tener conocimientos de bellas artes y de dibujo técnico. También conviene que tenga nociones de trigonometría plana y esférica para la mejor comprensión y aplicación de las proyecciones más empleadas. Como la Cartografía y la Topografía están íntimamente ligadas, conviene estudiar Agrimensura y Geodesia aunque sólo sea en plan elemental. Completan la formación científica del cartógrafo los conocimientos de Geología, Geomorfología, Climatología y Oceanografía. Se dice que un cartógrafo tiene un 50 por 100 de geógrafo, un 30 por 100 de artista, un 10 por 100 de matemático y otro 10 por 100 de todo lo demás.

No hay tope para el caudal de conocimientos que se puede exigir a un cartógrafo. El autor, en su trabajo práctico, ha tenido que saber de qué clase eran las velas que llevaban los barcos en que Orellana bajó el Amazonas; el que Hamada el Hamra significa que la superficie llana y rocosa a que se refiere es el color rojo; y ha tenido que conocer las dimensiones y las características de algún aeropuerto moderno.

ERWIN RAISZ

*LIBRO PRIMERO*

## CARTOGRAFÍA GENERAL

PRIMERA PARTE

HISTORIA DE LOS MAPAS

CAPÍTULO PRIMERO

MAPAS MANUSCRITOS

La historia de los mapas es más antigua que la Historia misma, entendiéndose por tal la documentación escrita sobre hechos pretéritos. La confección de mapas precede a la escritura, como se deduce del hecho, comprobado por exploradores y viajeros, de que varios pueblos primitivos que no llegaron a emplear ni conocer la escritura fueron muy hábiles en el trazado de mapas. Es una observación general de los viajeros por todas las partes del mundo que, preguntado un nativo por el camino que conduzca a cierto lugar, tomará una varita y dibujará en el suelo un esquema del camino, añadiendo a veces ramitas o guijarros para señalar algún punto notable. Siempre resultan estos dibujos verdaderos mapas, aunque rudimentarios, a escala como visto el terreno desde arriba.

Evidentemente, el hacer mapas es una aptitud innata en la Humanidad: los pueblos primitivos, que vivían como guerreros y como cazadores, tenían que moverse continuamente y a veces era cuestión de vida o muerte el conocer la dirección y las distancias de sus recorridos; así sintieron la necesidad de comunicarse unos a otros el conocimiento del terreno y así nacieron los primeros mapas.

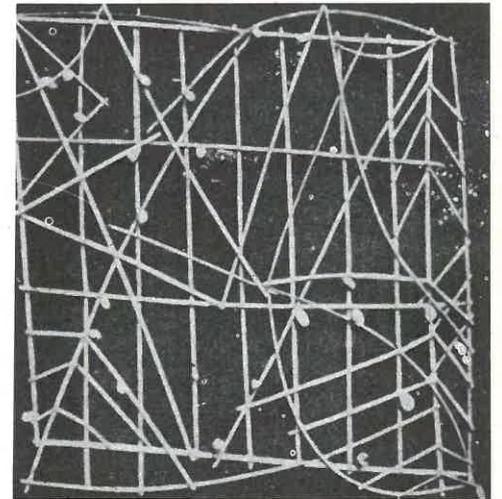


FIG. 1. — Cartas de los indígenas de las islas Marshall, que están representadas por conchas; el enrejado de fibras de palma sirve, en parte, para soportar de las conchas, y, en parte, para indicar la curvatura predominante de los frentes de olas.

CARTAS MARINAS DE LOS PRIMITIVOS INDÍGENAS DE LAS ISLAS MARSHALL. — Quizá los mapas prehistóricos más interesantes sean las cartas hechas por los indígenas de las islas Marshall, formadas por conchas dispuestas sobre un enrejado de fibras de palma. Los antropólogos estuvieron largo tiempo desorientados ante estas figuras, hasta que descubrieron que eran cartas usadas para la navegación. La retícula ortogonal representa el mar libre (fig. 1); las líneas curvas indican el frente de olas cerca de las islas, y las islas mismas están representadas por conchas.

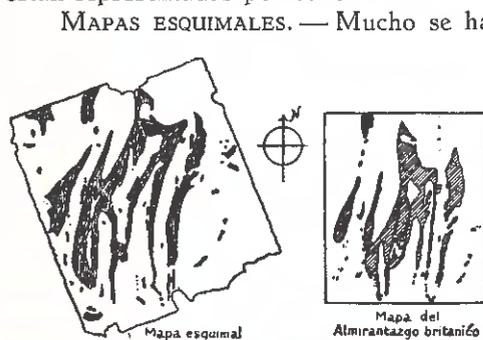


FIG. 2. — Mapa esquimal de las islas Belcher, en la bahía de Hudson; la longitud del archipiélago es de unos 150 kilómetros.

mapas análogos, pero referentes a superficies aún más grandes.

Muchos viajeros han podido comprobar que los mapas esquimales eran superiores a otros ya confeccionados por hombres blancos. A este propósito vamos a citar parte de una carta escrita por el famoso explorador del Ártico, Vilhjalmur Stefansson:

«...Estos mapas esquimales pueden resultar muy útiles interpretados debidamente. He aquí algunos de los puntos básicos para ello: en estos mapas se tiende más a que tengan el mismo número de curvas e idéntica forma de éstas que a la escala exacta de distancias; realzan más los detalles que importan *personalmente* más a los autores que los de verdadero valor intrínseco; por ejemplo, los puertos que aquéllos tienen que cruzar significan más para ellos que las montañas que quedan a los lados... Los hombres primitivos son muy propensos a confundir la escala de tiempos con la de distancias: al cabo de un recorrido de 10 días, viajando 6 horas cada día, dividen la distancia total recorrida en partes iguales, aunque en un día de marcha rápida recorran doble del recorrido medio diario y en otro no anden más de la mitad de este recorrido.»

MAPAS INDIOS Y AZTECAS. — La destreza de los indios americanos en la confección de mapas ha sido siempre muy alabada, pero en realidad los

MAPAS ESQUIMALES. — Mucho se ha escrito sobre la habilidad de los esquimales para la confección de mapas. En la fig. 2 se ve un mapa de las islas Belcher dibujado a lápiz por un esquimal de la bahía de Hudson. Este trabajo, hecho por un nativo sin instrucción alguna y sin instrumento alguno, coincide de modo sorprendente con las mejores cartas hidrográficas actuales de la misma región. El mapa une a sus muchos méritos el de representar una superficie de varios millares de kilómetros cuadrados. Boas descubre

mapas indios son toscos y no llegan, ni con mucho, a la perfección de los mapas esquimales.

Los mapas aztecas son muy interesantes y de ellos se conserva un gran número. De modo diferente a los esquimales, los aztecas se ocupaban más en representar hechos históricos que detalles topográficos. El dibujo de ríos, bosques, campiñas y templos es totalmente realista. Las figuritas dibujadas en las poblaciones son los nombres de estas últimas. Estos mapas son en general muy decorativos.

Muy lejos nos llevaría el tratar de la confección de mapas por los diferentes y numerosos pueblos asiáticos y africanos.

Concluimos este apartado con la narración de un viajero que llegó al Ahaggar en el Sahara y preguntó a un viejo jefe tuareg por el camino de Tombuctú.

El jefe no contestó una sola palabra. Cubrió con arena parte del suelo que tenía delante para representar el reg o llanura arenosa del Sahara. Sobre la arena formó montoncitos alargados que representaban las dunas (*sifs*) del desierto. Las mesetas rocosas las representó con piedras planas. Ante los ojos del viajero apareció pronto un perfecto modelo en relieve de la región, no sólo en direcciones y distancias, sino también en cuanto se refería a la naturaleza del terreno. En este lenguaje cartográfico universal comprendió el viajero el camino a seguir mejor que si le hubiesen respondido con palabras o descripción alguna.

MAPAS BABILÓNICOS. — El mapa más antiguo conocido en nuestros días se descubrió en las excavaciones de las ruinas de la ciudad de Ga Sur, a unos 300 kilómetros al norte de Babilonia y que se conserva actualmente en el Museo Semítico de la Universidad de Harvard. Los investigadores encontraron una placa de barro cocido que representaba el valle de un río, seguramente el Éufrates, con montañas a cada lado indicadas en forma de escamas de pescado. El río desemboca por un delta de tres brazos en un lago o en el mar. El Norte, el Este y el Oeste están indicados por círculos con descripciones. Esto quiere decir que aquellos mapas, como los actuales, estaban referidos a los puntos cardinales. La placa es tan pequeña que cabe en el hueco de la mano, y aunque está rota, parece reciente y la nitidez de sus caracteres cuneiformes no dan idea de su respetable edad: 4.500 años.

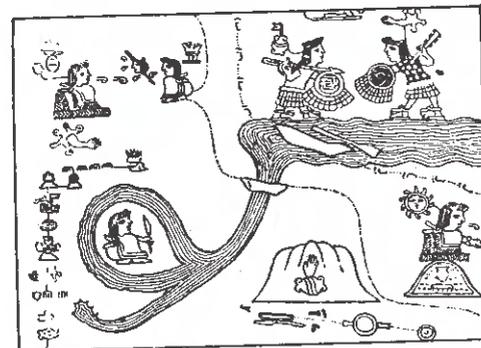
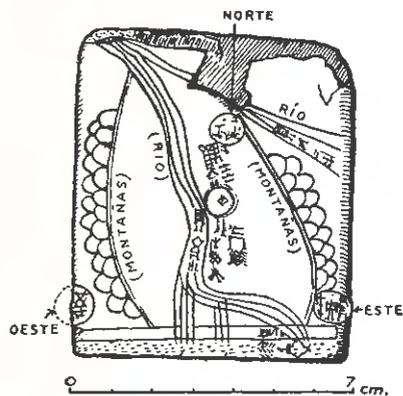


FIG. 3. — Mapa azteca en el que se indican los viajes de una tribu. Los caminos van señalados, frecuentemente, con huellas de pies. Adviértanse la canoa y el remo.

En el Museo Británico hay varias placas semejantes que representan de un modo primitivo fincas, poblaciones, o toda Babilonia. La importancia que para nosotros tienen estas placas no estriba en su mérito representativo, sino en la prueba evidente que proporciona sobre la gran antigüedad del arte cartográfico.

A los babilonios se debe una obra que aún se conserva: la división del círculo en grados. Estos pueblos antiguos usaban un sistema numérico de



### EL MAPA MÁS ANTIGUO

Tableta de arcilla procedente de Ga-Sun, del año 2500 a. de J. C.

FIG. 4. — El mapa más antiguo del mundo. Es una pequeña placa de barro que se conserva en el Museo Semítico de la Universidad de Harvard.

verosímil que la carta hecha por Marino de Tiro, hacia el año 120 a. de J. C., de la que nos habla Ptolomeo, contuviera datos egipcios. La influencia que estos primeros navegantes ejercieron sobre la cartografía griega fue seguramente mucho mayor de lo que en realidad consta como cierto.

El concepto que los babilonios tenían del Universo era el de una masa continental, en forma de disco, flotando en el mar, con la bóveda del cielo por encima y el firmamento sobre todo ello. Esta idea fue aceptada por los griegos y los romanos, y también por los israelitas, y a través de las Sagradas Escrituras llegó a la Europa cristiana en la Edad Media.

**MEDICIONES DE LOS EGIPCIOS.** — La medición del terreno empezó indudablemente en el gran imperio del valle y delta del Nilo. Los enormes gastos de los faraones y de los sacerdotes se cubrían principalmente con los impuestos sobre la tierra, pagados, en general, en grano. Con fines tributarios se midieron y registraron cuidadosamente las propiedades rústicas, y se señal-

aron sus lindes. Ramsés II (1333-1300 a. de J. C.) inició una medición sistemática de las tierras de su imperio. Los resultados debieron de quedar archivados, y existen razones que hacen suponer que se trasladaron a mapas. Siglos después, el sabio griego Eratóstenes aprovechó estas primitivas mediciones de los egipcios.

Los pocos mapas egipcios que se conservan en la actualidad, como el de una mina de oro de Nubia (ahora en el Museo de Turin), no tienen gran interés desde el punto de vista histórico de la Cartografía. La antigua civilización semita culminó en las actividades comerciales de los fenicios de Tiro y Sidón, y en la de la colonia de Cartago, mayor que las anteriores. Los barcos fenicios mantenían un comercio que se extendía desde las Islas Británicas hasta el mar Rojo, y no hay duda de que Hannón, marino cartaginés al servicio de un faraón egipcio, dio la vuelta a África hacia el año 600 a. de J. C. Parece muy probable que los fenicios, que debían gran parte de su cultura a Babilonia, prepararon mapas para sus necesidades de diferentes órdenes: hasta nosotros no ha llegado mapa fenicio alguno, pero es muy

laron sus lindes. Ramsés II (1333-1300 a. de J. C.) inició una medición sistemática de las tierras de su imperio. Los resultados debieron de quedar archivados, y existen razones que hacen suponer que se trasladaron a mapas. Siglos después, el sabio griego Eratóstenes aprovechó estas primitivas mediciones de los egipcios.

Los pocos mapas egipcios que se conservan en la actualidad, como el de una mina de oro de Nubia (ahora en el Museo de Turin), no tienen gran interés desde el punto de vista histórico de la Cartografía.

**PRIMEROS MAPAS CHINOS.** — En Cartografía, como en tantas otras disciplinas, los chinos han progresado con tal independencia del Occidente, que más parecen habitantes de otro planeta. La Cartografía floreció en China cuando en Europa balbuceaba, allá por la Edad Media.

Ya contaba China con mapas de todo el país cuando los primeros europeos visitaron aquel inmenso territorio. Desde los tiempos más remotos, uno de los cometidos de los gobernadores y prefectos era el de preparar una completa descripción geográfica de sus correspondientes demarcaciones, con ríos, lagos, etc., acompañada en general de mapas. En muchas ciudades chinas se encuentran mapas de tal época. Todo este material cartográfico ha sido examinado de manera muy superficial, y son de esperar importantes descubrimientos cuando se haya estudiado a fondo.

La primera referencia que se hace en la literatura china a un mapa data del año 227 a. de J. C. Después de inventarse el papel (unos 100 años después de Jesucristo) se hicieron mapas locales en todas partes del Celeste Imperio.

Pei Hsiu, que vivió entre el 224 y el 273 de esta era, es el verdadero padre de la cartografía china; la coordinación que hizo de muchos mapas locales no ha perdurado hasta nuestros días, pero sí el texto que la acompañaba. En este trabajo sienta Pei Hsiu ciertos principios cartográficos, como son:

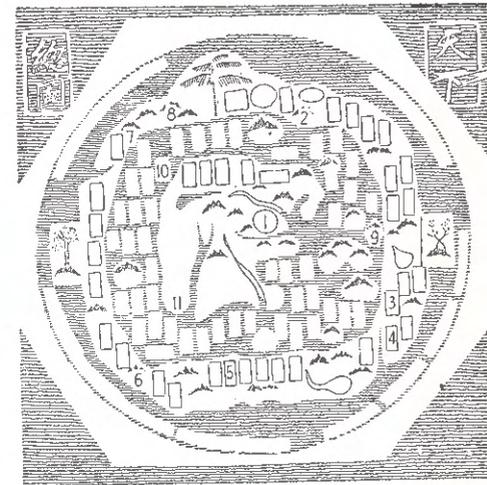


FIG. 5. — Mapa antiguo que representa a China como imperio central, y todos los demás países como pequeñas islas a su alrededor. — 1. China; 2. Montaña del Origen del Hombre; 3. País de los hombres superiores; 4. País de las mujeres; 5. País de la vida difícil; 6. Montaña del Espíritu del fuego; 7. Gran montaña periférica; 8. Montaña blanca; 9. Punsang (¿ América? ); 10. País del pueblo blanco; 11. India.

1. Divisiones rectilíneas; cuadrícula para localizar los diversos lugares.
2. Orientación para indicar exactamente la dirección de uno a otro lugar.
3. Indicación precisa de distancias.
4. Indicación de las altitudes.
5. Anotación de los ángulos a derecha e izquierda o curvas de los caminos.

Es evidente que los mapas chinos alcanzaron, incluso en esta época primitiva, cierto nivel científico. En el empleo de la cuadrícula, o canevas, se adelantó Pei Hsiu a los cartógrafos de Occidente. Claro está que este canevas no puede compararse con nuestra red de meridianos y paralelos, pues los chinos concebían la Tierra como una superficie plana, con China en el centro.

Durante el periodo siguiente a Pei Hsiu, los cartógrafos chinos representaron todo el territorio desde Persia hasta el Japón. Es notable el mapa



FIG. 6. — El mapa chino más antiguo que se conoce es una placa de piedra grabada el año 1137 d. de J. C., basado probablemente en el mapa de Chia Tan del año 801. En este mapa se ve la Gran Muralla, que cruza el río Amarillo.

das la curva nordeste del río Amarillo (Hoang Ho) y la Gran Muralla de la China.

Bajo las dinastías se fue extendiendo el uso de los mapas, y cuando llegaron a China los jesuitas, en el siglo xvi, encontraron material suficiente

para hacer un excelente atlas del Imperio. Desde entonces, la cartografía china quedó influida por los métodos europeos; pero todavía muchos mapas actuales de regiones remotas de China están basados en datos y sistemas antiguos y no en mediciones instrumentales modernas.

## GRECIA

El principio de nuestro sistema actual cartográfico se ha atribuido por todos a los griegos, que llegaron a una altura, en la Antigüedad, no igualada después hasta entrado el siglo xvi. Los griegos admitieron la forma esférica de la Tierra, con sus polos, su ecuador y sus trópicos: introdujeron nuestro sistema de longitudes y latitudes, construyeron las primeras proyecciones y calcularon el tamaño de nuestro planeta.

GEÓGRAFOS JÓNICOS. — La mayor parte de la cartografía griega nos ha sido conocida por los escritos de Heródoto y de Estrabón, en los que se nos da noticia de los primeros geógrafos jónicos: Anaximandro de Mileto (611?-547? a. de J. C.), que hizo un mapa de «todo el ámbito de la Tierra con todos los mares y todos los ríos», y Hecateo (hacia el 500 a. de J. C.), de la misma ciudad, quien perfeccionó el mapa de su conciudadano y escribió una descripción sistemática del mundo, de la que se conservan pocos fragmentos y algunas anotaciones, bastantes para poder reconstruir su mapa con cierta aproximación. Hecateo consideraba la Tierra como un disco, a cuyo alrededor estaban las aguas de los océanos.

El mundo conocido por los griegos del siglo v a. de J. C. se extendía desde el río Indo al océano Atlántico, con un conocimiento más limitado de las regiones situadas al norte y al sur de esta faja; tenían una idea vaga del mar Caspio, no obstante sus relaciones con el Imperio persa. Sería del mayor interés encontrar algún mapa de aquella época realizado en Persia; del Imperio tan bien organizado de Cambises y Darío, salieron con toda seguridad muy buenos mapas.

Los geógrafos del v y principios del iv a. de J. C. afirmaban que el Ecumene (mundo habitable) era de forma más o menos oblonga, con el eje Este-Oeste de doble longitud que el Norte-Sur. Nuestros términos «longitud» y «latitud» son reminiscencias de este concepto.

En los comienzos del siglo iv a. de J. C., se introdujo una nueva idea: la esfericidad de la Tierra, pero sin que se sepa quién fue el primero en exponerla; probablemente se debe a Pitágoras o a Parménides. Esta idea no fue consecuencia de observaciones astronómicas tanto como de consideraciones filosóficas. La esfera era la más perfecta de todas las formas; por lo tanto, la Tierra, obra maestra de los dioses, debía ser una esfera. Estudios posteriores confirmaron esta hipótesis, hasta tal punto que, hacia el año 350

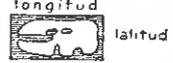
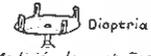
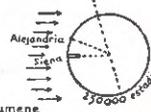
Influencia		Caldea	
Hannón: circunnavegación de Africa  GNOMON	600	Anaximanδρο (611-546) Acreditado con el primer mapa	TIERRA EN FORMA DE DISCO. 
Escilax de Carianda en la India	500	Hecateo: Geografía	
Viajes de Heródoto	400	Demócrito (450-360)	
Idea de la ESFERICIDAD y de las ZONAS Pitágoras (470?) - Aristóteles, DE LA TIERRA Eudemo: trópicos a 24° (384-322)	300	Dicearco (326-296)	Medición de montañas Geografía de Grecia 
Piteas: mide la latitud de Massilia, llega a las Islas Británicas, descubre a Tule	200	ERATÓSTENES (276-196)	Medición de la Tierra 
Alejandro Magno	100	Crates: Globo	Antípodas 
MAPA DE ERATÓSTENES 78000 estadios Paralelo de Tule P de Rodas P de Alejandria Trópico Ecuador	A. J.C.	Posidonio: Medición de la Tierra (130-50)	
Hipócrates - siete "climas" (Eudoxio?)	D. J.C.	Agripa: Mapa del Imperio	
HIPARCO (150) Sistema de long. y lat. de 360° Determ. de longitud Proyección cónica Astromabio	100	Estrabón: Geografía, libro fundamental, completado el año 19 d. de J.C.	
MAPA ROMANO	100	Pomponio Mela: Cosmografía	
MAPA DE PTOLOMEO	200	Pinux de Dionisio: Periégetas	
Pei Hsiu (224-273) Mapa del Imperio Chino (desaparecido) Principios de la Cartografía	300	MARINO de Tiro: Sistema de cartas geográficas (120)	
		PTOLOMEO (90-168) Geografía con 8000 nombres de lugar Atlas de 28 mapas Sistema planetario geocéntrico Proyecciones	
		Severo: Tablilla de Roma	
		Solino: Memorabilia	
		TABLAS DE PEVTINGER	

TABLA I. — Carta cronológica de la Antigüedad.

antes de J. C., pudo formular Aristóteles los seis argumentos que demostraban que la Tierra era realmente esférica. Se conoció y se midió exactamente la oblicuidad del eje de la Tierra: se establecieron los conceptos de ecuador, polos y trópicos y se dividió la superficie terrestre en zonas tórridas, templadas y frías, igual que hoy se divide.

Es digna de todo elogio la fe que los antiguos griegos tenían en la Ciencia aceptando la teoría, en aquel tiempo tan contraria al sentido común, de la esfericidad de la Tierra.

Los intrépidos navegantes griegos aumentaron los conocimientos prácticos de la Geografía: muy interesante es el viaje de Piteas de Massilia (Marsella), que fue el primer griego que se sabe llegara hasta las Islas Británicas. Allí oyó hablar de un país, a seis días al Norte, en el cual los tres elementos fundamentales, agua, tierra y fuego, perdían su propia individualidad y se mezclaban entre sí, poética descripción de la brumosa y helada costa de Noruega. Piteas llamó a este país «Tule», y durante 1.500 años figuró como la isla de Tule en casi todos los mapas del mundo.

ERATÓSTENES. — Eratóstenes de Cirene (276-196 a. de J. C.) estuvo al frente de la Biblioteca de Alejandría, la más notable institución de enseñanza de aquel tiempo. Empezó la tarea de medir la Tierra. Según la tradición, había un pozo en Siena (Asuan) a cuyo fondo sólo llegaban los rayos del sol del 20 al 22 de junio. Esto significa que Siena está situada en el trópico de Cáncer; como desde las mediciones de los egipcios se sabía que la distancia entre Siena y Alejandría era de 5.000 estadios, suponiendo que Alejandría estaba directamente al norte de Siena, todo lo que Eratóstenes tenía que hacer era medir el ángulo del sol a mediodía del 21 de junio.

Se encontró que la inclinación de los rayos solares respecto a la vertical en Alejandría era una cincuentava parte del círculo (unos 7°); por consiguiente, un meridiano de la Tierra había de medir cincuenta veces más, o sea

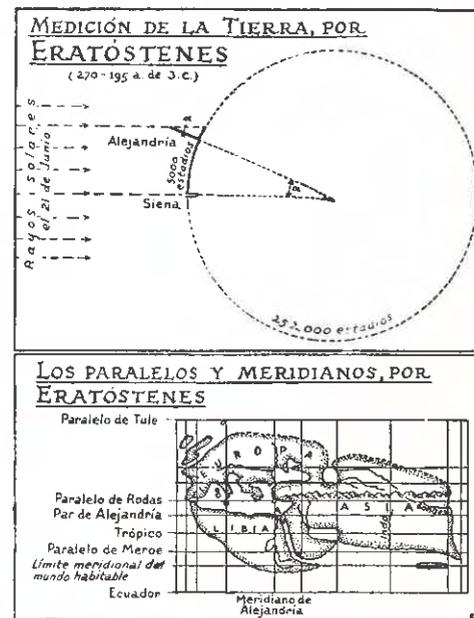


FIG. 7. — Eratóstenes midió la Tierra con un error de un 14 %. El mapa del Ecumene es una reconstrucción.

250.000 estadios (unos 45.000 km). Este resultado es de una gran precisión relativa (menor del 15 %), sobre todo teniendo en cuenta que Siena no está en el trópico de Cáncer, sino algo al norte, ni Alejandría está sobre el mismo meridiano que Siena, sino 3° al oeste de este último; tampoco la distancia era de 5.000 estadios, sino de 4.530; el ángulo tampoco fue medido correctamente, pero los cuatro errores se compensaron perfectamente.

Peores resultados se obtuvieron en la medida de la Tierra efectuada por Posidonio un siglo después. Éste utilizó la distancia entre Rodas y Alejandría y, para calcular la equivalencia en grados, tomó la altura de la estrella Canope. Sus determinaciones fueron probablemente más precisas que las de Eratóstenes; pero no se compensaron los errores, dando un resultado de 29.000 kilómetros para la circunferencia máxima terrestre, valor igual muy aproximadamente a las tres cuartas partes del verdadero. Mientras que 1 grado equivale a 700 estadios según Eratóstenes, según Posidonio equivale a 500 estadios solamente. Este último valor fue aceptado por Ptolomeo y legado a los cartógrafos del siglo xv. No es extraño que Colón tomase a América por Asia, puesto que había calculado en menos el tamaño de la Tierra; el hecho de que se llame *indios* a los nativos americanos de determinadas regiones puede que obedezca en último término a las mediciones erróneas de Posidonio.

Eratóstenes hizo también un mapamundi del mundo habitable, con siete paralelos y otros tantos meridianos; este mapa se ha perdido, pero ha sido descrito con suficiente detalle para poder reconstruirlo; en él se recoge toda la amplia información obtenida por Alejandro Magno y sus sucesores. La isla Taprobana, una Ceilán desplazada, aparece por primera vez en tal mapa y continúa después figurando en todos los mapas durante un milenio. El corte que presentan en el sur África y la India se debió al concepto erróneo que entonces se tenía de que las aguas ecuatoriales eran demasiado calientes para ser navegables.

El astrónomo Hiparco refutó la red irregular de Eratóstenes y propuso otro sistema de paralelos y meridianos con intervalos iguales. En los mapas propuestos por Hiparco dividió el mundo habitable por 11 paralelos a distancias iguales, cuya situación describió detalladamente. Para medir la longitud propuso que se hicieran observaciones simultáneas de los eclipses de Luna. Verdaderamente, este método era muy ingenioso, pero en aquella época poco se aplicó en la práctica.

Las mediciones diferentes de la Tierra dieron lugar a un problema curioso: las dimensiones atribuidas al Ecumene eran demasiado reducidas para cubrir tan inmensa esfera; apenas si ocupaba su cuarta parte. La idea de un mundo tan desequilibrado era contraria al sentido griego de la simetría. Crates resolvió el problema sobre su globo terráqueo dibujando tres continentes más que sirvieran de contrapeso (anticipo de las dos Américas y de

Australia). Así nació el concepto de los Antípodas, o gran continente del Sur, la *Terra Australis*. Hubieron de transcurrir 1.700 años para que este legendario continente quedara reducido a la Antártida.

PTOLOMEO. — El apogeo de la cartografía griega está unido al nombre de Claudio Ptolomeo de Alejandría (90 a 168 d. de J. C.). Muy poco se sabe acerca de su persona, pero su obra ha tenido sobre la cartografía y sobre la Geografía en general más trascendencia que ninguna otra. Fundamentalmente astrónomo y matemático mostró escaso interés por los problemas prácticos y humanos de la Geografía. Su famosa *Geographia* se compone de ocho volúmenes, el primero de los cuales está dedicado más que nada a principios teóricos, con un tratado sobre construcción de globos y la técnica de proyección de mapas. Los libros II a VII contienen una relación de unos 8.000 nombres de lugares con latitudes y longitudes para determinar su posición. Muy pocas de estas situaciones estaban calculadas por observaciones o deducidas científicamente: las coordenadas habían sido, desde luego, tomadas de mapas anteriores. El volumen más importante es el VIII, que contiene el estudio sobre los principios de la Cartografía, de la Geografía matemática, de las proyecciones y de los métodos de observación astronómica. También contiene instrucciones detalladas sobre la manera de construir un mapamundi. Describe dos proyecciones, modificaciones ambas de la proyección cónica. El texto de la *Geographia* de Ptolomeo iba acompañado, en la mayor parte de los manuscritos, de un mapamundi y de 26 mapas detallados. No se sabe si los preparó el mismo Ptolomeo, pero en su forma original proceden de los tiempos clásicos y constituyen el primer atlas universal. El mapa de Ptolomeo que conocemos actualmente fue sin duda alguna aumentado después y, según Bagrow, es obra de los bizantinos del siglo XI.

En la figura 9 vemos el mapamundi de Ptolomeo: los grados de latitud y de longitud están indicados por una escala en uno de los lados y el sistema de «climas» en el otro. Los «climas» son paralelos que dan la duración creciente del día más largo a contar desde el ecuador (12 horas) hasta el círculo polar ártico (42 horas). El mundo conocido por Ptolomeo abarcaba 180° de longitud desde un meridiano inicial (0°) que pasaba por las islas

## EL GLOBO DE CRATES



FIG. 8. — Reconstrucción del Globo de Crates, con los continentes de contrapeso o compensación.

Afortunadas (¡islas Canarias?) hasta China (Sérica, el «Pais de la Seda»). El mapa está orientado al Norte, y en él están indicados el ecuador y los trópicos, estando representada la latitud de los trópicos por  $23^{\circ} 51'$ .

A nosotros, acostumbrados a mapas exactamente levantados y calculados, podrá parecernos un tanto tosca la obra de Ptolomeo, pero si se consideran las dificultades y las limitaciones de los viajes en la Antigüedad, no

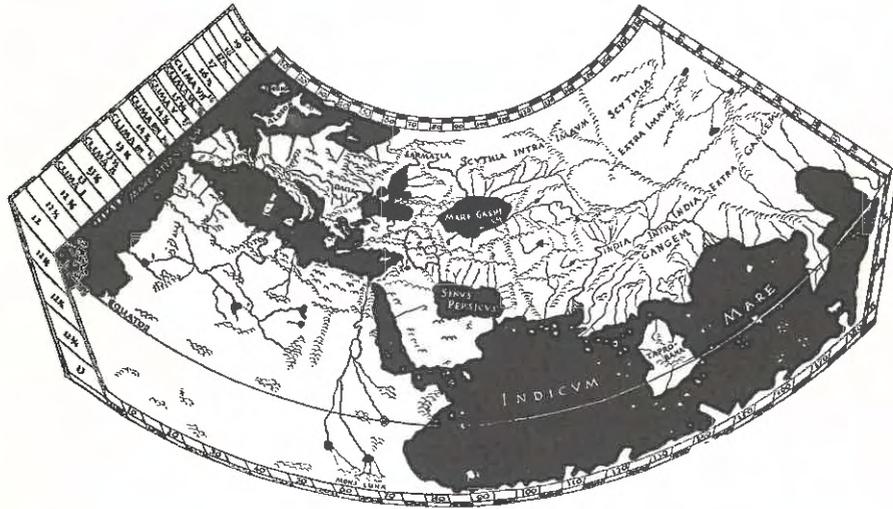


FIG. 9.—El mapa de Ptolomeo representa el compendio de toda la cartografía griega. Nótese la proyección cónica y el sistema de «climas» (duración del día más largo).

podemos por menos de admirar el genio de los griegos. El mapa de Ptolomeo presenta sus mayores errores en las partes oriental y meridional: por ejemplo, la península del Decán está reducida casi hasta desaparecer, mientras que Ceilán («Taprobana») presenta un tamaño mucho mayor del real: la forma de África ofrece una gran particularidad; hasta el ecuador, desde la parte Norte, es bastante exacta, pero a partir de esta línea, en vez de ir contrayéndose hasta un punto se ensancha a uno y otro lado; hacia el Oeste termina bruscamente el mapa, pero hacia el Este África se une con Asia, figurando así el océano Índico como un gran lago cerrado. No se sabe a qué atribuir esta errónea representación. Muy probablemente esta idea equivocada contribuyó en gran parte al retraso en el intento de llegar al Asia bordeando las costas de África.

Pero el error más importante de Ptolomeo fue el haber apreciado muy por bajo el valor de las dimensiones de la Tierra, error que reforzó la creencia de Colón de que podría llegar a Asia navegando hacia el Oeste.

Admitiendo la equivalencia de Posidonio ( $1^{\circ} = 500$  estadios), y aplicándola a las medidas de distancia de que disponía, dedujo, como hemos visto, que Europa y Asia se extendían sobre la mitad de toda la longitud terrestre, cuando en realidad sólo cubren unos  $130^{\circ}$ . Del mismo modo, la longitud del Mediterráneo aparece como de  $62^{\circ}$ , siendo en realidad sólo de  $42^{\circ}$ . Aunque los geógrafos árabes y los cartógrafos marinos del siglo XIII corrigieron esta deformación, continuó figurando en la cartografía europea hasta 1700.

Ptolomeo marca el punto culminante de la cartografía del mundo antiguo; le sigue una época de decadencia continua. Aun cuando la *Geographia* siguió estudiándose y aplicándose en el mundo árabe desapareció en Europa Occidental y no se volvió a hacer uso de ella hasta el siglo XV. Resultado de ello fue que la civilización latinogermánica de la Edad Media se vio obligada a depender en sus conocimientos geográficos de una fuente inferior, la tradición de la cartografía romana.

#### LA CARTOGRAFÍA ROMANA

La profunda diferencia existente entre las mentalidades romana y griega se refleja con claridad inusitada en sus mapas. Los romanos no practicaban la geografía matemática, con su sistema de longitudes y latitudes, las mediciones astronómicas y los problemas de las proyecciones. Ellos necesitaban un mapa de índole práctica para fines militares y administrativos. Despreciando las proyecciones, ya tan perfectas, de los griegos, volvieron al antiguo mapa de disco de los geógrafos jónicos, como más adecuado a sus propósitos.

Dentro de esta forma redonda situaron los cartógrafos romanos su «Orbis Terrarum», el mundo entero. Los tres grandes continentes aparecen dispuestos más o menos simétricamente, con Asia al Este, en la parte superior del mapa (de ahí la palabra «orientación»); el realce que se da a Roma se aprecia en la forma ensanchada de Italia, gracias a lo cual se hizo posible representar las provin-

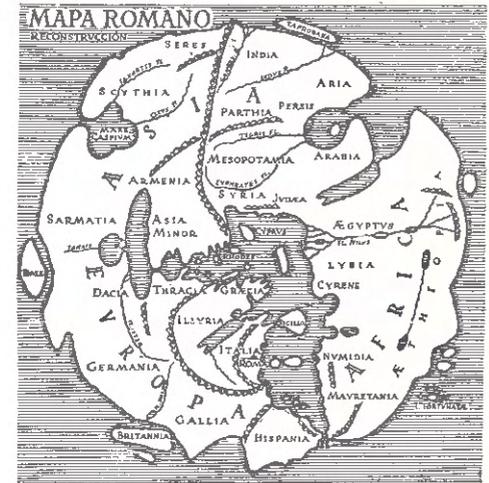


FIG. 10.—El «Orbis Terrarum» de los romanos. Obsérvese que la casi totalidad de la Tierra forma parte del Imperio romano, como en los mapas chinos (fig. 5) la parte principal era China.

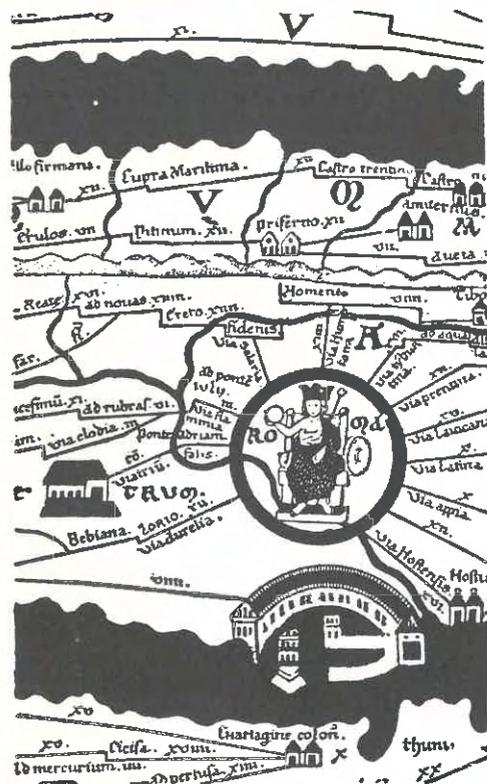


FIG. 11. — En la Tabla de Peutinger se pueden ver las rutas universales en un rollo de pergamino de más de 6 metros de longitud por sólo 30 centímetros de anchura. La franja negra inferior representa el mar Mediterráneo, y la superior el Adriático.

da «Tabla de Peutinger» (fig. 11), que, aun cuando es una copia hecha por un monje en el siglo XII, parece un duplicado exacto de un original del siglo IV, probablemente debido a un tal Castorio. La Tabla de Peutinger no es un mapa en el sentido estricto de la palabra, sino más bien un cartograma representativo de las rutas imperiales, trazadas sobre un esquema excesivamente alargado, del mundo conocido entonces (6,5 m. de largo por 30 cm. de ancho). En esta especie de mapa no se ha pretendido representar el mundo, ni siquiera sus partes principales, en proporción verdadera. Es, simplemente, un resumen gráfico de distancias y de puestos militares de todo el Imperio, dibujado en un pergamino de tamaño conveniente y con gran

ricas italianas a escala bastante grande. Además, este mapa está dedicado exclusivamente al Imperio romano. La India, China («Seres»), Escitia y casi las cuatro quintas partes de Sarmacia (Rusia) están reducidas a pequeñas regiones periféricas. Es curioso recordar, a este respecto, que casi todos los mapas chinos de la misma época representan a China ocupando la mayor parte del mundo, y el resto agrupado a su alrededor como enjambre de islas sin importancia (véase figura 5).

Así era el mapamundi romano. Al menos así ha sido reconstruido, ya que no se conserva ninguno original; pero podemos tener cierta confianza en esta reproducción, basada en datos de los mapamundis medievales, hechos, según parece, sobre originales romanos. También se dispone de buenas y extensas descripciones literales por grandes geógrafos clásicos, como Estrabón y Pomponio Mela, que aseveran tal reproducción.

Se conserva una muestra de la cartografía romana, la llama-

riqueza de detalles. Contiene los nombres de más de 5.000 lugares geográficos, y ha servido en gran manera como una de las principales fuentes de nuestros conocimientos sobre la geografía romana.



FIG. 12. — En el año 776, San Beato adaptó el mapa romano a la Teología cristiana. Nótese la gran extensión de Tierra Santa y del Paraíso, con sus cuatro ríos. Los límites de la tierra firme están simplificados, para dar al mapa un aspecto más regular y más decorativo.

## LA EDAD MEDIA

Completamente penetrado del sentido cristiano de lo sobrenatural, el cartógrafo medieval no representó al mundo tal como es en la realidad. En vez de ello, interpretó su propio pensamiento, concentrado en una idea expresionista y simbólica de profundo significado artístico. Para el contenido puramente geográfico de sus mapas volvió a utilizar el mapamundi circular, el Orbis Terrarum de los romanos, pero con tales modificaciones que perdió su exactitud geográfica. A principios del siglo IV, cristianizado por el gran padre de la Iglesia, San Jerónimo, hizo este mismo un mapa en el que aparecía la Tierra Santa con proporciones mucho mayores de las reales. En el siglo VIII, un monje español, llamado Beato, realizó una versión muy interesante del mapa romano; pero los amanuenses que después lo copiaron guardaron poco respeto a la representación estrictamente geográfica; hasta la forma oval del mapa aparecía a veces convertida en un rectángulo o en un círculo.

El mapamundi típico de la Edad Media siguió siendo un disco, como para los romanos: en su forma más esquemática se le conocía con el nombre de «mapa de la T en la O» (Orbis Terrarum), o con el de «mapa de rueda». En este esquema solía ocupar Asia la mitad superior de la O, con Europa

y África a medias en la parte inferior (fig. 13). Jerusalén estaba, de ordinario, en el centro del círculo, según el texto bíblico: «Esta es Jerusalén; en medio de las naciones la puse, y sus tierras alrededor de ella». Nada pudo satisfacer más el espíritu religioso de la época que esta armonía divina expuesta en el mapa de rueda: Dios creó el mundo, no sólo con perfecta simetría, sino con la forma del monograma latino de su nombre.

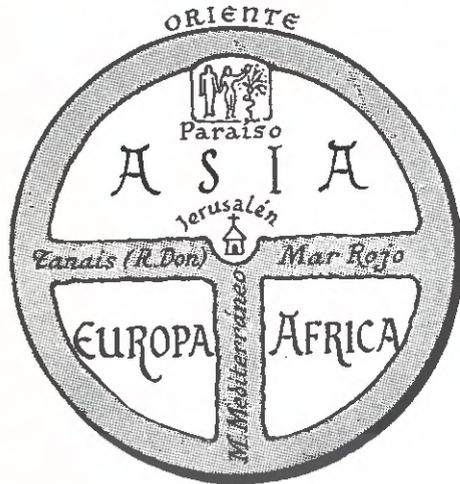


FIG. 13. — La perfección (cualidad divina) y la simplicidad del mapa T en O (Orbis Terrarum) impresionó vivamente la mentalidad de los hombres de la Edad Media.

También existió en la Edad Media otro tipo de mapas, fundado en la idea de la forma esférica de la Tierra; aunque estos mapas sólo se conservaron en forma de cartogramas simplificados (como los llamados «mapas de Macrobio»), tienen una gran importancia, porque mantuvieron vivo el conocimiento de la superficie terrestre y la división en zonas ideadas por los griegos (véase tabla II).

En la Edad Media, se produjeron mapas en gran cantidad desde el siglo VII hasta mediados del xv. Hasta ahora van descubiertos más de 600. Casi todos son muy sencillos, y muchos contienen muy poco más del clásico «T en O».

Pero en cambio hay algunos mapas medievales, que han llegado hasta nuestros días, con una riqueza de detalles realmente deslumbradora. Los dos mejores ejemplares son los mapas de Hereford y de Ebsdorf, hechos los dos a fines del siglo xv, época en que el estilo gótico campeaba en la cumbre de la Arquitectura.

MAPAS DE HEREFORD Y DE EBSDORF. — El detalle que más impresiona de estos mapas es, quizá, su tamaño: el mapamundi de Hereford tiene más de 1,5 m. de diámetro, y el de Ebsdorf, más de 4 m. Los dos están hechos a base del simbolismo cristiano: en el de Hereford, la figura de Jesucristo ocupa la parte alta del disco, con toda la majestad de su divinidad en el día del Juicio; el Paraíso terrenal está en el Este, y todo el mapa está ricamente decorado con iconografía cristiana, además de dibujos con el arca de Noé, la torre de Babel, etc.; pero también había otras ilustraciones no bíblicas: por ejemplo, las partes más lejanas, sobre todo una tira estrecha de tierra alrededor del borde meridional de África (rotulada equi-

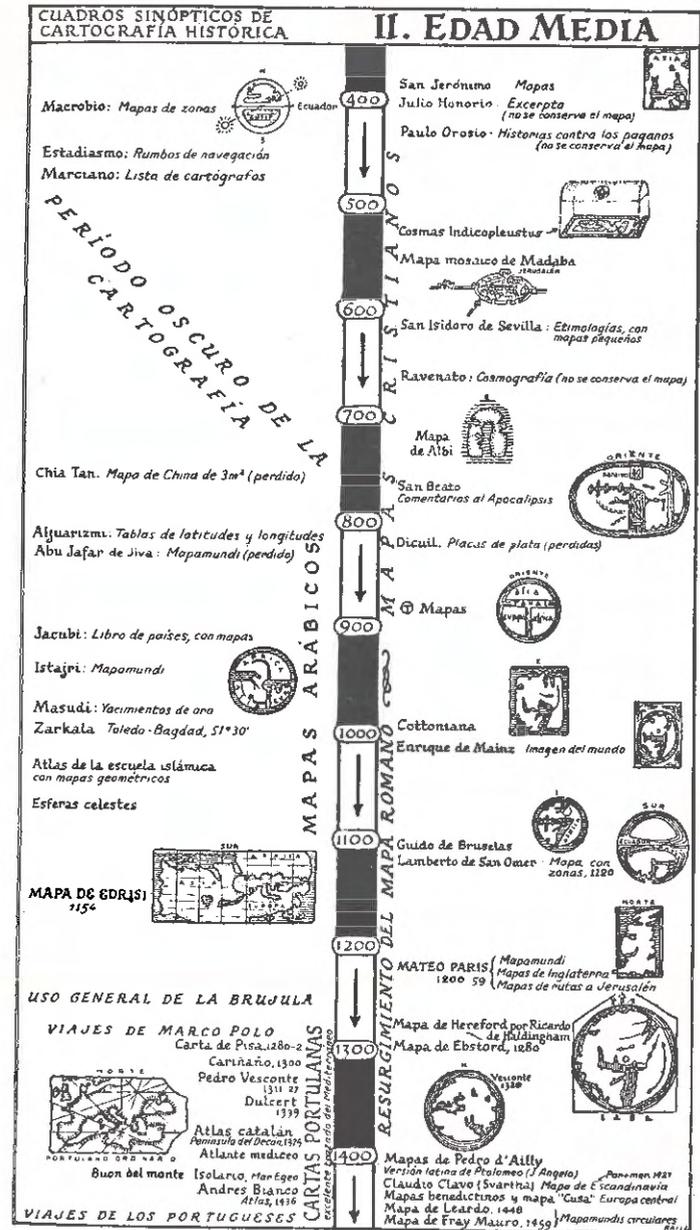


TABLA II. — Carta cronológica de la Edad Media.

vocadamente por el cartógrafo con el nombre de Europa), estaba llena de sátiros, grifos y otros monstruos, como la fantástica figura de un hombre que está protegiendo el único ojo de su cara con un enorme pie (el único que tiene) mantenido en el aire. El mapa de Ebsdorf varía algo el simbolismo general: el mundo está representado como el cuerpo de Cristo, cuya cabeza, manos y pies sobresalían fuera del marco circular del mapa.

MATEO PARIS. — Es muy cierto que aun en estos acabados monumentos cartográficos medievales no se hizo otra cosa que perpetuar los conocimientos geográficos de los romanos. Ahora bien, desde el siglo XIII empezaron estos mapas a presentar informaciones geográficas nuevas. El mapa de Hereford representa de modo totalmente erróneo a Inglaterra, y, sin embargo, un cartógrafo anterior, el historiador inglés Mateo Paris había ya dibujado un mapa de la Gran Bretaña, cuyo contorno general y la situación de sus distintas poblaciones se reconocían perfectamente (véase tabla II). Además de ser una de las obras más perfectas del arte cartográfico en los albores de la Edad Media, el mapa de Mateo Paris señala la aparición de un nuevo interés por la representación verídica del mundo tal y como es. Este interés, adormecido durante casi un milenio, empezó con moderación, pero creció después de modo impetuoso, como veremos a continuación.

LA CARTOGRAFÍA ÁRABE. — Durante la época en que la cartografía occidental era poco más que una ilustración decorativa de textos teológicos, el mundo musulmán recogió y sobrepasó la tradición de la antigüedad clásica. No debe sorprendernos que los árabes, con tan grandes dotes para la Astronomía, las Matemáticas y la Geometría en particular, hayan sido también hábiles geógrafos y cartógrafos. Hasta su precepto religioso de visitar la Meca favoreció el conocimiento de la situación de muchos lugares. Además, conservaban el texto de la *Geographia* de Ptolomeo, desaparecido en el Occidente.

Los principales resultados logrados por los geógrafos árabes fueron obtenidos siguiendo las directrices trazadas por los griegos. Empleando los métodos antiguos calcularon de nuevo la longitud de un grado, hallando un valor muy aproximado. Construyeron esferas celestes y estudiaron las proyecciones. Los mapas los utilizaban de modo regular para la enseñanza de la Geografía en sus

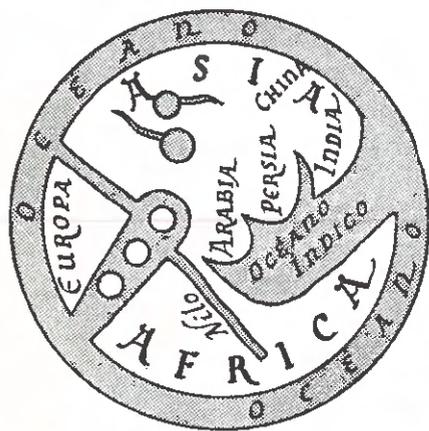


FIG 14. — Cartogramas utilizados en sus mapas escolares por los árabes en la Edad Media.

escuelas. En estos mapas se observa la tendencia a forzar los contornos, reduciéndolos a formas geométricas y deformándolos a veces de tal modo que no es posible identificar algunos de ellos.

EL MAPA DE EDRISI. — La obra más importante de la cartografía árabe fue el mapamundi de Edrisi, confeccionado en 1154, en la corte de Roger II, el rey normando de Sicilia. Bajo la ilustre protección de este rey, pudo Edrisi estudiar en las fuentes musulmanas y en las cristianas. El mapa estaba basado en una tosca proyección rectangular. La parte ocupada por Asia contiene muchos detalles. Los mares Caspio y de Aral aparecen perfectamente representados, y no con la deformación de los mapas antiguos. En la forma de África se observa la influencia de Ptolomeo, pero ya África y China no están unidas. El mapa está orientado con el Sur arriba, detalle característico de los mapas islámicos.

#### LAS CARTAS PORTULANAS

Al mismo tiempo que los cartógrafos eclesiásticos representaban un mundo imaginario, apareció un nuevo tipo de mapa que sobrepasaba en exactitud a todos los anteriores. Este grupo de mapas, llamados «cartas portulanas», parece que fue ideado por los almirantes y capitanes de la flota genovesa en la segunda mitad del siglo XIII. El ejemplar más antiguo que se conserva, el llamado «Carta de Pisa», es todavía relativamente imperfecto, pero hacia el 1300 los mapas se perfeccionaron de tal modo que continuaron sin alteración durante los tres siglos siguientes. Todavía en 1620 se utilizaban estos mapas para la navegación por el Mediterráneo; aun no se sabe concretamente el origen de las cartas portulanas, pero es indudable que estaban basadas en mediciones hechas con brújula, instrumento cuyo uso se generalizó por esta época.

Se conservan muchas cartas portulanas, sobre todo del siglo XVI. Casi todas están hechas sobre piel de oveja, y representan sobre poco más o menos la misma zona: el mar Mediterráneo y el mar Negro con toda exactitud, y el océano Atlántico, hasta Irlanda, de modo muy deficiente. Estos mapas están orientados al norte magnético, que en aquella época se encontraba de 10 a 11° al oeste del Norte verdadero. La rotulación se reduce a los puertos, los cabos y otros detalles de las costas. Las superficies continentales aparecen en blanco o adornadas con escudos de armas, banderas y retratos de reyes; a veces están representados algunos ríos y ciertas ciudades del interior con una precisión en general no muy superior a la de los mapas llamados eclesiásticos. El detalle más característico de los mapas portulanos es el minucioso sistema de rosas de los vientos y de rumbos (dirección de la brújula), que se entremezclan por sobre todo el mapa. Ge-

neralmente hay una o dos rosas centrales, rodeada cada una por otras dieciséis, de las que parten treinta y dos líneas radiales de diferentes colores. Estas rosas parece que fueron dibujadas después de terminado el

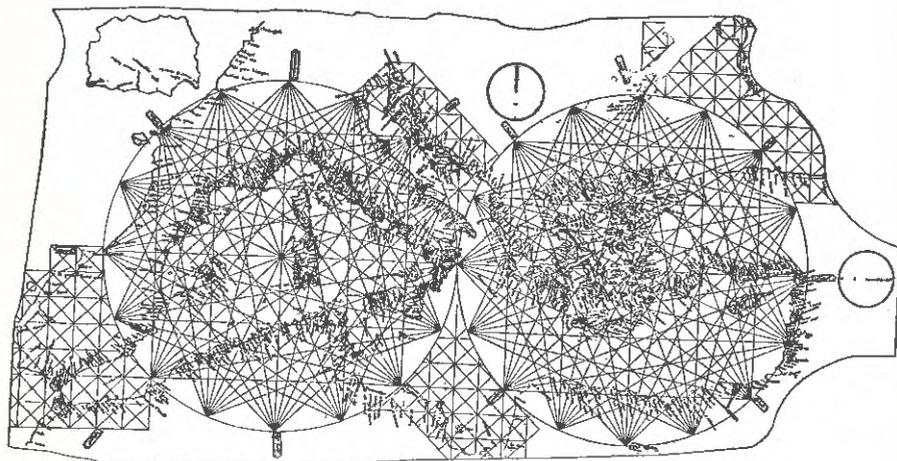


FIG. 15. — Los mapas portulanos representan el non plus ultra de la cartografía medieval. Su exactitud contrasta con los fantásticos mapas de la Edad Media.

mapa, con la intención indudable de ayudar al navegante en el establecimiento de su derrota, pero no sabemos si realmente fueron de resultado práctico apreciable.

EL ATLAS CATALÁN. — La fama de las cartas portulanas alcanzó su cumbre con la obra de una familia de judíos catalanes que vivió en Mallorca a fines del siglo XIV. El atlas catalán de 1375 difiere de los mapas portulanos ordinarios en que su alcance mayor los convierte en una especie de mapamundi. Según el texto de Marco Polo, representa el Asia Oriental, la península del Decán y el océano Índico mucho mejor que todos los mapas anteriores. Este atlas fue confeccionado para ofrecerlo al rey Carlos V de Francia, y constituye hoy uno de los más valiosos tesoros de la Biblioteca Nacional de París.

Los siglos XV y XVI son considerados generalmente como la época de la decadencia en los mapas portulanos. Sin embargo, se conservan muchos mapas muy vistosos, sobre todo los de la Escuela siciliana de Olives y Homem.

## CAPÍTULO II

### LA CARTOGRAFÍA EN EL RENACIMIENTO

Nunca, a lo largo de la Historia, cambió tanto la idea del hombre sobre la Tierra como hacia el año 1500. Comparemos los mapamundis circulares que aún se hacían a mediados del siglo XV con el casi moderno mapa de Ribero (1529) y veremos un mundo diferente. ¿A qué se debió este cambio?

LA VUELTA A PTOLOMEO. — Al renacimiento de la Cartografía contribuyeron tres hechos importantes. El primero de ellos fue el nuevo hallazgo de la *Geographia* de Ptolomeo, traducida al latín alrededor de 1405, debido al esfuerzo de los humanistas italianos para recuperar cuanto fuera posible de la herencia legada por los griegos y romanos. Es cierto que la *Geographia* de Ptolomeo nunca estuvo perdida del todo: había sido conservada por los árabes y por medio de éstos se fue introduciendo en Occidente durante la Edad Media. Pero la recuperación de la obra completa, sobre todo de los mapas, dio un gran impulso a la Cartografía. En todo el siglo XV fue copiada en numerosos manuscritos magníficos; en el último cuarto del siglo XV se publicaron muchas ediciones impresas que comprendían mapas grabados en madera o en cobre. Claro está que estas copias son más numerosas que las manuscritas.

LOS ERRORES DEL MAPA DE PTOLOMEO. — Tal era la autoridad y el prestigio de esta obra clásica recién recuperada, que los cartógrafos *de salón* estaban dispuestos a desechar gran parte de la información, tan digna de crédito, con que se había enriquecido desde la Antigüedad el mapamundi. La forma alargada que Ptolomeo asignó al Mediterráneo y que, como ya hemos visto, contribuyó a que se calculase por bajo la longitud del grado, amenazó con dar de lado el trazado correcto de los mapas portulanos. La deformación del mapa de Ptolomeo se reprodujo en la mayoría de los del siglo XVI. Mercator redujo su longitud a 53°, y más tarde fue corregido aún este valor por el célebre astrónomo Képler, en 1630. Hasta el mapa de Delisle publicado en 1700, no aparece el Mediterráneo en su verdadera longitud de 42°.

CUADRO SINÓPTICO DE CARTOGRAFÍA HISTÓRICA		3. R E N A		C I M I E N T O			
INVENTOS Y DESCUBRIMIENTOS		ITALIA, ESPAÑA, PORTUGAL		ALEMANIA, PAÍSES BAJOS		OTROS PAÍSES	
1470	GRABADO E IMPRENTA	Toscaneli. <i>Mapamundi (desaparecido)</i>	Ptolomeo en cobre, Bolonia, 1477	Nicolás Germano introduce la proyección trapezoidal (Donis) y agrega mapas modernos a su Ptolomeo Italia, 1466-82			1470
80		Bartolomé de Sonetti. <i>Isolario en xilografías, en verso, 1471</i>	PTOLEMEUS ROMA, 1478 grabado al cobre	Ptolomeo de Ulm. <i>N. Germano. Grabados en madera, 1482-86</i>			80
90	Descubrimiento de AMÉRICA	F. Berlinghieri. <i>Ptolomeo italiano en verso, 1478</i>		Versión de Eichstätt y Marcelo del mapa "Cusa" de la Europa Central, 1490			90
1500	Descubrimiento de la ruta a la INDIA	JUAN DE LA COSA - 1500	Ptolomeus Roma, 1590	Marcelo Germano. <i>Mapamundi, incluyendo los descubrimientos portugueses</i>			1500
10	Albuquerque llega a la India	Ganimo. <i>Mapamundi, 1502</i>		GLOBO de BEHAIM: Primer globo terráqueo detallado, basado en Ptolomeo			10
20	Viaje de MAGALLANES	Canerio. " 1506		Etzlaub. <i>Mapa de Alemania, con caminos, 1492 y 1501 etc.</i>			20
30	GEMMA FRISIUS: Triangulación	Pedro Reinel. <i>Cartas</i>		J. Ruysh. <i>Mapamundi, 1508</i>			30
40	J. Fernel. <i>Longitud de arco</i>	Diego Ribero - 1527	FRANCIA	WALDSEEMÜLLER: <i>Mapa mural de Europa, 1511</i>			40
1550	Copérnico. <i>Sistema solar</i>	H. Verrazano. <i>Mapamundi, 1530</i>	Oroncio Fineo: <i>Cosmografía. Mapamundi: escuela de Diego Esti. decorativo, portulano</i>	Carta marina, 1516, 12 hojas			1550
60	Cartier llega al río San Lorenzo	Juan de Castro. <i>Cartas de puertos</i>	Desiderius. <i>Mapamundi, 1541</i>	J. Schöner: <i>Globos de 1515 y 1529, con la Terra Australis</i>			60
70	Copérnico. <i>Sistema solar</i>	ALONSO DE SANTA CRUZ. <i>Mapas de América, 1541, etc.</i>	P. de Deodolero. <i>Mapamundi, Villand., Atlas, 1547</i>	Pedro APIANO: <i>Cosmografía, 1524</i>			70
80	Digges Teodolito, 1570	Ptolomeo de Venecia con el Asia de GASTALDI, 1548	Escuela de Anvers: <i>escuela de Diego Esti. decorativo, portulano</i>	Jacobo de Deventer. <i>Países Bajos, 1536-39</i>			80
90	Viajes de DRAKE	Nicola. <i>Océano Atlántico, grabado por Forlani, Verona, 1560</i>	Guillotiere. <i>Francia</i>	Gerardo MERCATOR: <i>Mapamundi, 1536</i>			90
1600	Plancheta	Antonia. <i>Océano Atlántico, grabado por Forlani, Verona, 1560</i>	Guillotiere. <i>Francia</i>	Sebastián Münster: <i>Cosmografía, 1544</i>			1600
10	Viajes de Hudson	PEDRO DE MEDINA. <i>Mapas de España</i>	Guillotiere. <i>Francia</i>	Juan Honter: <i>Elementos de Cosmografía</i>			10
20	Viajes de Champlain	Bertelli. <i>Mapa de Gran Bretaña</i>	Guillotiere. <i>Francia</i>	Caspar Vopel. <i>Colonias; Globos, etc.</i>			20
30	Snellius. TRIANGULACIÓN	ATLAS de LAFRERI, Roma, 1556-72	Guillotiere. <i>Francia</i>	Mercurator: <i>Europa, 1554</i>			30
40	Viaje de Tasman	Ant. Mulo. <i>Venecia, Atlas</i>	Guillotiere. <i>Francia</i>	Diego Gutiérrez. <i>América, Amberes, 1562</i>			40
60	Los cosacos llegan a Ipkutsk	J. F. Camocio: <i>Atlas de 88 mapas (Guerras turcas), Venecia, 1571-76</i>	Guillotiere. <i>Francia</i>	Felipe Apiano. <i>Mapas de Baviera</i>			60
70	Reloj de péndulo	G. B. Ramusio: <i>Viajes y mapas, Venecia</i>	Guillotiere. <i>Francia</i>	Proyección Mercator. <i>Mapamundi, 1569</i>			70
80	PICARDI: <i>longitud de arco</i>	Rosaccio. <i>Il mondo, 1595</i>	Guillotiere. <i>Francia</i>	A. ORTELIO. <i>THEATRUM ORBIS TERRARUM, 1570</i>			80
90	Joliet y Marquette. <i>Mississippi</i>	Antonino Magini: <i>Atlas de Italia grabado por Arnaldi</i>	Guillotiere. <i>Francia</i>	Hogenberg: <i>Hofenagel</i>			90
1700	Newton: <i>Esférico</i>	B. Crescenzio. <i>Libros sobre cursos de navegación, etc., Mapas</i>	Guillotiere. <i>Francia</i>	Gerardo de Jode			1700

fl. = Flanecid

TABLA III. — Carta cronológica

EDICIONES DE PTOLOMEO (edición de 100 ediciones, la mayoría con edición de Tubinga Moderna)

EDAD DE ORO DE LA CARTOGRAFÍA HOLANDESA

ÚLTIMOS CARTOGRAFOS HOLANDESES: Familia Wesseler, 1641-1709, suc. por Pedro Schenk, 1640-1715. Familia De Wit. Familia Goos, 1646-1692. Danckertes, Allard y otros

ATLAS MARITIMOS

Van Keulen. 1682, etc. De Hooge. 1693, etc. De Wit. Atlas, 1675, 1688, etc. Se funda la Casa Homann, Nuremberg 1692 Atlas de Allard, 1693

Según Erwin Raisz, del Instituto de Exploración Geográfica de la Universidad de Harvard (Estados Unidos)

del Renacimiento.

Entre otros errores de Ptolomeo, que influyeron sobre los cartógrafos del Renacimiento, puede citarse el del trazado de un gran río que corría a través del Sahara. Téngase en cuenta, no obstante, que algunas veces estos errores de Ptolomeo llevaron a felices resultados; por ejemplo, se ha comprobado que su estimación del tamaño de la Tierra, muy inferior al verdadero, fue un factor decisivo en la convicción que tenía Colón de poder llegar fácilmente a Asia navegando hacia el Oeste.

LAS «TABULÆ MODERNÆ. — Finalmente, hay que reconocer que no todos los cartógrafos se conformaron con ser copistas serviles de Ptolomeo. Desde la primera aparición de los mapas de Ptolomeo, era evidente que necesitaban una modernización, o, como hoy se dice, una *puesta al día* de los mismos sobre todo en lo referente a los nombres de los lugares, que indudablemente habían cambiado en el transcurso de los siglos. Consecuencia de ello es la aparición de nuevos mapas, las llamadas *Tablas Modernas*, incluidas en muchos manuscritos como complemento de los mapas ordinarios de Ptolomeo. El primero de estos mapas nuevos fue uno de Escandinavia, trazado por un danés llamado Clavus, que había estado en Roma en 1425: aunque siguió el mapa de Ptolomeo en todo cuanto éste abarcaba, se salió de los límites del mapa clásico, representando a Noruega, Islandia y el sur de Groenlandia, países que había visitado personalmente. Esta fue la primera expansión del horizonte cartográfico más allá de los límites septentrionales del mundo antiguo.

Durante la siguiente generación (1425 a 1460 aproximadamente) se hicieron *Tablas Modernas* adicionales, en las que se representaba a España, Francia, Italia y Europa Central. Estas obras se reprodujeron frecuentemente sobre manuscritos de Ptolomeo, y también sirvieron de modelo a los primeros mapas impresos del Renacimiento. Puede decirse que se encuentran muy a la cabeza de la moda cartográfica científica.

LA IMPRENTA Y EL GRABADO. — El segundo hecho que impulsó el progreso de la Cartografía fue la invención de la imprenta y del grabado: hasta entonces todos los mapas tenían que dibujarse a mano, por lo cual resultaban caros y laboriosos. En algunos puntos, como Venecia, por ejemplo, hubo verdaderas fábricas de mapas, con una numerosa plantilla de dibujantes dedicados a copiar mapas; aun así y todo, su elevado coste limitaba su uso a las cortes reales, a las compañías de navegación y a algunas universidades. El hombre de clase media no tenía contacto casi ninguno en todo lo referente a mapas. De las apasionadas descripciones de los mapas a cargo de algunos escritores medievales se desprende que su confección era considerada como cosa poco menos que de milagro. Con la imprenta y el grabado podían hacerse miles de copias de una sola plancha, y el precio de los mapas bajó a una pequeñísima parte de lo que valían antes.

Los primeros mapas grabados lo fueron en madera, pero muy pronto fueron substituídos por los grabados en cobre, que mantuvieron su predominio universal durante más de trescientos años. Para preparar mapas de esta clase se grababan, sobre una plancha de cobre pulimentada, con un punzón o buril, las líneas y rótulos que constituían el mapa, pero en posición invertida, es decir, como si se vieran en un espejo. Frotando la plancha en un rodillo empapado en tinta, se hacía penetrar ésta en las ranuras y puntos; se limpiaba después la plancha y se prensaba contra la misma un papel ligeramente humedecido. El color se daba a mano. El grabado de mapas llegó a ser un negocio lucrativo, y los grandes establecimientos de Amsterdam y de Venecia empleaban centenares de operarios.

LOS GRANDES DESCUBRIMIENTOS. — El tercero, y quizá el más importante de todos cuantos hechos influyeron en el resurgimiento de la Cartografía, fue el de los grandes descubrimientos. Esta época, de tan grande trascendencia histórica, fue posible gracias a una serie de inventos; no sólo la brújula, que ya hemos mencionado, sino el perfeccionamiento de los barcos de vela, sobre todo el *karak* flamenco y la carabela portuguesa. Eran éstos barcos cubiertos, de tres mástiles, con las velas dispuestas en tal forma, que podían navegar incluso con viento contrario. En adelante no fue preciso bordear las costas como en las viejas galeras; tampoco hubo necesidad de llevar una gran cantidad de provisiones para los remeros, circunstancia que generalmente hacía difícil a las primeras galeras el navegar por mar libre más de una semana seguida. Las carabelas podían aprovisionarse para varios meses y podían navegar a la vela por los siete mares. En gran parte, esta mejora en la navegación hizo que en siglos siguientes el mundo conocido aumentara su extensión en más del doble, y este aumento dio lugar, a su vez, a los hechos más destacados de la Historia.

Los primeros descubrimientos importantes fueron llevados a cabo por los portugueses a lo largo de la costa occidental de África; los territorios descubiertos fueron representados en mapas sueltos en los atlas de aquel tiempo, del tipo portulano; también aparecen estos territorios en el globo terráqueo construido por Martín Behaim, de Nuremberg, en 1492, el globo más antiguo que se conoce. En este mismo año llegó Colón a algunas islas situadas a unos 70° al oeste de España; esto confirmó, aparentemente, la idea de Ptolomeo sobre una Tierra pequeña; en años siguientes, los hermanos Pinzón y el portugués Cabral encontraron extensos territorios a sólo 30° a 40° al oeste de España y al sur del ecuador, y Sebastián Cabot descubrió islas situadas a 45° al oeste de España, a la latitud de Inglaterra. Ninguno de estos descubrimientos figura en el globo de Behaim.

JUAN DE LA COSA. — Los cartógrafos de esta época procuraron cohenstar los descubrimientos de entonces con la concepción del mundo por Ptolomeo.

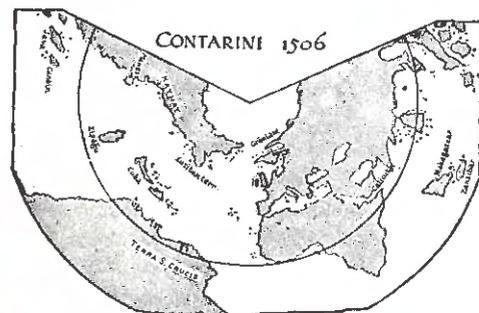
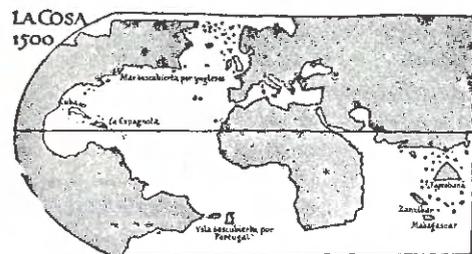


FIG. 16. — La concepción geográfica del mundo cambió más rápidamente en el primer cuarto del siglo XVI que en cualquier otra época anterior o posterior.

Waldseemüller el nombre de «América» a la gran isla meridional. En un folleto que acompañaba al mapa decía su autor: «No veo qué se puede opo-

ner a llamarle Americia, es decir, tierra de Americo, su descubridor, hombre de inteligencia bien despierta..., o América, ya que tanto Europa o Asia tienen nombres derivados de otros de mujeres». El nombre «América» no fue aceptado durante bastante tiempo, hasta que Apiano y Mercator llamaron así también a la parte septentrional de aquel continente.

Los cuatro mapas de la figura 16 muestran bien claramente la evolución en este sentido. El mapa de Juan de la Cosa es el más famoso de aquellos tiempos (1500). (Algunas autoridades cartográficas sostienen que este mapa es de fecha posterior.) Juan de la Cosa era, probablemente, un marinero enrolado en el segundo viaje de Colón, y no el propietario y piloto de la carabela *Santa María*, nave capitana del Almirante. En su mapa figuran la llegada de Cabral al Brasil, el viaje de Cabot al Canadá y la ruta a la India de Vasco de Gama.

EL MAPA DE WALDSEEMÜLLER. — El primer mapa en que aparecen las Américas, la del Norte y la del Sur, netamente separadas de Asia, lo confeccionó, en 1507, el cartógrafo alsaciano Martín Waldseemüller; es una magnífica obra (de 1,40 × 2,40 m. en doce hojas), muy detallado y presentada en un bello estilo del Renacimiento germánico. Excepción hecha de los nuevos descubrimientos, el mapa estaba basado en el de Ptolomeo, pero está hecho en una nueva e interesante proyección, parecida a la de Bonne. Característica importante de este mapa es que fue el primero en emplear la palabra «América»; impreso este mapa por cuenta del navegante florentino Americo Vespuccio, puso

ner a llamarle Americia, es decir, tierra de Americo, su descubridor, hombre de inteligencia bien despierta..., o América, ya que tanto Europa o Asia tienen nombres derivados de otros de mujeres». El nombre «América» no fue aceptado durante bastante tiempo, hasta que Apiano y Mercator llamaron así también a la parte septentrional de aquel continente.

DIEGO RIBERO. — El 8 de septiembre de 1522 llegó a Sevilla un barco muy deteriorado con dieciocho hombres a bordo. Grande fue el asombro del pueblo al saber que éstos eran los únicos supervivientes de la soberbia escuadra que, al mando del almirante Magallanes, había zarpado tres años antes, con el intento de dar la vuelta al mundo: el intento quedó realizado y ocasionó la caída del sistema geográfico de Ptolomeo: se situó América en el lugar preciso del Globo; se puso el estrecho de Magallanes, y se conoció la vasta inmensidad del océano Pacífico.

Uno de los mapas en que aparecía este nuevo concepto del mundo fue el de Diego Ribero (1529), portugués al servicio del rey de España, y como cosmógrafo real tuvo a su cargo mantener al día el Padrón Real (1), mapa general del Almirantazgo. El Padrón Real se ha perdido, pero el mapa de Ribero es una copia exacta; el contorno de las diferentes partes del mundo representado en el mapa es de una notable actualidad. Como todos los mapas españoles de aquella época, está hecho en el estilo tradicional portulano. Comparando este mapa con el de Juan de la Cosa, se observa un cambio en la concepción geográfica del mundo que no corre parejas con la Historia en periodo tan corto.

GLOBOS TERRÁQUEOS. — El primer globo terráqueo, que aún se conserva, es el hecho por Martín Behaim, de Nuremberg, ultimado en 1492, el mismo año del descubrimiento de América. En este globo no se ve rastro de América, y representa toda la geografía de Ptolomeo, con algunas adiciones basadas en los descubrimientos portugueses. Martín Behaim estuvo algún tiempo al servicio del rey de Portugal y tomó parte en algunos viajes al África Occidental. Su globo, de 50 cm. de diámetro, está artísticamente dibujado, con muchas notas descriptivas; el mar, al sur y al este de Asia, aparece sembrado de islas, que quedaban dentro de la región donde debía estar situada América. Este globo se conserva actualmente en el Museo Germánico de Nuremberg.

El más famoso constructor de globos de esta época fue Juan Schöner. también de Nuremberg. En dos de sus globos, hechos en los años 1515 y 1520, se ve un estrecho en Sudamérica, antes del viaje de Magallanes, pero esto no fue sino una hipótesis afortunada; además, en la parte meridional del estrecho, aparece una enorme Terra Australis, el gran continente que tan profusamente figuró en todos los mapas del siglo XVI. Sus globos

(1) En español en el original. — N. del T.

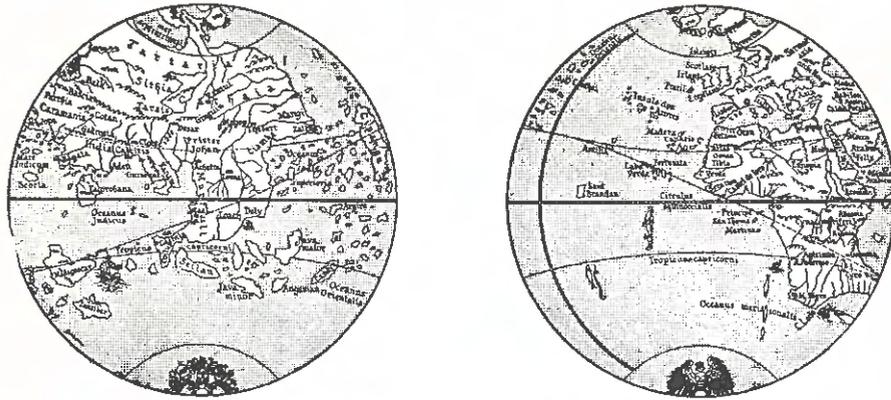


FIG. 17. — El globo terráqueo de Behaim, de 1492

se hicieron tan populares en este tiempo, que la postura favorita en los retratos de la época era la del hombre midiendo solemnemente con un gran compás un globo terráqueo, como se ve en la figura 19.

**LA ESCUELA ITALIANA.** — En la primera mitad del siglo XVI, los cartógrafos italianos fueron muy fecundos en mapas; en esa época llegó a lo más alto el Renacimiento italiano, y los artistas italianos figuraron en primer lugar en todas las artes, incluso en la Cartografía. Los primeros mapas de la Escuela italiana eran casi todos del estilo portulano con rumbos y rosas de los vientos; pero en los mapas y cartas posteriores se introdujeron proyecciones regulares. El más activo de los cartógrafos italianos fue el veneciano Bautista Agnese; sus mapas manuscritos, bellamente dibujados y colorados, se pueden contemplar en muchos museos europeos. Fue de los primeros en dibujar correctamente el contorno de la Baja California. El monumento cartográfico más importante de la época fue el atlas de Lafreri (Roma, 1556-1572), que contiene diversos mapas dibujados por los mejores cartógrafos de entonces, Gastaldi, Bertelli, Zaltieri, etc. Son tan escasos como caros los mapas de Lafreri.

Mucho se avanzó en la representación realista de las montañas. Son magníficos los mapas de Crescencio Sorte, de Brescia, en los cuales está dibujado el Piamonte a vista de pájaro.

**LA COSMOGRAFÍA.** — Entre los libros más populares del Renacimiento figuran las llamadas «Cosmografías», que no eran otra cosa que textos de Geografía, de Astronomía, de Historia Natural y de Ciencias Naturales, ordenados por regiones e ilustrados con mapas y figuras. Uno de los primeros y más populares de estos manuales fue la «Cosmografía» del primer Apiano. Pedro Apiano (1495-1554), cuyo nombre verdadero era Pedro Bie-

newitz, era profesor de Matemáticas en Ingolstadt, Baviera, y fue uno de los mejores cosmógrafos de su época; inventó la proyección estereográfica, que se conoce también con el nombre de «proyección de Apiano». Esta proyección, que consiste en paralelos horizontales y meridianos curvos, ha sido revivida en Alemania hace pocos años. La *Cosmografía* de Apiano apareció en 1524 y tardó muy poco en ser uno de los libros más populares de su clase. Se conocen por lo menos quince ediciones y ha sido traducida a cinco idiomas. Las últimas ediciones fueron ilustradas por Gemma Frisius, cosmógrafo holandés que introdujo los principios básicos de la triangulación.

Más voluminosa fue la *Cosmografía* de Sebastián Münster, publicada en Basilea, en 1544, y que constituyó la principal fuente de información durante medio siglo, no obstante estar grabados sus mapas burdamente en madera y abundar en su texto las leyendas fabulosas; pero tuvo gran importancia por la difusión de los conocimientos geográficos a que dio lugar.

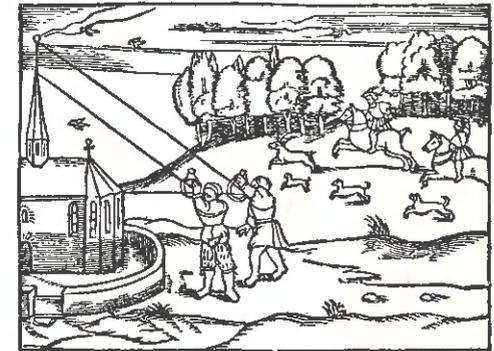


FIG. 18. — En los comienzos del Renacimiento se emplearon instrumentos para medir las tierras. (Grabado de la *Cosmografía* de Apiano, 1524).

#### LA ESCUELA HOLANDESA DE CARTOGRAFÍA

Situados entre tres grandes potencias de Europa (Francia, Inglaterra y Alemania) y dependientes de España, la mayor potencia marítima de la época, los pequeños Países Bajos eran la gran plaza del mercado de Europa. Por sus florecientes ciudades comerciales pasaban los mercaderes y los navegantes de todas las naciones, y los holandeses tenían así noticias fidedignas y recientes de todas las partes del mundo. Al siglo de lograr los Países Bajos su independencia, los holandeses se convirtieron a su vez en un pueblo navegante y colonizador. La situación central de los Países Bajos, la laboriosidad, el sentido artístico de sus naturales y su interés por las tierras lejanas, hicieron de los holandeses unos magníficos cartógrafos. En ningún otro período de la historia de la Cartografía encontramos una tan abundante producción de mapas de primera categoría como en la *edad de oro de la cartografía holandesa*, que empezó a mediados del siglo XVI y terminó cerca de un siglo después.

MERCATOR. — El padre de la cartografía holandesa es Gerardo Mercator (1512-1594), latinización de su verdadero nombre Gerhard Kremer. Estudió en la universidad de Lovaina, y uno de sus profesores fue Gemma Frisino, el cosmógrafo antes mencionado. Mercator construyó globos terráqueos e instrumentos en Duisburgo, y en esta época empezó a hacer mapas. Después se trasladó a Lovaina, donde fundó y dirigió uno de los establecimientos de Cartografía más importantes de aquel tiempo.

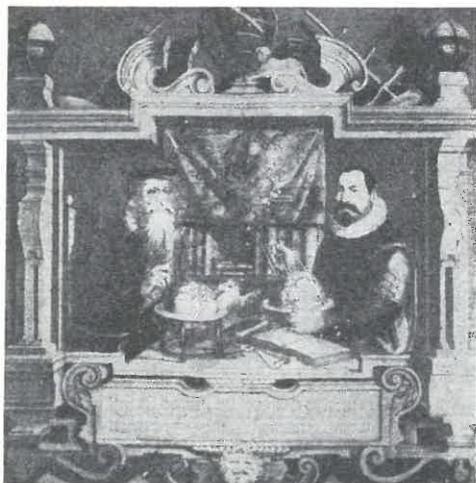


FIG. 19. — Mercator (a la izquierda) y Hondio figuran entre los principales cartógrafos del Renacimiento. La alidada que se ve en la parte superior de la figura servía para medir la latitud en el mar.

El principal mérito de Mercator fue el de liberar a la Cosmografía de la influencia de Ptolomeo. El material que utilizó lo recogió de todas las fuentes posibles: examinó con sentido crítico los más antiguos mapas, y estudió las crónicas de los navegantes y de los exploradores, y él mismo realizó numerosos viajes. Se hizo famoso por el mapa de Europa que hizo en 1554, en el cual redujo la longitud del mar Mediterráneo a 53°, corrigiendo así el mapa de Ptolomeo.

En la actualidad, Mercator es más conocido por la proyección que lleva su nombre, que consiste en un sistema de paralelos horizontales y meridianos verticales, en el cual la relación entre ambas clases de líneas sólo es cierta en algunas partes del mapa. Esta proyección es la única en la que son rectas las líneas correspondientes a rumbos magnéticos, por lo que son muy útiles en la navegación. Mercator ideó esta proyección para su gran mapamundi de 1569.

ORTELIO. — Mercator no publicó ningún atlas importante, pero impulsó a su amigo Abraham Ortelio, que dio a luz pública, en 1570, su *Theatrum Orbis Terrarum*. Esta obra está considerada como el primer atlas moderno del mundo, siendo su publicación anterior a la del igualmente famoso atlas italiano de Lafreri. Consta de 53 planchas grabadas en cobre, bellamente ejecutadas, con los colores dados a mano. Ortelio acompaña su atlas con un texto donde cita 87 geógrafos y cartógrafos de cuyos trabajos se sirvió para confeccionar su atlas. Índice del interés que despertaba esta publicación es que la edición de 1587 tenía ya 108 planchas y citaba a 137 geógrafos.

LOS SUCESORES DE MERCATOR. — El propio atlas de Mercator no fue publicado hasta 1595, después de su muerte, por su hijo Romualdo. Se hizo cargo de la dirección de sus publicaciones su yerno Hondio (1563-1611), cartógrafo de mucho renombre. Los métodos tradicionales de Mercator



FIG. 20. — El hemisferio occidental del *Theatrum Orbis Terrarum*, de Ortelio. Esta reproducción en tamaño reducido, da poca idea de la belleza del colorido original. Nótese la gran "Terra Australis".

(1596-1664). El *Nieuwe Atlas* de Janszoon tenía unas 400 planchas, maravillosamente grabadas y coloradas.

Sus obras sólo fueron sobrepasadas por el establecimiento rival de los Blaeu, en Amsterdam. El fundador de esta casa, Guillermo Janszoon Blaeu (1571-1638), fue un hombre de sólida formación científica, amigo de Tico Brahe, el gran astrónomo danés; se le concedió el título de «cartógrafo de la República» y se le confirió el derecho a examinar todos los archivos de la Marina, para utilizar sus datos en los mapas que preparaba. Su *Atlas Novus* de 1634 comprendía seis grandes volúmenes. Su obra fue continuada por sus hijos Juan y Guillermo y por su nieto Cornelio. El *Atlas Major* de estos últimos se componía de doce volúmenes tamaño folio y fue tra-

ducido a varios idiomas. El establecimiento de los Blaeu fue destruido por el fuego en 1672, y las planchas que pudieron salvarse las compró De Wit, uno de los últimos cartógrafos holandeses.

LOS ÚLTIMOS CARTÓGRAFOS HOLANDESES. — A fines del siglo XVII, había docenas de casas dedicadas a publicar mapas, atlas y globos, establecidas en su mayoría en Amsterdam, y toda Europa se encontraba inundada de sus productos. Hasta en la actualidad se pueden adquirir, por poco dinero, mapas originales holandeses de aquella época. De entre los editores más fecundos podemos mencionar los Allards (Carlos y Aberon), los Doncker (Justo y Cornelio), los Schenck (Pedro, padre e hijo), los Valks (Gerald y Leonardo), los Vissher (Nicolás, padre e hijo) y los últimos Janszoon (Nicolás y Carlos). Se publicaron centenares de atlas tamaño folio, pero pocos alcanzaron la perfección y belleza de los mapas de Blaeu y Janszoon. Los mapas tenían que ser más baratos para ganar la competencia; la calidad cedió a la cantidad, y la supremacía que detentaban los mapas holandeses pasó pronto a poder de Francia. Sin embargo, ganaron los holandeses la competencia en la publicación de cartas marinas durante los primeros años del siglo XVIII, aunque después les fue arrebatada por los ingleses.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS MAPAS HOLANDESES DEL RENACIMIENTO. — Los antiguos mapas holandeses se hallan en la cúspide del arte cartográfico. Los mapas de épocas posteriores son más exactos, pero, en cuanto a expresión y presentación, tienen mucho que aprender todavía de los de Janszoon y Blaeu; cada hoja de los mapas de estos últimos constituye un conjunto armónico: las tierras, los mares, el rotulado y el decorado, todo está cuidadosamente dispuesto y ponderado. Mercator introdujo un tipo de letra más claro. Son características de estos mapas las líneas «de fantasía», hechas a pluma, y que llenan espacios que de otro modo habrían de estar en blanco. El título, la escala y las notas aclaratorias iban dentro de un marco, formado por figuras de animales y por productos del país. Estas decoraciones no siempre eran afortunadas; el dibujante, que con toda probabilidad no había salido nunca de Holanda, tenía ideas muy rudimentarias sobre las regiones tropicales; por ejemplo, se veían a veces figuras de reyes africanos viviendo en palacios holandeses. La orientación al Norte estaba muy lejos de ser universal; cuando el mapa no encajaba bien en la página correspondiente con el Norte hacia arriba, se colocaba en cualquier posición y el Norte se indicaba mediante decorativas rosas de los vientos.

El defecto principal de los mapas holandeses radica a veces en su deficiente información. El que los mapas presentasen grandes espacios en blanco restringía su venta, y los dibujantes, arrastrados por el aspecto comercial de la obra, rellenaban los huecos con datos de cualquier clase, o hacían extensivos los detalles de países conocidos a los desconocidos, práctica corriente en los mapas antiguos.

No se debe terminar la referencia a la cartografía holandesa sin citar sus planos de población. El gran atlas urbano de Braun y Hoefnagel, titulado *Civitates Orbis Terrarum*, representa muchas ciudades con gran meticulosidad. Ortelio concedía a este atlas igual mérito que al suyo propio.

LA CARTOGRAFÍA FRANCESA EN EL RENACIMIENTO. — El Renacimiento llegó a Francia a mediados del siglo XVI, aunque en Cartografía conservaron los franceses durante mucho tiempo algunas características medievales. Los primeros mapas franceses estaban hechos en el estilo clásico portulano, aunque mucho más vistosos, semejantes a pinturas murales. Los mapas de la Escuela de Dieppe, hechos en este último estilo, pueden catalogarse entre las más bellas cartas conocidas. Algo menos decorativos son los mapas de los «iluminadores» de fines del siglo XVI (véase el cuadro sinóptico de la tabla III).

La evolución de la cartografía francesa estuvo muy influida por la obra de la familia Sanson; el fundador de esta casa fue Nicolás Sanson, de Abbeville (1600-1667), que por ser de origen flamenco acusaba la influencia de los cartógrafos holandeses. Le ayudaron los que después fueron sus su-

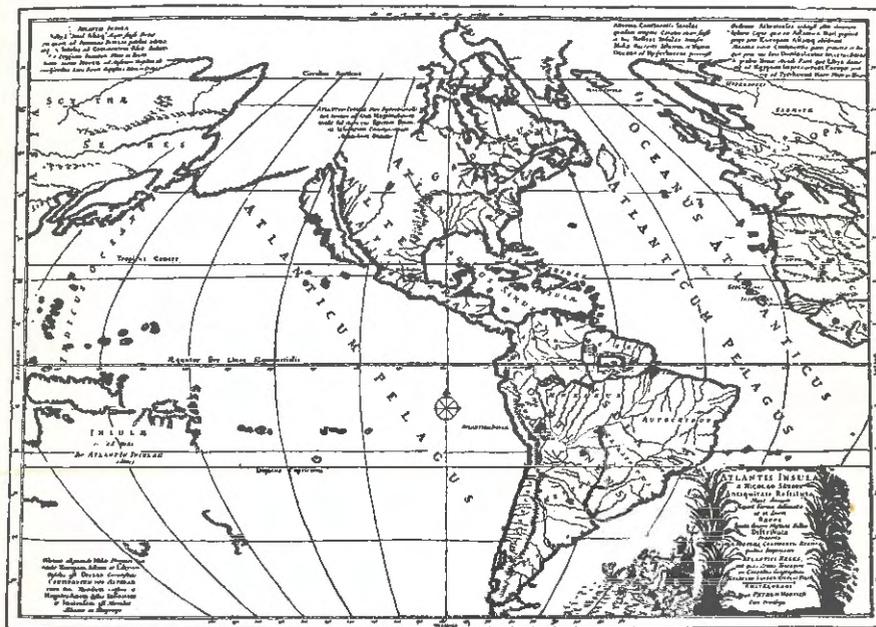


FIG. 21. — Mapa que Sanson hizo de América, a la que consideraba como la legendaria Atlántida desaparecida. Obsérvese que California aparece como una isla, no obstante estar representada como es debido en el mapa de Ortelio, anterior al de Sanson. Están representados los cinco grandes lagos. Este mapa está hecho en proyección sinusoidal.

cesores, sus hijos Adrián y Guillermo, su yerno Pedro Duval, su nieto Gilles Robert de Vougondy y su biznieto Didier Robert de Vougondy, que constituyeron una dinastía famosa entre los cartógrafos más célebres de todos los tiempos.

Los Sanson hicieron muchos mapas; publicaron varios atlas, mapas de comunicaciones postales y de los ríos de Francia, así como otros muchos de carácter histórico.

Estrechamente ligado a los Sanson estuvo Alejo Huberto Jaillot, que compró las planchas de su atlas a Guillermo Sanson, añadiéndoles por su

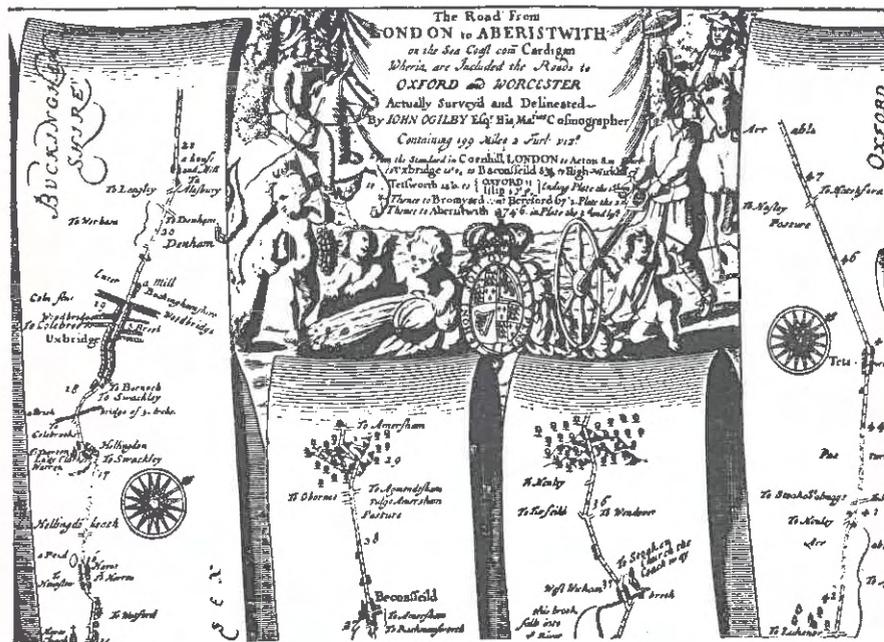


FIG. 22. — Mapa de franjas en las que se representan caminos; de la obra *Britannia*, de Ogilvie. Obsérvese la figura del agrimensor, a caballo, con una alidada de pinulas, y a un ayudante midiendo distancias con una rueda (odómetro).

parte gran cantidad de detalles. También editó Jaillot la obra geográfica más importante de la época, *Le Neptune François* (1693), en colaboración con Juan Domingo Cassini y otros muchos cartógrafos célebres de aquel tiempo.

En general, los mapas de la casa Sanson recuerdan a los holandeses, pero, ordinariamente, son más científicos, son más parcos en dibujos decorativos y, en cambio, abundan más en notas descriptivas y aclaraciones informativas de tipo geográfico.

LA ESCUELA INGLESA. — Durante el reinado de la reina Isabel se realizó en Inglaterra una magnífica labor geográfica. Los mapas ingleses de esta época son muy parecidos a los holandeses en su estilo, pero el exceso de detalles y la falta de sentido de la proporción les hace aparecer más empastados y confusos.

El fundador de la cartografía inglesa fue Cristóbal Saxton (1542-1608?), cuya principal obra es un atlas con mapas de los condados de Inglaterra, publicado en 1579 y autorizado por la reina Isabel; este trabajo fue uno de los primeros en que se midió con todo detalle la superficie del país. En el

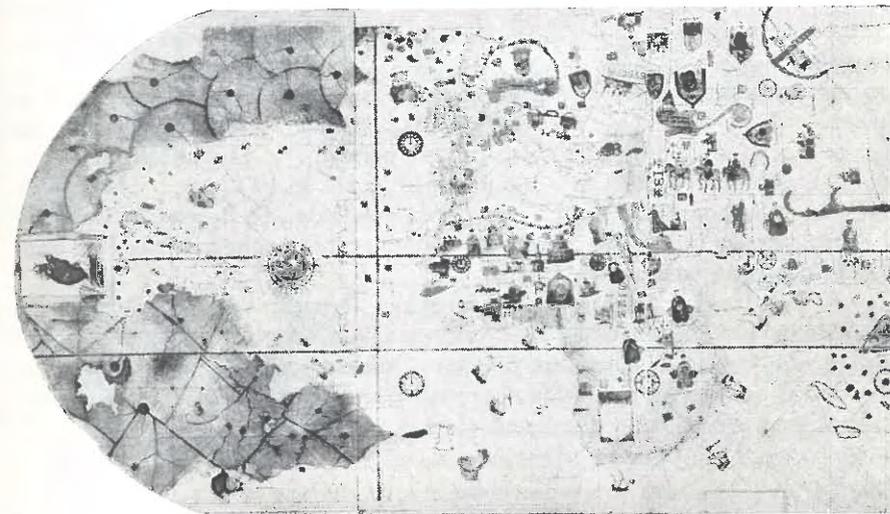


FIG. 23. — Mapamundi de Juan de la Cosa, piloto de Cristóbal Colón, que comprende Europa, Asia, África y la parte que se conocía de América en el año 1500.

salvoconducto extendido a nombre de Saxton puede leerse: «Todos los condes procurarán hacerle llevar a toda población, castillo o monte desde donde pueda estudiar el terreno, y puede ir acompañado de dos o tres hombres honrados que conozcan muy bien el país...»

Muy importante es también, entre los mapas ingleses, el mapamundi de 1559, que a veces se halla encuadrado en el atlas de Hackluyt, pero que raramente se encuentra en la actualidad; su autor parece ser Eduardo Wright, amigo de Hackluyt, y autor también de la obra titulada *Certain Errors in Navigation*. El mapa está hecho en proyección Mercator, y recoge los datos obtenidos en los viajes de Drake y los descubrimientos en las rutas del Nordeste y del Noroeste; es indudablemente uno de los mapas mejores de su tiempo.

Otra obra de interés es el atlas de Juan Ogilvie, compuesto de mapas longitudinales de los caminos principales. Este modo de representar los caminos en tiras separadas fue empleado por primera vez por Mateo Paris, en la época de las cruzadas, y su uso se generalizó después. La figura 22 tiene un especial interés, porque en ella se ve cómo efectuó Ogilvie sus mediciones: se ve al agrimensor a caballo y a su ayudante midiendo distancias con un odómetro.

A fines del siglo xvii se extendió mucho el uso de los mapas ingleses. Digna de mención es la carta magnética de Halley, publicada en 1683, una de las primeras en su clase. Constituyen una curiosidad cartográfica los hermosos mapas-tapices de Sheldon, más decorativos, como es natural, que documentales.

OTRAS NACIONES. — Los primeros mapas básicos de muchos países se hicieron en el Renacimiento: por ejemplo, los de Austria y Hungría, de Lazio, hacia 1620; el de Rusia, de Herberstein, y el de Escandinavia, de Oleo Magno, siendo este último uno de los mapas más profusamente decorados de aquel tiempo. El mapa, tan detallado, de Barrera, por Felipe Apiano, ofrece la notable particularidad de estar hecho, al parecer, apoyándose en una triangulación.

El más célebre cartógrafo de fines del Renacimiento es el veneciano P. Vicente Coronelli (1650-1718), especializado en globos terráqueos. Los globos, de 3 y de 5 metros de diámetro, hechos en París para Luis XIV, suscitaron grandes comentarios. Coronelli fundó la primera Sociedad Geográfica en Venecia, a la que llamó «Los Argonautas.»

### CAPÍTULO III

#### LA REFORMA DE LA CARTOGRAFÍA

La diferencia fundamental entre la Escuela holandesa de cartografía del siglo xvii y la Escuela francesa del siglo xviii se pone más de relieve comparando dos mapas, uno de cada escuela. En la figura 24 se ve África tal y como fue dibujada por Janszoon en 1628, dividida en reinos, con fronteras bien definidas y abundancia de ciudades, ríos y lagos hasta en el Sahara. Los espacios vacíos están ocupados por monstruos, elefantes, leones, o rótulos de grandes letras. En aquella época era prácticamente nulo el conocimiento del interior de África. ¡Qué pobre resulta, en comparación, el África de D'Anville, de 1747! Sin monstruos, ni leones, ni grandes rótulos, su único adorno consiste en una cartela decorativa por debajo del título: el mapa parece vacío; las regiones de las que nada se sabía fueron dejadas en blanco, y cuando los datos eran dudosos había una nota explicándolos. Aún figura en este mapa el gran río tradicional del Sahara, pero en una nota se aclara que ello se debe a la autoridad de Ptolomeo y de Edrisi, y que hay informes de confianza que aseguran que el río corre hacia el Este, y no hacia el Oeste, como así sucede realmente en el caso del Níger. Exactitud, claridad y minuciosidad son las características del mapa francés, en contraste con los anteriores de la Escuela holandesa.

La diferencia entre las dos escuelas se debe más que nada al progreso científico propio del siglo xviii, Edad de la Razón, y cuyo espíritu se refleja hasta en los mapas. Pero hay además otra diferencia: en Amsterdam se hacían los mapas en plan comercial y por lo tanto sus condiciones primordiales habían de ser la rapidez en su publicación y la belleza de su presentación; los datos se obtenían de donde se podía, con tal que no resultara muy caro: esto es, copiándolos de otros mapas; se utilizaban planchas viejas, aunque hubiera nuevos descubrimientos, mientras no faltaran compradores. No hubiera resultado tan buen negocio el hacer mediciones costosas o estudios teóricos que había que remunerar. Por el contrario, los cartógrafos franceses eran hombres de ciencia, pertenecientes a veces a la nobleza y subvencionados por el Rey y por la Academia. Su objetivo era la mayor reputación científica para sus mapas, y no la mayor o menor ganancia que de ellos pudieran obtener.

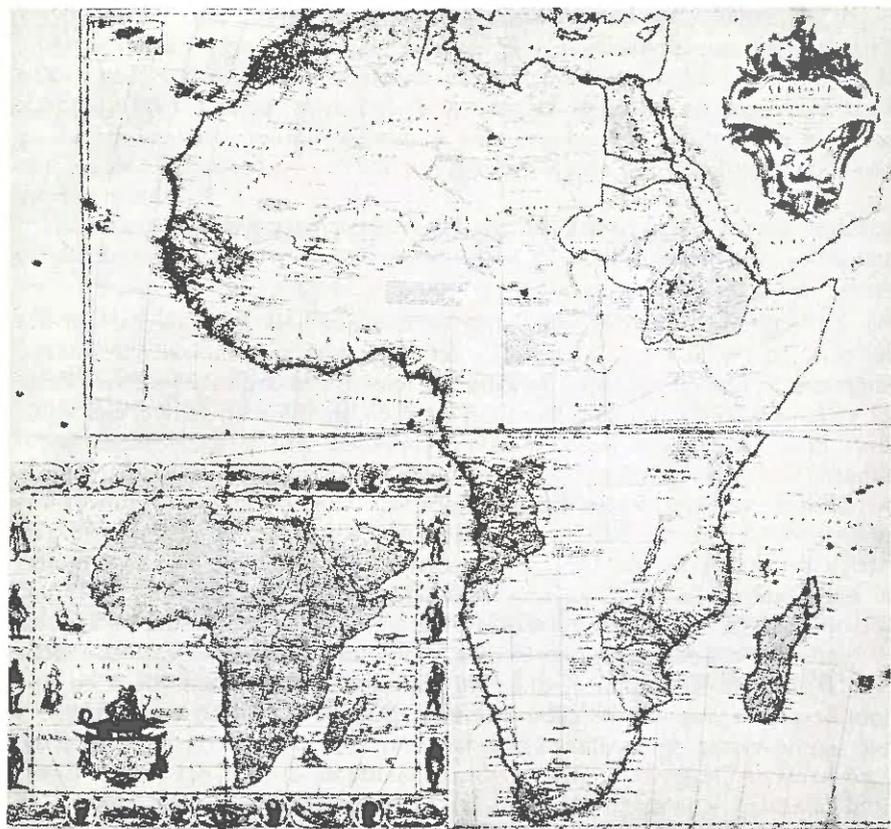


FIG. 24.—En el mapa de África, de D'Anville, se observa ya la reforma de la Cartografía. Su precisión científica y la falta de todo dato dudoso contrasta grandemente con el mapa, tan decorativo, de Janszoon, que se ve en la parte inferior, a la izquierda.

La nueva cartografía empleaba nuevos instrumentos: en el mar, las antiguas alidadas y escuadras fueron substituidas por el octante y el sextante. Las determinaciones de longitud dejaron de ser exclusivas de la astronomía superior. Gracias al cronómetro, inventado por Harrison, pudieron los marinos calcular la longitud tan fácilmente como la latitud. En tierra, Guillermo Blaeu perfeccionó el sistema de la triangulación, triangulando él mismo una parte de la costa de los Países Bajos. Para la medición de ángulos se seguía utilizando mucho la antigua alidada de pinulas, pero a fines de siglo fue substituida por el teodolito con antejo.

MEDICIONES DE LONGITUD POR LA ACADEMIA. — La reforma de la Cartografía se inició con las determinaciones de longitudes efectuadas por la Academia Francesa, a fines del siglo XVII, mediante observaciones simultáneas, en varios lugares del mundo, de las ocultaciones de los satélites de Júpiter. El resultado fue un nuevo mapamundi trazado por Juan Domingo Cassini en el pavimento del Observatorio de París en 1696 (fig. 25), y que constituye uno de los mapas fundamentales de la Historia. Uno de los resultados curiosos de estas determinaciones fue que Francia apareció mucho más pequeña de como la había representado Sanson. Se cuenta que Luis XIV dijo a Cassini que con sus mediciones «había quitado a Francia más de lo que el Rey le había dado en todas sus guerras de conquista.»

DELISLE Y SUS SEGUIDORES. — El cartógrafo más notable de comienzos del siglo XVIII fue Guillermo Delisle. Su mérito principal consistió en la eli-

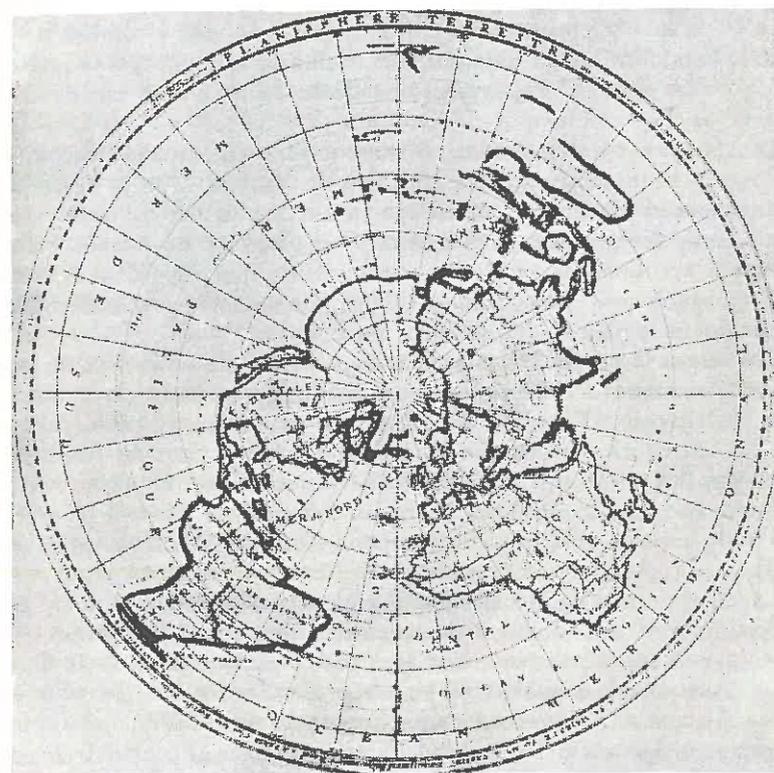


FIG. 25.—La reforma de la Cartografía tiene su comienzo en este mapa de 1696. El original formaba el suelo del Observatorio de París, y comprendía las nuevas observaciones de longitud de la Academia, dirigidas por J. D. Cassini.

minación de muchos errores que se habían ido introduciendo en la Cartografía copiados tantas veces que habían pasado a la categoría de *verdades*. Redujo el tamaño del Mediterráneo a sus verdaderas dimensiones, rompiendo así la tradición de Ptolomeo. También corrigió el mapa de California.

Ya hemos citado la obra de Juan Bautista Bourguignon D'Anville (1697-1782); sus mapas de los continentes demostraron a todo el mundo lo mucho que se ignoraba del interior de Asia, de África y de América. Su atlas tan extraordinariamente documentado de China estaba basado en las extensas mediciones realizadas por los misioneros jesuitas.

Los atlas más importantes de esta época fueron los hechos por Gilles y Didier Robert de Vougey; su atlas universal fue usado en todo el mundo, y una de sus características más notables la constituye su *Prefacio histórico*, en que se resume la historia de la Geografía en 33 páginas de tamaño folio.

Debemos mencionar también el famoso atlas de cartas, *Hydrographie Française*, la mayor colección de cartas marinas hechas y publicadas hasta entonces. Esta obra fue dirigida por J. N. Bellin, que figura a la misma altura que D'Anville y que Delisle como iniciadores de esta gran era de la Cartografía.

LA CARTOGRAFÍA INGLESA EN EL SIGLO XVIII. — Inglaterra llegó a ser en el siglo XVIII la primera potencia marítima de Europa. Con la extensión de sus dominios en ultramar y el consiguiente aumento del comercio y de su riqueza, cada vez se hacía más necesario el disponer de buenos mapas, y así llegó a ser Londres un centro cartográfico que superó a Amsterdam y que rivalizaba con París. Bien es verdad que muchos cartógrafos famosos de estas dos ciudades se establecieron en Londres.

Los mapas ingleses apenas se diferenciaban, en su estilo y en su composición, de los mapas franceses; muchos de ellos se copiaron directamente de los de Delisle o de D'Anville, diciéndolo así unas veces y callándolo otras. Entre los cartógrafos más fecundos podemos citar a Germán Moll, un holandés que llegó a Londres en 1688. En estos mapas es característico el abundante uso que se hace de las notas descriptivas con que aparece cubierto todo espacio disponible convirtiendo así estos mapas en libros de Geografía.

La edad de oro de la cartografía inglesa fue la segunda mitad del siglo XVIII; ante la imposibilidad de enumerar aquí todos los grandes cartógrafos de esta época nos remitimos al cuadro sinóptico de la tabla IV.

LA CARTOGRAFÍA ALEMANA EN EL SIGLO XVIII. — En el siglo XVIII, estaba dividida Alemania en diversos estados pequeños, entre los que se disputaban la hegemonía Austria y Prusia. No había un gobierno central que pudiese confeccionar y conservar los mapas estratégicos, y los mapas alemanes de este período eran una mercancía más, o bien constituían levantamientos realizados a expensas de los príncipes más ilustrados. La mayor casa edito-

rial fue la fundada por J. B. Homann, en 1692, en Nuremberg y hasta 1824 publicó un número increíble de mapas y atlas. Su rival principal fue la Casa Sautter de Augsburgo. Los mapas alemanes se caracterizan por su enorme cantidad de detalles que a veces los convierte en un amasamiento casi indescifrable, y sus notas, figuras y aclaraciones a veces nada tienen que ver con la geografía.

Más importantes son los levantamientos topográficos realizados por los principados, tan numerosos que ni siquiera podemos citarlos aquí (véase la tabla IV). El mapa más importante de este período es la *Kabinetkarte*, a escala 1:50.000, que representa a Brandeburgo, Mecklenburgo, Prusia y los principados colindantes en 270 hojas. Esta ingente obra la llevó a cabo el conde F. W. de Schmettan (1767-1780). Nunca se publicó, pero el original quedó en los archivos secretos de los reyes de Prusia. J. G. A. Jaeger reunió los diferentes levantamientos topográficos de Alemania, en 1789, en su *Grand Atlas d'Allemagne*.

LA CARTOGRAFÍA ITALIANA Y LA ESPAÑOLA EN EL SIGLO XVIII. — En el siglo XVIII estaba Italia dividida en Estados cuyos gobernantes sabían proteger las artes y las ciencias y bajo esta protección se hicieron muchas obras cartográficas de gran mérito. Los mapas de Italia, barrocos como el estilo arquitectónico allí imperante en aquella época, eran realmente monumentales. En las grandes bibliotecas europeas se encuentran a menudo mapas de formato colosal, en fuerte contraste con el fino y diminuto rotulado y la exquisitez de sus detalles.

El cartógrafo sobresaliente de Italia fue G. A. Rizzi-Zannoni (1734-1814), nacido en Dalmacia. Viajó por toda Europa y realizó una obra cartográfica muy notable en Polonia, Alemania, Inglaterra y Francia antes de establecerse en la corte de Nápoles. Los mapas tan detallados se caracterizan por el dibujo tan realista del *paisaje* geográfico. Los dos mapas del golfo de Nápoles los describe sir Jorge Fordham como sigue: «La superficie de los mapas es de una ejecución maravillosamente cuidada; la representación panorámica de la costa es un trabajo preciso, y las orlas y otros motivos ornamentales son realmente soberbios.»

De igual clase es la magnífica *América del Sur*, de la Cruz, Cano y Olmedilla, a escala aproximada de 1:5.000.000. Hasta ahora no se ha hecho un mapa tan detallado de este continente a una escala tan grande. Este mapa tiene gran importancia histórica, por indicar la distribución de las distintas tribus indias y la situación de las misiones de jesuitas, muchas de cuyas edificaciones fueron cayéndose al disolverse la orden.

También otros pueblos realizaron obras cartográficas meritorias durante el siglo XVIII, especialmente los suizos, los rusos y los escandinavos; pero nos saldriamos de los límites que el carácter de este libro permite si hubiéramos de describirlos todos.

CUADROS SINÓPTICOS DE CARTOGRAFÍA HISTÓRICA		4. MAPAS MODERNOS		Época de los Servicios Nacionales desde 1700 hasta la fecha	
HECHOS NOTABLES	ITALIA-ESPAÑA AMÉRICA LATINA	FRANCIA	PAISES BAJOS ALEMANIA - AUSTRIA	GRAN BRETAÑA	VARIOS
1700	Sam. Fritz - Rio Amazonas, 1691-1707	MEDIDAS DE LONGITUD POR LA ACADEMIA J. D. Cassini, Le Hire, Nolir, Claude Delisle, Ponce, etc. J. B. L. Franqueline, mapas de Amer. Nueva Francia, 1700	Homann, mapa en Nuremberg Sautter, Augsbuerg Estilo holandés HESSEN-KASSEL, 140000 Schreustein WURTEMBERG, triangulación, 1710 por Juan Mayer	Pilot 865 1702 Herman Moll (desde Amsterdam) 1698-1732	J. J. Scheuchzen Surza Rusia, Servicio de costas de Pedro el Grande J. C. Müller Bohemia
10	L. Feuillée - Costa del Perú y Chile 1707-12	Guil. DELISLE 1675-1726 Reducción del Mediterraneo a 42° Mapas de América, 1700, 03 18 California como península Proyección cónica secante Meridiano en Merco (desde 1730)	Primeras curvas de nivel sobre Fondo del Rio Herwede por Cruquius, 1720-30	Juan Senax, 1749, mapas, geografías atlas, globos	Kimlow, Atlas de Rusia 1734
20	Octante, Hadley	Cartas Marinas Atlas histórico 7 volúmenes	J. G. Dopplmayr, Atlas celeste, 1792	Enrique Popple, América en 20 hojas 1733	de Marsigli, El Danubio, 31 hojas, 1741 Atlas de la Acad. Rusia 19 hojas, 1745
30	Cronómetro, J. Harrison	J. B. B. D'ANVILLE 1697-1782 Atl. Gene 1, 1727-80 Africa, 1763 Asia, 1751 Amer. a Sur, 1750 (quité de los mapas los datos falsos) Historia de la Geografía	T. C. Letter, mapas de Augsbuerg	J. Mitchell, Am. d. N. 1755 ESCOCIA, Watson	Lewis Evans, Colonias inglesas Filadelfia, 1755
40	V. Bering, Pacif Norte 1728-49	TRIANGULACIÓN DE FRANCIA, 1734-44 C. F. Cassini "Carte Géométrique de la France" 1, 86000 1717-1724 F. BUACHE, 1740-33 Curvas de nivel Canal de la Mancha, 1733 suc de Delisle Geografía Física, 1753 Atlas marítimo 1751	J. F. W. Desbarres, Atlas de Bengala 1761	J. Rocque, Atlas, 1763	TIROL, Anich-Huber, 1760 Mapa anquit 1 104 000
50	La Condamine, medida del arco en Perú, 1735-45	J. N. Bellin 1703-72 Antillas, 1750 Santo Domingo, 1768	BRANDEMBERG 150000, 270 hojas por Schmettau 1767-87 S. H. LAMBERT Proyecciones Leonardo Euler	J. R. Rennel, Atlas de Bengala 1761	Kanter, Polonia, 1770, Xanten-buerg de Lacy Hungria
60	Tobias Mayer, longitudes por tablas de la Luna, 1753	R. J. Julien Atlas de Francia, 1751 58 68	SILESIA, SAJONIA, MORAVIA, 1:100000, Geusau "Atlas Mayer" Mapa crítica, 1780 1780	TRIANGULACIÓN de Ingt. SERVICIO DE LA ARTILLERÍA SERVICIO HIDROGRÁFICO LEVANTO TOPOGR. de INDIA	BÉLGICA, de Ferraris 1771-77 275 hojas, 1:1500 (triangulado) DINAMARCA, Servicio de la Acad. Suiza, J. H. Weiss, 1776-1818 Schönbeck, Atl. turco de guerra 1780
70	La Tierra, como elipsoide	LA CRUZ, Cano y Omedilla Sudamerica 1 5000 000	HANNOVER, 1 21333, 185 hojas, 1764-86 MEXICOMBURGO, 1 33900, 1780-88, Schmettau J. W. Jaeger, Gr. Atlas de Alemania, 1789 J. G. Lehman, sistema de normales 1799 Tranchot-Moreau, etc 1:100000	J. F. W. Desbarres, Atlant Neptune, 1774 - Pilot Amer. d. N. 1779	LA PENNAC, Pacifico Norte, 1785 Suiza, Hermetin, 1797-1818 Turquia, en árabe, 22 hojas EGIPTO, 35 hojas, Napoleón HUNGRIA, Görög, 1796-1804 " de Lizitzky, 12 hojas, 1806 Takahashi Ino, Japan (topogr.) GRECIA En Müller Viena
80	Tomas López de Vargas, 1731-1802 mapas de España, de América	G. A. RIZZI-ZANNONI, 1736-1814 Mar Mediterraneo, Napoles, etc	Mapa de Francia del Estado Mayor 1 80000 C. Maite-Brun, Geografías y atlas 1817-80	ATLAS F. A. Scharnholtz, Viena, 1788-1800 STIEGLER, 1817; H. Berghaus, Berlín, 1817; Debes H. y R. K. K. 1850, Andree, 1861; Debes D. Fischer, Reimer, Berlin; L. Ravenstein, Frankfurt; K. Spuler, Atlas nisser	John Meish, EE UU de Amer
90	Mackenzie, en Canada	Ant Zaitta, Venecia Atl. Novísimo	A. H. Brueé, atlas y mapas, 1816-32 (América del Norte, 1808)	G. Smith, mapas geológicos, 1844	RUSIA 1 420000, 22 hojas, 1821 19 H. S. TANNER, en Filadelfia A. de KRUSENSTERN, Atlas del Pacifico O Petersburgo, 1827 SUECIA, 1 500000, tintas hipsom
1800	Humboldt, en América	TOMAS LÓPEZ DE VARGAS, 1731-1802 mapas de España, de América	Le Sage Atlas histórico, 1807	IRLANDA, servicio topogr	Sam. Aug. Mitchell, EE UU
10	Mungo Park, en el Níger	TRABAJOS TOPOGRÁFICOS ORDENADOS POR NAPOLEÓN EN EUROPA Almirantazgo español - Atlas de la costa americana, 1801; Langara Valdes, etc.	Mapa de Francia del Estado Mayor 1 80000 C. Maite-Brun, Geografías y atlas 1817-80	A. K. Johnston, Edimburgo, desde el 1835 ROYAL GEOGRAPHICAL SOCIETY 1830	GRECIA, 1 200000, 20 hojas, 1852-80
20	Carlos Ritter, Geodesia	Avon Humboldt Atlas de Nueva España	A. H. Brueé, atlas y mapas, 1816-32 (América del Norte, 1808)	C. y A. Black, Londres desde el 1840	SUIZA Mapa de Dufour, normales con las abscisa, 1824-65
30	LITOGRAFIA, en los mapas	J. B. Pentland, trabajos en Bolivia R. H. Schomburgk " Guayanas	AL. EMILIE LAPIE Turquia 1 800000 Grecia	Servicio topogr Artill. Inglaterra mapas, 1846	RUSIA, 1 200000, 845 hojas, 1857 CAUCASIA, 1 20000, 1863-85 HOLANDA, 1 25000, 1765 hojas, 1866 BÉLGICA, 1 20000, 527 hojas NORUEGA, 1 100000, 331 hojas, 1866 BALKANES, 1 200000, 1866 (Rusia) 1 800000 (Austria)
40	Ross, en el Antártico	NUEVA GRANADA, A. CODAZZI, 1849-55	FRANCIA 1 100000, 587 hojas de Sabaren, mapamundi, 78 hojas (1842-53) J. Lejewel, Geografía medieval, 1850-57 E. E. Jomard, Monum. de la Geografía, 1842-62 L. Vivian de S. Martin, Hist. de la Geog., 1873 Atlas, 1827	ROYAL GEOGRAPHICAL SOCIETY 1830	SUECIA, 1 100000, 234 hojas JAPÓN, 1 100000 1887
50	GRABADO EN CERA Morse, en Nueva York	BOLIVIA, Castelnau	A. H. Dufour atlas y mapas	C. y A. Black, Londres desde el 1840	CHINA Nordt. Atlas de Rusia 1890-1931
60	HELIOGRABADO FOTOCINOGRAFÍA	PORTUGAL, 1 100000, 1856 MÉJICO, G. Cubas, 1858, 74, 86 ARGENTINA, M. de Moussy, 1865	Avezac du Castera, Macaya, mapas medievales F. Schraden, Atlas Univ., 1883 (Viven de S. Martin) ARGELIA, 50000 desde 1886	Servicio topogr Artill. Inglaterra desde 1872	FINLANDIA, Atlas 1899 a 1910 1 1000000, 1903
70	Stanley, en el Congo	PERÚ, PAZ SOLDAN, 1865	P Vidal de la Blache, Atlas General, 1894	J. G. Bartolomew, Atlas físicos Jorge Philip hijo Liverpool	CANADÁ, Atlas 1906-15 SIBERIA, 1914 NORUEGA, 1922
80	Richthofen, en China	NÁPOLES 1 250000, 25 hojas, 1871-74 ITALIA, 1 100000, 277 hojas, 1873 ESPAÑA, 1 50000, 1080 hojas, 1875 CUBA, Atlas, E. Prichard, 1875 PERÚ, 1 500000, Raimondi, 1851 ARGENTINA, Atlas del Inst. Geogr. 1886-98	FRANCIA, 1 50000, en colores, 846 hojas	R. G. S., mapas de exploración en Geología	EGIPTO, 1928 CHECOSLOVAQUIA, 1928
90	E. J. Reclus, la Geografía	PERÚ, 1 500000, Raimondi, 1851	EUROPA - Beirich, 1896 Conrado Miller, estudio de las primeras mapas Max Eckert proyecciones - propuestas por A. Penck en 1891 - Comité.	The Times Atlas, 1900 on - Hauchecorne, 1900 - Beyslag, 1904 1913 Kimmerly y Frey, Berna	ATLAS NACIONALES
1900	Fr. Ratzel, Antropogeografía	ARGENTINA, Atlas del Inst. Geogr. 1886-98	EUROPA - Beirich, 1896 Conrado Miller, estudio de las primeras mapas Max Eckert proyecciones - propuestas por A. Penck en 1891 - Comité.	Secuen geogr. del Estado Mayor Inglés mapas de los Dalkanes Cercano Oriente Sudán Asia 1 4000000 Africa 1 2000000, etc	ATLAS NACIONALES
10	F. S. Suess, La figura de la Tierra, 1883-1901	M. Fiorini, Globos celestes y terráqueos	EUROPA - Beirich, 1896 Conrado Miller, estudio de las primeras mapas Max Eckert proyecciones - propuestas por A. Penck en 1891 - Comité.	Secuen geogr. del Estado Mayor Inglés mapas de los Dalkanes Cercano Oriente Sudán Asia 1 4000000 Africa 1 2000000, etc	ATLAS NACIONALES
20	Nordenskiöld, Atlas facsimil, 1889, Periplo, 1897	Ecuador, Th. Wolf 1897	EUROPA - Beirich, 1896 Conrado Miller, estudio de las primeras mapas Max Eckert proyecciones - propuestas por A. Penck en 1891 - Comité.	Secuen geogr. del Estado Mayor Inglés mapas de los Dalkanes Cercano Oriente Sudán Asia 1 4000000 Africa 1 2000000, etc	ATLAS NACIONALES
30	CHILE-ARGENTINA, Frontera	México, Atlas, 1921	EUROPA - Beirich, 1896 Conrado Miller, estudio de las primeras mapas Max Eckert proyecciones - propuestas por A. Penck en 1891 - Comité.	Secuen geogr. del Estado Mayor Inglés mapas de los Dalkanes Cercano Oriente Sudán Asia 1 4000000 Africa 1 2000000, etc	ATLAS NACIONALES
40	MAPA GEOLÓGICO INTERNACIONAL	ATLAS DEL TOURING CLUB, Milán, 1927	EUROPA - Beirich, 1896 Conrado Miller, estudio de las primeras mapas Max Eckert proyecciones - propuestas por A. Penck en 1891 - Comité.	Secuen geogr. del Estado Mayor Inglés mapas de los Dalkanes Cercano Oriente Sudán Asia 1 4000000 Africa 1 2000000, etc	ATLAS NACIONALES
50	MAPA INTERNACIONAL	R. Almaguá, Estudios sobre Cartografía	EUROPA - Beirich, 1896 Conrado Miller, estudio de las primeras mapas Max Eckert proyecciones - propuestas por A. Penck en 1891 - Comité.	Secuen geogr. del Estado Mayor Inglés mapas de los Dalkanes Cercano Oriente Sudán Asia 1 4000000 Africa 1 2000000, etc	ATLAS NACIONALES
60	México, Atlas, 1921	ATLAS DEL TOURING CLUB, Milán, 1927	EUROPA - Beirich, 1896 Conrado Miller, estudio de las primeras mapas Max Eckert proyecciones - propuestas por A. Penck en 1891 - Comité.	Secuen geogr. del Estado Mayor Inglés mapas de los Dalkanes Cercano Oriente Sudán Asia 1 4000000 Africa 1 2000000, etc	ATLAS NACIONALES
70	ATLAS DEL TOURING CLUB, Milán, 1927	R. Almaguá, Estudios sobre Cartografía	EUROPA - Beirich, 1896 Conrado Miller, estudio de las primeras mapas Max Eckert proyecciones - propuestas por A. Penck en 1891 - Comité.	Secuen geogr. del Estado Mayor Inglés mapas de los Dalkanes Cercano Oriente Sudán Asia 1 4000000 Africa 1 2000000, etc	ATLAS NACIONALES
80	R. Almaguá, Estudios sobre Cartografía	ATLAS DEL TOURING CLUB, Milán, 1927	EUROPA - Beirich, 1896 Conrado Miller, estudio de las primeras mapas Max Eckert proyecciones - propuestas por A. Penck en 1891 - Comité.	Secuen geogr. del Estado Mayor Inglés mapas de los Dalkanes Cercano Oriente Sudán Asia 1 4000000 Africa 1 2000000, etc	ATLAS NACIONALES
90	ATLAS DEL TOURING CLUB, Milán, 1927	R. Almaguá, Estudios sobre Cartografía	EUROPA - Beirich, 1896 Conrado Miller, estudio de las primeras mapas Max Eckert proyecciones - propuestas por A. Penck en 1891 - Comité.	Secuen geogr. del Estado Mayor Inglés mapas de los Dalkanes Cercano Oriente Sudán Asia 1 4000000 Africa 1 2000000, etc	ATLAS NACIONALES

Señal Erwin Raisz, del Instituto de Exploración Geográfica de la Universidad de Harvard (Estados Unidos)

TABLA IV. — Carta cronológica

de los mapas modernos.

## SERVICIOS GEOGRÁFICOS NACIONALES

En el siglo XVIII se encumbraron las grandes potencias europeas después de guerras casi continuas. Las operaciones de los grandes ejércitos no podían ser planeadas ni coordinadas sin mapas detallados y precisos, que la cartografía privada no podía proporcionar. Para atender a esta necesidad, organizaron los ejércitos sus servicios geográficos propios. A partir de 1750, país tras país emprendieron sus levantamientos topográficos, habiendo continuado en muchos de ellos a cargo del ejército los primitivos servicios geográficos. Un levantamiento topográfico nacional comprende varias etapas: en primer lugar se determina astronómicamente un cierto nú-

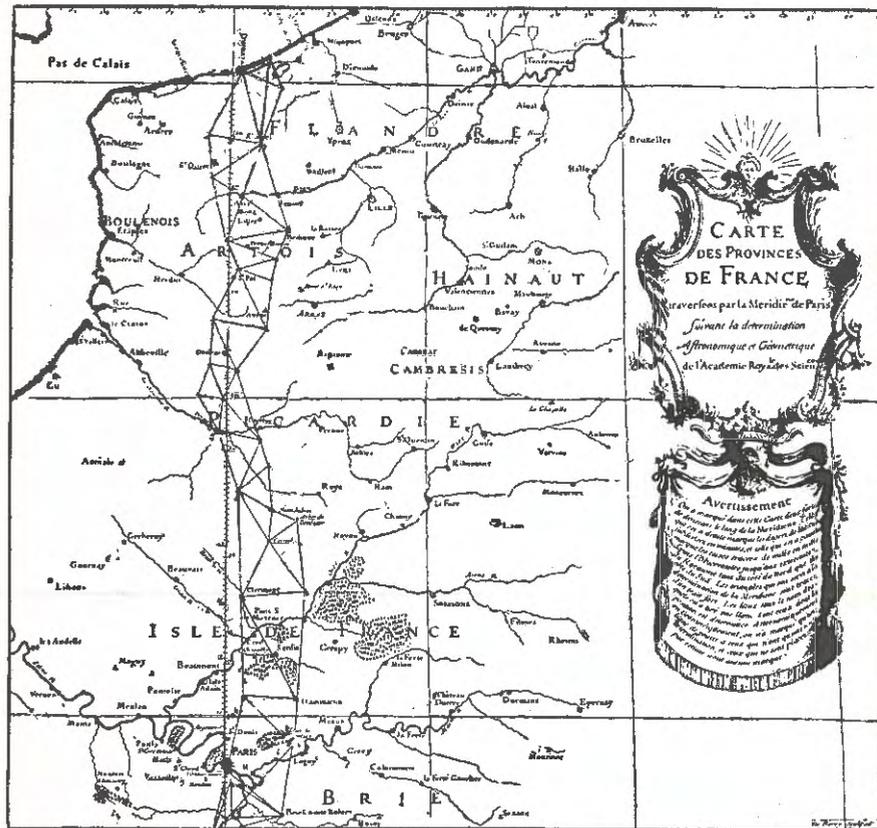


FIG. 26. — Primera triangulación de Francia, por Cassini, en 1744.

mero de puntos; se mide después una base para la triangulación, que es una línea recta de 15 a 30 kilómetros de longitud, y desde sus extremos se determinan otros puntos por intersección; mediante una red de triángulos se van determinando más puntos. La ventaja de este método estriba en que los ángulos se pueden medir fácil y exactamente con un teodolito, sin tener que efectuar mediciones de distancias, tan engorrosas como caras. Una vez que se ha determinado por triangulación un número suficiente de puntos y se ha calculado su longitud y su latitud se rellena todo el detalle con la plancheta. El trabajo del cartógrafo empieza cuando termina el del topógrafo. La reunión y selección de los datos y su representación gráfica, con la conveniente división en hojas, constituye la labor de una oficina cartográfica.

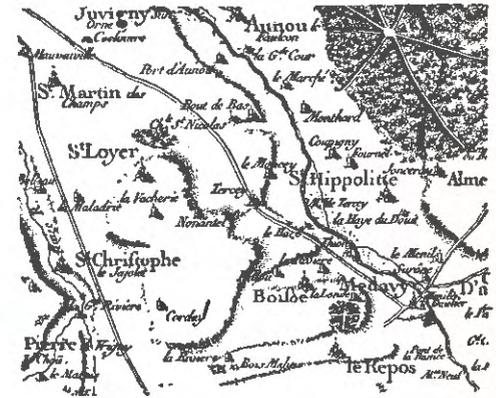


FIG. 27. — Parte de la *Carte géométrique de la France*, a escala 1:86.400.

CÉSAR FRANCISCO CASSINI. — El primer levantamiento topográfico nacional de importancia fue el de Francia. La triangulación de este país fue organizada por una comisión de la Academia, presidida por César Francisco Cassini, conde de Thury (1714-1784), el miembro más destacado de una ilustre familia de astrónomos y cartógrafos. El resultado de esta triangulación fue el mapa de 1744, con 18 bases y más de 2.000 triángulos, completado con una tabla de latitudes y longitudes de las ciudades de Francia.

Desde la red de triangulación hasta la tirada de las hojas completas de un mapa topográfico hay un camino que recorrer. En 1774 acompañó Cassini a Luis XV en su campaña de Flandes; allí Cassini presentó al Rey un nuevo mapa a gran escala de aquellas regiones, hecho sobre una triangulación por los ingenieros del ejército. El Rey quedó tan impresionado ante esta obra, que declaró que toda Francia debía ser representada de la misma manera y se ordenó a Cassini que procediera a este trabajo.

Pero pronto surgieron las dificultades; en 1758, poco después de publicadas las primeras hojas, recibió Cassini la orden de suspender el trabajo, por la bancarrota del Estado. Cassini no se resignó y, mediante suscripciones y sacrificando su fortuna personal, continuó los trabajos. El plan tuvo gran éxito, pero Cassini no llegó a ver completada la serie total de hojas; le sucedió su hijo Jacobo Domingo y el mapa quedó terminado durante la Revolución francesa.

La *Carte géométrique de la France* se compone de 182 hojas a escala 1:86.400, con una gran cantidad de detalles, pero la representación de las montañas resulta defectuosa; el método empleado para sombrear estas últimas era un paso intermedio entre la representación gráfica de los primeros tiempos y el sombreado exacto usado mucho después. El sombreado de tales mapas sólo representaba una especie de valles hundidos entre mesetas. Este método resultaba muy apropiado para las llanuras del norte de Francia, pero fracasó netamente en los Alpes.

**NAPOLEÓN.** — Como todos los grandes caudillos militares, Napoleón fue partidario decidido de los levantamientos topográficos y de los mapas. Durante la campaña de Italia, encargó a Bacler d'Albe la preparación de un mapa de este país a escala 1:256.000, que resultó ser uno de los mapas más notables de la época. También inició Napoleón una serie de mediciones en Alemania, Grecia y Egipto. Su caída le impidió llevar a cabo su gran proyecto de levantar un mapa de Europa a escala 1:100.000. Los cosacos se apoderaron en Beresina de una gran parte original de esta obra.

**SERVICIOS GEOGRÁFICOS NACIONALES.** — Las mediciones topográficas de España fueron organizadas en el siglo XVIII bajo la dirección de Tomás López de Vargas. En 1791, se creó el Servicio Geográfico de la Artillería de Gran Bretaña, y en 1801 se publicó la primera hoja a escala 1:63.360. La serie de mapas de Austria a escala 1:28.000 se comenzó en 1806, y a base de estas hojas se publicó después la famosa *Spezialkarte* (1:75.000), considerado como el mapa más detallado de toda Europa. En las primeras décadas del siglo XVIII, dieron principio las mediciones de las diversas provincias de Alemania, y sus resultados se compendiaron en la *Reichskarte* (escala 1:100.000), después de unificado el Imperio.

El levantamiento topográfico de Suiza fue organizado por Dufour en 1832; los mapas estaban sombreados con luz oblicua, muy adecuada para el relieve montañoso de este país.

**MAPAS INTERNACIONALES.** — En el siglo XIX se creó la necesidad que quedó satisfecha de los mapas nacionales. El siglo XX reclamó un mapa internacional del mundo. La aviación, la radio, los viajes y el comercio internacional tenían que resolver problemas que rebasaban las fronteras nacionales, por lo que se inició la confección de un mapamundi internacional a escala 1:1.000.000. El plan de esta obra lo presentó el profesor Albrecht Penk en el Congreso Internacional celebrado en Berna en 1891; pero el proyecto detallado no se terminó hasta el Congreso de Londres de 1900, siendo perfilado en todos sus pormenores en París, en 1913. Cuando este mapa esté completo constará de unas 1.500 hojas que cubrirán en su mayoría 4° de latitud por 6° de longitud, en una proyección cónica modificada. El plan fue aceptado con gran entusiasmo; pero la primera guerra mundial y el consiguiente empobrecimiento de Europa paralizaron la obra.

hasta el extremo que sólo se habían publicado antes de la segunda guerra mundial unas 400 hojas, casi todas de Europa, el Cercano Oriente, la India y África; las hojas de Iberoamérica fueron terminadas por la American Geographical Society. En esta serie sólo se publicaron cuatro hojas de los Estados Unidos. Se terminó la colección completa, pero a escala 1:1.000.000, ante la amenaza de la guerra mundial, por el Army Map Service y el U. S. Coast and Geodetic Survey; estos mapas cubrían casi toda la superficie del mundo.

#### LA CARTOGRAFÍA PRIVADA EN EL SIGLO XIX

El siglo XIX presenció la expansión de la civilización occidental por el mundo entero, hasta tal punto que, excepto Japón, China y algunos pequeños Estados, todos los países del mundo estaban gobernados directa o indirectamente por europeos o descendientes de europeos. La colonización que en siglos anteriores se había limitado a las costas penetró ahora en el interior.

En todo mapamundi de 1800 se ven representadas correctamente las costas, pero hay grandes huecos en el interior de los continentes; en 1900, es muy raro encontrar un lugar de la Tierra cuyas características topográficas sean desconocidas.

El siglo XIX fue también la época de la revolución industrial. El maquinismo influyó en la Cartografía por más de un conducto. Se hizo el levantamiento topográfico de precisión en la red de ferrocarriles, y en muchos países se hizo sobre esta base el mapa del territorio. El telégrafo daba la hora de Greenwich en todo el mundo, y así podía determinarse la longitud con toda facilidad y exactitud. Con el tendido de los cables submarinos se inició el levantamiento topográfico del fondo del mar, perfeccionado en el siglo XX por los sondeos acústicos.

El desarrollo de la litografía, del grabado en cera, del fotograbado y de la impresión en colores influyó considerablemente en la perfección de la Cartografía. La técnica del blanco y negro de los mapas antiguos fue substituida por símbolos artísticos y verdaderamente representativos y no obstante los mapas se producían en mayor número y más baratos que antes.

En los siglos XIX y XX se realizaron grandes avances científicos y didácticos; al principio del siglo XIX, aparecieron los mapas geológicos, que en la actualidad van al mismo ritmo que los topográficos, y a veces por delante de éstos. Se hacen, además, atlas de Meteorología, de Oceanografía, de Biología, de Etnología, etc. Los mapas y atlas escolares forman parte, en la actualidad, del material corriente de enseñanza, y son muchos los establecimientos de artes gráficas dedicados a su elaboración y difusión.

La Geografía del siglo XVIII fue en gran parte descriptiva (una colección de hechos): el nuevo carácter científico de la Geografía dio un gran impulso a la cartografía. Alejandro von Humboldt realizó los métodos científicos y examinó con criterio analista la relación entre causas y efectos (el hombre y el ambiente que le rodea). En su aspecto didáctico le sigue Carlos Ritter, que sentó las directrices para la enseñanza de la Geografía, observadas y mantenidas durante cerca de un siglo. Todas estas tendencias se reflejaron en nuevos y mejores mapas.

El estudio de la cartografía histórica se inició en Francia con las obras monumentales de Santarem, Lelewel y Jomard, seguidas por las de Nordenskjöld, Conrado Miller, José Fisher, Wiedner y otros muchos. Se han recopilado y editado monumentales obras de cartografía histórica de regiones especiales, tanto por Teleki (Japón) como por Wagner (costa del Pacífico), y oficialmente fueron coleccionadas por Italia, Chile, Guatemala y otras naciones.

El campo comercial y el estadístico-económico se prestaban de modo indicadísimo a la expansión de la Cartografía; los cartogramas, diagramas y los mapas de distribución son muy corrientes en libros, revistas y periódicos.

En el siglo XIX, los alemanes fueron los más fecundos productores de mapas y atlas, todos caracterizados por su gran cantidad de detalles precisos. El relieve topográfico se representaba por un sombreado sencillo de trazos (*normales*) y los mapas se imprimían en muchos colores. La principal casa editorial de estos tiempos es el Instituto Geográfico de Justus Perthes, de Gotha, fundada en 1788 y que desde 1817 lleva publicadas doce ediciones del Atlas de Stieler.

También otras naciones publicaron excelentes atlas: los atlas franceses de Vidal de la Blache y de Vivien de St.-Martin superaron en presentación a los alemanes; y los grandes atlas ingleses de Philip, Bartholomew, Stanford y Johnston adquirieron una bien merecida difusión.

A fines de siglo se puso de moda un nuevo tipo de *atlas nacional*, consistente en un gran volumen con todos los datos posibles de una sola nación: clima, suelo, economía, sanidad, etnografía, etc.; se representaban mediante cartogramas y diagramas. Estos atlas sirven perfectamente para el estudio de cada nación por separado. A esta clase pertenecen el *Grand Soviet Atlas*, de 1937, y el *American Atlas of Agriculture*.

*Fotografías aéreas.* En los comienzos del siglo XX, recibió la Cartografía una nueva y poderosa ayuda con el empleo de las fotografías desde aeroplanos, o aerofotografías. Hasta entonces, las mediciones topográficas eran hechas estableciendo una red de triangulación que se rellenaba operando con plancheta, con taquímetro o con brújula; este método es laborioso y complicado y en zonas poco accesibles, como selvas, pantanos y marismas, resulta de muy difícil aplicación. En cambio, con una buena cámara fotográfica,

desde un aeroplano se puede hacer este mismo relleno con mucha más precisión y con un mínimo de costo y de tiempo. Las curvas de nivel se trazan con el empleo de unos instrumentos tan complicados como precisos utilizando fases estereoscópicas de fotografías.

Todos los Servicios geográficos modernos hacen uso, cada vez más, de las fotografías aéreas, que se utilizan especialmente en las regiones poco exploradas, de las que de otro modo no sería posible obtener apenas dato alguno. Es frecuente combinar varias aerofotografías verticales para formar un *mosaico* que se utiliza en vez de los mapas. Para que una fotografía aérea tenga suficiente detalle no debe ser de escala mucho menor de 1:20.000, que es bastante más grande que la de las hojas topográficas ordinarias. Si se quiere tener un mapa a escala más pequeña debe dibujarse a mano tomándolo de las fotografías. Los actuales convenios y las normas establecidas para los mapas en general no recogen la realidad de gran número de detalles que se obtienen con las fotografías aéreas, por lo cual todo el sistema cartográfico de nuestro tiempo tendrá que experimentar un cambio radical en el porvenir. Estos progresos son tan recientes y evolucionan con tal rapidez y difusión, que merecen ser tratados especialmente (véase *Quinta Parte*).

SEGUNDA PARTE

ESCALAS Y PROYECCIONES

CAPÍTULO IV

ESCALAS, PARALELOS Y MERIDIANOS

Hemos definido el mapa como una representación convencional de la configuración superficial de la Tierra. Toda representación, como toda imagen, está en una cierta relación de tamaño (proporción) con el objeto representado. Esta proporción es la que se llama su *escala*. Los cuadros y retratos corrientes no son ni mucho más grandes ni mucho más pequeños que el objeto representado y no requieren escala. Pero un mapa es millares y hasta millones de veces más pequeño que la superficie de tierra representada y es preciso poner la escala porque a simple vista no se aprecia la proporción a que está dibujado.

Indudablemente es de la mayor importancia para el cartógrafo el comprobar de modo experimental la escala de los mapas, cosa actualmente posible merced a las grandes travesías aéreas; el cartógrafo debe aprovechar todas las oportunidades de volar que se le presenten; de este modo verá la relación existente entre el mapa y la Tierra y sus mapas serán algo más que simples diagramas de situación de puntos. Claro está que el máximo experimento de este orden lo podrá realizar el cartógrafo del porvenir que desde un cohete pueda ver la Tierra desde un millar de kilómetros de altura.

**MODOS DE INDICAR LA ESCALA.** — La escala se representa generalmente, por uno de los modos siguientes:

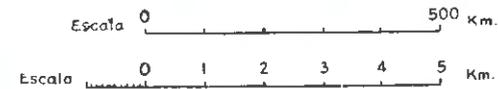
1. *Escala numérica* o fracción representativa que da la relación entre la longitud de una línea en el mapa y la correspondiente en el terreno en forma de quebrado con la unidad por numerador; por ejemplo:

$$\text{Escala } \frac{1}{250.000} \text{ ó } 1:250.000$$

2. *Escala centímetro por kilómetros*, que indica el número de kilómetros del terreno que corresponden a un centímetro del mapa; por ejemplo:

$$\text{Escala } 1 \text{ cm. por } 1 \text{ km}$$

3. *Escala gráfica*, que representa las distancias en el terreno sobre una línea recta graduada. Esta escala tiene la ventaja de que sirve siempre que el mapa se reproduce por métodos fotográficos.



En algunos mapas, una de las partes de la escala está dividida en décimas para poder medir las distancias con más precisión. En los mapas de escala reducida sería inadecuado el uso de este segmento subdividido, que daría la impresión de que se podría medir con toda exactitud cualquier distancia que se tomara sobre el mapa. Más adelante veremos que en ningún mapa es verdadera la escala en todas las direcciones. En los mapas de escala grande (mapas grandes de terrenos pequeños) es apenas apreciable esta deformación de la escala, pero en los mapas de escala reducida, como son los de naciones y continentes, la escala puede dar resultados completamente falsos, sobre todo hacia los bordes del mapa. Las escalas deben representar siempre un número entero de kilómetros. La subdivisión de una escala se hace por el método gráfico que se ve en la figura 28, que consiste en trazar una línea auxiliar AC formando ángulo con la escala AB; se señalan en AC diez divisiones iguales, de modo que la longitud total de las mismas no difiera demasiado de la longitud AB; se une el punto B con el último punto de las diez divisiones de AC, y las paralelas a esta línea de unión, trazadas por los puntos de división de AC dividirán al segmento AB en otras diez partes iguales.

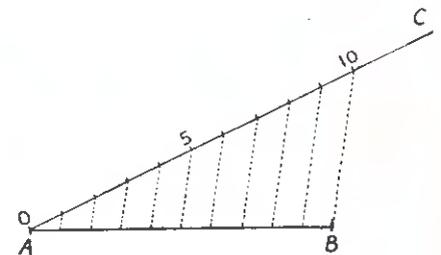


FIG. 28. — Se divide la línea AB en diez partes iguales por el método de las paralelas equidistantes.

Cuando se tiene una escala numérica se pueden deducir la de cm./km. y la gráfica con sólo tener en cuenta que:

$$\text{Escala} = \frac{\text{Distancia sobre el mapa}}{\text{Distancia sobre el terreno}}$$

y que: 1 km. = 100.000 cm.

Por ejemplo, si se tiene la escala 1:250.000, sabemos que a 1 cm. del plano corresponden 2,5 km. del terreno, y así podemos construir la escala gráfica, en la que cada 2 cm. representarán 5 kilómetros.

Análogamente se pasa de la escala gráfica a la numérica, con sólo ver qué distancia del terreno representa la unidad de la escala gráfica.

**CAMBIO DE ESCALA.** — Una de las operaciones más corrientes en Cartografía es el cambio de escala para reducir o ampliar mapas. Esto se hace a

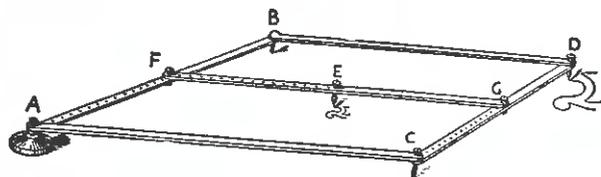


FIG. 29. — Pantógrafo de varillas.

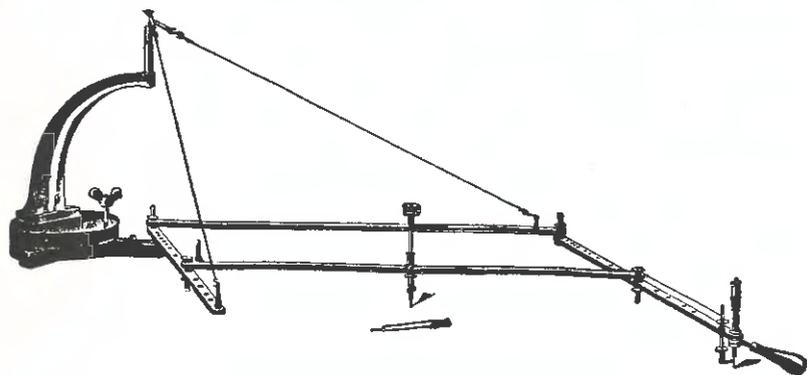


FIG. 30. — Pantógrafo de suspensión.

veces fotográficamente: para obtener copias fotográficas basta con disponer de una *cámara obscura* con su objetivo correspondiente; pero hay que tener en cuenta que las copias fotográficas resultan a veces más deformadas en una dirección que en otra, y que, empleando papel para las negativas, se pueden producir errores del 1 al 3 %, por lo cual, cuando se trata de trabajos de precisión, deben emplearse películas para las negativas.

Para cambiar la escala de mapas corrientes no muy complicados, y si no se dispone de mucho tiempo para ello, se hace uso del *pantógrafo* (véase capítulo xv), que es un instrumento fundado en el principio del paralelogramo articulado (figs. 29 y 30). Los pantógrafos dan mejor resultado para la reducción que para la ampliación, ya que, en este último caso, cualquier movimiento irregular de la mano queda también amplificado en la reproducción.

Si no se dispone de ampliador fotográfico ni de pantógrafo, se puede recurrir al *método de la cuadrícula*, que consiste en trazar, en el mapa que se trata de reducir o ampliar, una cuadrícula cuyas mallas tengan de lado 1 cm. aproximadamente. También se puede colocar sobre el mapa una lámina de celuloide que tenga ya dibujada la cuadrícula. En el papel sobre que va a dibujarse el mapa ampliado o reducido se traza otra cuadrícula semejante, pero con las mallas mayores o menores que las del mapa, en relación con la escala propuesta. Todos los detalles se dibujan a mano. Este método es el que se sigue para pasar un mapa de una proyección a otra, pero en vez de cuadrícula de mallas cuadradas se traza una red (canevás) de paralelos y meridianos.

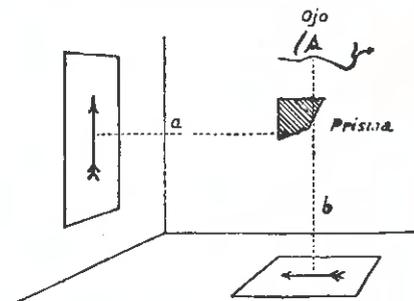


FIG. 31. — Teoría de la cámara clara.

Existen en la actualidad diferentes instrumentos compuestos de *lentes*, *espejos* o *prismas* que reflejan la imagen del mapa directamente sobre el papel de dibujo, y la escala se varía con sólo regular la distancia entre el objeto y la imagen; estos instrumentos son muy útiles en todo taller de cartografía. El más sencillo de todos estos aparatos es la *cámara clara*, cuya teoría se comprende fácilmente observando la figura 31; la imagen producida por una cámara clara varía de posición si no se mantiene el ojo exactamente en el mismo sitio mientras se está dibujando la copia. Este sencillo instrumento da buenos resultados en la ampliación o reducción de mapas que no requieran gran precisión.

#### PARALELOS Y MERIDIANOS

El principio fundamental de la Cartografía consiste en el establecimiento sobre la superficie de la Tierra de un sistema de coordenadas al que pueda referirse cualquier punto de la misma. Ya tenemos las principales direcciones de referencia, que son el Norte, Sur, Este y Oeste; el concepto de estas direcciones es uno de los más antiguos de la Humanidad. Los antiguos griegos idearon una red de paralelas y meridianos equidistantes, y este sistema es el que aun hoy día está en uso. En el capítulo primero vimos cómo se inició este sistema y el porqué de las palabras *longitud* y *latitud*.

**DIMENSIONES DE LA TIERRA.** — Hemos tratado ya de las mediciones de la Tierra hechas por Eratóstenes y después por Posidonio, así como de los resultados y consecuencias de estas mediciones. A principios del Renaci-

miento, se creyó que era menor el tamaño del Mundo; pero desde que el viaje de Magallanes reveló la inmensidad del océano Pacífico, se fueron corrigiendo poco a poco las primeras mediciones terrestres. En Francia, Picard, con el telescopio, calculó con gran aproximación el radio de la Tierra en 6.372 kilómetros, valor que utilizó Newton para calcular la intensidad de la gravedad.

Hasta entonces se consideraba la Tierra como una esfera perfecta, pero Newton, con su profunda intuición de las leyes de la Naturaleza, sentó la hipótesis de que la forma de la Tierra, por efecto de la fuerza de gravitación y de la centrífuga debida a la rotación, debe ser un elipsoide achatado por los polos. En 1743, la expedición de la Academia Francesa al Perú y a Botnia confirmó esta teoría de Newton. Posteriormente, se encontraron algunas diferencias que *deformaban* el elipsoide terrestre, y las verdaderas dimensiones y forma de la Tierra constituyen una discutidísima cuestión de Geodesia superior. Para los fines prácticos de la Cartografía, es suficiente considerar la Tierra como un elipsoide de revolución, y en mapas menos exactos se comete un error despreciable cuando se supone esférica la Tierra. Téngase en cuenta que, en un globo terráqueo de 50 cm., el diámetro polar tendría únicamente 1,7 mm. menos que el ecuatorial.

En estos últimos años, se han determinado con gran precisión las dimensiones de la Tierra, que son, según Hayford (1909):

Radio de la Tierra en el ecuador: 6.378,38 kilómetros.

Radio de la tierra en los polos: 6.359,90 km.

Elipticidad (achatamiento)  $\frac{a - b}{b} = \frac{1}{297}$

Circunferencia ecuatorial: 40.102,84 km.

Circunferencia meridiana: 40.035,64 km.

Longitud de 1° de longitud en el ecuador: 111.321 km.

Longitud de 1° de latitud en el ecuador: 110.573 km.

Longitud de 1° de latitud en los polos: 111.697 km.

Superficie total de la Tierra (aprox.): 510.100.000 km. cuadrados.

Radio de la esfera de igual volumen: 6.369,55 km.; en esta esfera, 1° de latitud equivaldría a 111,34 km.

Radio de la esfera de igual superficie: 6.371 km.

EL SISTEMA DE COORDENADAS DE MERIDIANOS Y PARALELOS. — El sistema coordenado de la Tierra se compone de dos clases de coordenadas de características muy diferentes y está fundado en la rotación de la Tierra. Los polos se definen como los puntos de intersección del eje de rotación de la Tierra con su superficie; pero, en cuanto al polo Sur, hay que reducir esta

superficie al nivel del mar. El ecuador es un círculo casi perfecto, intersección de la Tierra con un plano perpendicular en su punto medio al eje de rotación de la misma.

PARALELOS. — Entre el ecuador y cada polo hay 90 paralelos de latitud, que son círculos menores paralelos al ecuador, cada uno de los cuales corresponde a un grado. Cada grado se divide en 60 minutos, y cada minuto en 60 segundos. La longitud del arco de meridiano comprendido entre cada dos paralelos no es exactamente igual para todos ellos, pero sí con mucha aproximación. La latitud de un lugar se puede determinar midiendo la altura de la estrella Polar o del Sol sobre el horizonte. Si la Tierra fuese una esfera perfecta, la distancia entre dos paralelos cualesquiera consecutivos sería siempre la misma, pero por ser un elipsoide, su curvatura varía más rápidamente cerca del ecuador que de los polos, y por consiguiente también la altura de las estrellas varía más en las latitudes bajas que en las altas. Para observar una variación de 1° en la altura de la estrella Polar hay que recorrer en las proximidades del ecuador una distancia menor que cerca de los polos. La longitud de 1° de latitud es de 110,51 km. cerca del ecuador, y de 111,70 en los polos. Para mediciones de gran exactitud se tiene, tomando como forma de la tierra el esferoide de Hayford:

$$1^\circ \text{ de latitud} = 111,1312 - 0,5690 \cos 2\varphi + 0,0012 \cos 4\varphi \text{ (en km.)}$$

donde  $\varphi$  es la latitud en grados, minutos y segundos.

MERIDIANOS. — La otra serie de coordenadas terrestres consiste en 180 círculos máximos que pasan por los polos y que forman ángulos iguales entre sí; dividen por lo tanto el ecuador y los paralelos en 360° de longitud. En Cartografía, se pueden considerar como círculos perfectos el ecuador y los paralelos, y como iguales, los arcos interceptados por los planos meridianos.

La longitud de 1° de longitud varía desde 111,29 km. en el ecuador, hasta 0 en los polos. Es de la mayor importancia el conocer la longitud de un grado de longitud en cualquier paralelo. Si suponemos esférica la

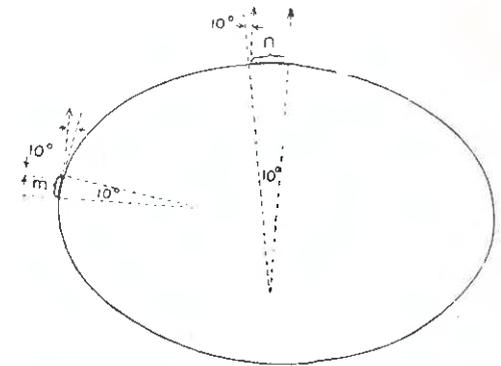


FIG. 32. — Cerca del ecuador, a una variación de 10° de altura de la Polar, corresponde un arco menor que cerca del polo. Cerca del ecuador, el grado de latitud es más corto que en los polos.

TABLA V.—LONGITUD DE 1 GRADO DE MERIDIANO Y 1 GRADO DE PARALELO A DIFERENTES LATITUDES

φ Grados	Longitud de un grado de		φ Grados	Longitud de un grado de	
	meridiano m	paralelo m		meridiano m	paralelo m
0	"	111321			
1	110573	111304	46	111142	77465
2	110574	111253	47	111162	76057
3	110575	111169	48	111181	74627
4	110577	111051	49	111201	73173
5	110579	110900	50	111220	71697
6	110582	110715	51	111239	70199
7	110586	110496	52	111258	68679
8	110591	110244	53	111277	67138
9	110596	109959	54	111296	65577
10	110602	109640	55	111315	63995
11	110609	109289	56	111334	62394
12	110616	108904	57	111352	60773
13	110624	108486	58	111370	59134
14	110633	108035	59	111388	57476
15	110642	107552	60	111405	55801
16	110652	107036	61	111422	54109
17	110662	106487	62	111439	52399
18	110673	105906	63	111455	50674
19	110684	105293	64	111471	48933
20	110696	104648	65	111487	47177
21	110709	103972	66	111502	45406
22	110722	103263	67	111517	43621
23	110736	102524	68	111531	41822
24	110750	101753	69	111544	40011
25	110764	100951	70	111557	38187
26	110779	100119	71	111570	36352
27	110794	99256	72	111582	34505
28	110810	98363	73	111594	32674
29	110826	97440	74	111605	30780
30	110843	96488	75	111616	28903
31	110861	95506	76	111626	27016
32	110878	94494	77	111635	25122
33	110895	93454	78	111643	23220
34	110913	92386	79	111651	21310
35	110931	91289	80	111659	19394
36	110949	90165	81	111666	17472
37	110968	89013	82	111672	15544
38	110987	87834	83	111677	13612
39	111006	86628	84	111682	11675
40	111025	85395	85	111686	9735
41	111044	84136	86	111690	7791
42	111063	82852	87	111693	5846
43	111083	81542	88	111695	3898
44	111103	80207	89	111696	1949
45	111122	78848	90	111697	0

Tierra, el radio de un paralelo es  $r = R \cos \varphi$ , siendo  $R$  el radio de la Tierra y  $\varphi$  la latitud.

Los radios de los paralelos guardan entre sí la misma relación que sus circunferencias, o que 1/360 de sus circunferencias, que es 1° de longitud:

$$1^\circ \text{ longitud} = 1^\circ \text{ latitud} \cos \varphi$$

La longitud varía con el coseno de la latitud. Este es el principio fundamental de la teoría de las proyecciones en los mapas y debe ser tenido muy en cuenta. En el caso de una latitud de 60°, se ve fácilmente en la figura 33 que 1° de longitud es precisamente la mitad de largo que en el ecuador

El ecuador no es un círculo exacto, y por ello en los cálculos de precisión se utiliza el esferoide de Hayford, de 1909, en el cual:

$$1^\circ \text{ de longitud (en km.)} = 111,4164 \cos \varphi - 0,0950 \cos 3 \varphi + 0,0012 \cos 5 \varphi$$

En la tabla v se da la longitud de 1 grado de meridiano y 1 grado de paralelo en las diferentes latitudes.

En la tabla II del Apéndice 3 se consigna el valor de los cosenos, que se utiliza con ventaja en las construcciones más sencillas.

DETERMINACIÓN DE LA LATITUD Y DE LA LONGITUD.— Se puede situar un punto cualquiera conociendo su latitud a partir del ecuador y su longitud a partir de un meridiano inicial previamente fijado. La latitud se determina de ordinario por medio de la observación de las alturas de algunas estrellas o del Sol. La estrella Polar no está exactamente en el polo Norte celeste, sino a 1° del mismo; el polo se halla determinando el punto medio entre las culminaciones superior e

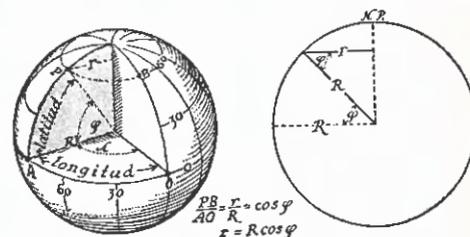


FIG. 33.—La longitud varía con el coseno de la latitud. Este es el principio fundamental en la construcción de mapas.

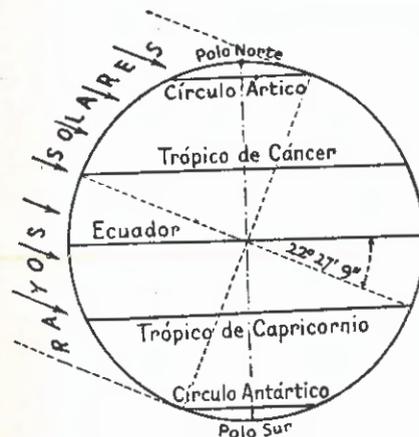


FIG. 34.— Los trópicos y los círculos ártico y antártico dividen en zonas la superficie de la Tierra, y suelen indicarse en los mapas.

inferior de aquélla. Las longitudes se determinan hallando la hora local por medio del paso de estrellas o del Sol. Se compara esta hora con la del primer meridiano, que se conoce en todo momento mediante un cronómetro o tomándola de las señales horarias dadas por radio. La diferencia entre la hora local y la de Greenwich es la longitud, teniendo en cuenta que a una hora de diferencia corresponden  $15^\circ$  de longitud. A dicha diferencia hay que sumar o restar, según el caso, la *ecuación de tiempo*, que es la diferencia entre la hora solar observada y la hora media (la dada por el reloj). Con los instrumentos y los procedimientos modernos una serie de observaciones de varias estrellas nos dan la latitud de hora local y la longitud. Antes de la invención del cronómetro, era muy difícil determinar la longitud, por lo cual en los mapas antiguos eran mucho más exactas las latitudes que las longitudes.

EL PRIMER MERIDIANO. — Por ser iguales todos los meridianos, se puede tomar cualquiera de ellos como inicial. A través de los tiempos, son muchos los meridianos iniciales empleados: Ptolomeo utilizó como tal el que pasaba por las islas Afortunadas (¿islas Canarias?), que marcaban el límite occidental del mundo conocido. Cuando fue mejor conocida la parte occidental de África, hubo que situar el primer meridiano más al Este, y los cartógrafos holandeses e ingleses utilizaron como tal el que pasaba por las islas Azores o por las de Cabo Verde. Los cartógrafos españoles tenían el primer meridiano que más les convenía, que era la línea de demarcación del Papa de 1498, que dividía por mitad al Brasil. La confusión así creada fue tan grande, que el rey de Francia mandó a sus cartógrafos que utilizaran como primer meridiano el que pasaba por la isla de Hierro, la más occidental de las islas Canarias, que se suponía estaba exactamente a  $20^\circ$  al oeste del Observatorio de París, pero que en realidad está a 1 minuto menos. En la tabla A-5 del Apéndice 3 se dan las longitudes de algunos primeros meridianos más importantes.

Con el auge de los nacionalismos en el siglo XVIII, cada nación tomó su propia capital como primer meridiano; y así hubo primeros meridianos en Londres, Lisboa, Madrid, París y hasta Filadelfia y Washington. El Almirantazgo inglés calculó las longitudes a partir del Observatorio de Greenwich, en Londres, y tan grande es el prestigio de tal organismo, que en la actualidad el meridiano de Greenwich se toma como inicial por todas las naciones. Este meridiano tiene el inconveniente de cortar en dos partes a Europa y África, y en general suponemos separados los hemisferios oriental y occidental por el meridiano  $20^\circ$  Oeste; pero en la parte opuesta de la Tierra resulta muy conveniente la posición de la línea internacional de cambiar de fecha a los  $180^\circ$  del primer meridiano.

Se acostumbra referir las latitudes al norte y al sur del ecuador, y las longitudes al este y al oeste del meridiano de Greenwich desde  $0^\circ$  hasta  $180^\circ$ .

Por ejemplo, las coordenadas del Observatorio Astronómico de Madrid son las siguientes:

Latitud  $40^\circ 24' 30'' 00$  N  
Longitud  $3^\circ 41' 14'' 55$  O. de Greenwich

Este sistema resulta más bien engorroso, por lo que se ha propuesto el uso de la numeración continua de longitudes, de  $0$  a  $360^\circ$  desde Greenwich hacia el Este, así como el substituir los minutos y segundos por fracciones decimales de grado. Este cambio supondría una gran labor de cálculo de nuevas tablas y calibración de los instrumentos goniométricos y son pocas las esperanzas actuales de que por algún acuerdo internacional se pueda llegar pronto a convertir en realidad este proyecto. Los mapas franceses emplean con frecuencia grados centesimales en vez de sexagesimales; en la división centesimal, la circunferencia se divide en 100 grados, cada grado en 100 minutos y cada minuto en 100 segundos. El Ejército norteamericano usa los *mils*, que dividen al círculo en 6.400 partes. El *mil* es aproximadamente el ángulo subtendido por 1 pie (0,3048 m) a 1.000 pies de distancia (o bien 1 m. a 1.000 m. de distancia), que divide al círculo en:

$$2\pi \cdot 1.000 = 6.280 \text{ partes}$$

Hay dos unidades fundamentales de medida basadas en las dimensiones de la Tierra: la milla náutica y el metro con todo el sistema métrico decimal.

LA MILLA NÁUTICA. — Una milla náutica fue en un principio un minuto de latitud; pero como la longitud lineal de un grado de latitud no es constante, resultaba que la milla náutica era algo más pequeña en el ecuador que en los polos. Para evitar este confusiónismo, el Almirantazgo británico introdujo la llamada «milla del Almirantazgo», que es el valor medio de  $1'$  de latitud, o sea 6.080 pies (1.853,18 m.). La longitud de una milla náutica en los Estados Unidos es de unas 2 pulgadas (5,08 cm.) más larga que la inglesa:

$$1 \text{ milla náutica (EE. UU.)} = 6.080,27 \text{ pies} = 1.853,25 \text{ metros} = \\ = 1,151594 \text{ millas terrestres}$$

La milla náutica de Alemania y Francia es 4 pies (1,22 m.) más corta y mide 6.076 pies (1.852,03 m.). En un principio, se llamó *milla geográfica* a la longitud lineal correspondiente a 1 minuto de longitud en el ecuador, igual a 1,1516 millas terrestres, pero también se llama así de modo indistinto la milla náutica.

EL SISTEMA MÉTRICO DECIMAL. — En el siglo XVIII, existía una gran confusión entre las diversas unidades de longitud que eran las millas, leguas, toesas, etc.; el Gobierno revolucionario de Francia adoptó por esta razón una nueva unidad de longitud igual a  $1/40.000.000$  de círculo meridiano y la llamó *metro*. Para determinar su longitud exacta se efectuó una nueva medición del meridiano, que terminó en 1799, desde el mar del Norte al Mediterráneo. En 1801, se hicieron obligatorios en Francia el metro y sus unidades derivadas, el litro, el kilogramo, el metro cuadrado y el cúbico. Mucho tiempo pasó antes que otras naciones adoptaran estas mismas unidades. En 1875, se reunieron 35 países en un congreso internacional y acordaron el empleo del sistema métrico. Actualmente emplean el sistema métrico decimal todos los países civilizados, excepción hecha del Imperio Británico y los Estados Unidos, que, no obstante, lo tienen reconocido como legal.

Mediciones más precisas del meridiano terrestre han puesto de manifiesto que la longitud de éste es en realidad algo mayor que la establecida en 1799, de tal modo que el metro no es  $1/40.000.000$  de la circunferencia de la Tierra, sino que, con toda exactitud y propiedad, se define diciendo que es la longitud de una barra de platino iridiado que se conserva en París en condiciones determinadas. Los países signatarios del Congreso antes mencionado poseen copias contrastadas de dicha barra.

ORIENTACIÓN. — Estamos tan acostumbrados a ver el Norte en la parte superior del mapa, que difícilmente podemos imaginar que sea de otra manera. Según vimos, los mapas romanos y medievales estaban *orientados*, lo cual significa que tenían el Este (Oriente) en la parte superior. Los árabes, con la vista puesta en La Meca, encontraban más apropiado colocar el Sur en lo alto de sus mapas. Los primeros mapas norteamericanos estaban a veces orientados con el Oeste arriba. Parece como si los cartógrafos de cada país tuvieran tendencia a poner en la parte superior de sus mapas la dirección a que se dirigía la atención general de la nación.

La orientación al Norte se empezó a usar en la época del resurgimiento de Ptolomeo, pero sólo se universalizó siglos después. En la actualidad, la idea de que el Norte está arriba tiene tanto arraigo en nuestro espíritu que los profesores de Geografía han de luchar continuamente contra expresiones, tan espontáneas en los escolares, como las siguientes: «Francia está por encima de España», Sicilia está junto a la parte inferior de Italia», etc. Nombres como «Baja California» se deben más a su posición en el mapa que a su elevación relativa. No hay regla alguna que se oponga a que el mapa se oriente en una dirección cualquiera, siempre que los rumbos cardinales estén indicados por paralelos y meridianos o por rosas de los vientos. A veces, una orientación arbitraria descubre relaciones insospechadas.

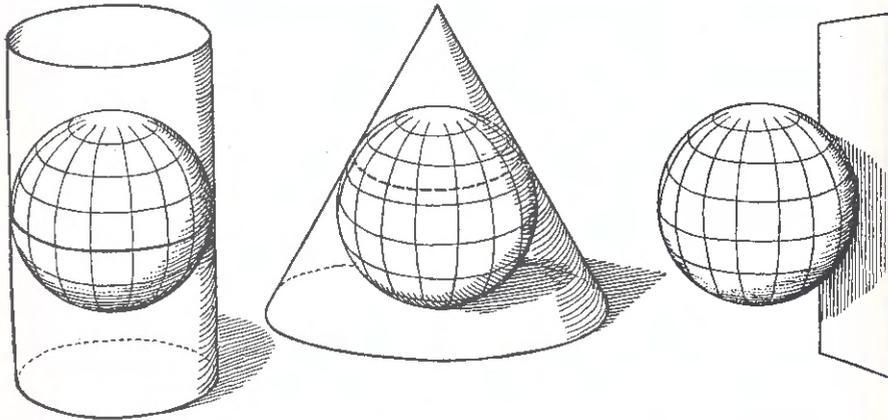
HEMISFERIOS. — La Tierra puede dividirse por la mitad de infinitas maneras, pero algunas de éstas ofrecen cierto interés especial. La división más

natural es en los hemisferios Norte y Sur por el plano del ecuador. También suele considerarse dividida la Tierra en hemisferios oriental y occidental por el plano meridiano  $20^\circ$  O. —  $160^\circ$  E.

También suele hablarse del *hemisferio sólido*, que es la mitad de nuestro planeta que contiene la mayor parte de tierra firme: su centro cae cerca de Nantes, en Francia, y en el mismo se encuentra el 81 por 100 de toda la tierra firme, y, si no consideramos con este carácter los grandes casquetes de hielo, este porcentaje llega al 90. Casi todos los habitantes de la Tierra viven en una mitad de ella nada más; el *hemisferio habitado* tiene su centro en los Alpes francoitalianos y contiene el 95 por 100 de toda la Humanidad. Podemos, pues, decir con toda propiedad que la Tierra está realmente desequilibrada.

CAPÍTULO V  
PROYECCIONES (1)

Es muy fácil trazar sobre una esfera un sistema de paralelos y meridianos, pero su representación en un plano requiere un estudio especial, ya que la superficie esférica no puede desarrollarse sobre un plano sin que se deforme o se rompa. Si se trata de representar en un mapa una pequeña parte de la



FIGS. 35, 36 Y 37. — La mayoría de las proyecciones cartográficas están referidas a un cilindro, un cono o una esfera. Los sistemas realmente empleados son modificaciones de la primitiva teoría geométrica.

superficie terrestre, por ejemplo, una zona de 250 a 300 kilómetros cuadrados, la deformación escasamente sobrepasa los límites del estiramiento del papel; pero, tratándose de mapas de mayor extensión, como de naciones enteras, hay que resolver el problema de manera muy diferente.

Son varios los métodos seguidos para vencer esta dificultad. El más sencillo consiste en rodear la esfera con un cilindro (fig. 35) o con un cono

(1) En el estudio de las proyecciones que comienza en este capítulo reducimos al mínimo los desarrollos matemáticos, para no salirnos del carácter elemental de este libro.

(fig. 36), o en colocar aquélla tangencialmente a un plano (fig. 37) y proyectar una parte de la red de meridianos y paralelos desde el centro de la esfera o desde otro punto convenientemente elegido sobre el cilindro, el cono o el plano tangente. Cortando después el cilindro o el cono a lo largo de una generatriz y extendiéndolo sobre un plano se tiene un sistema de meridianos y paralelos resultado de una verdadera proyección.

En la práctica son pocas las proyecciones trazadas conforme a este método. La mayoría de las empleadas son modificaciones de proyecciones geométricas y en muchos casos lo son en tal grado que apenas si se conserva algo de las relaciones y proporciones originales. Por estas razones no debiera emplearse el término «proyección» para designar el reticulado plano de meridianos y paralelos, pero la costumbre ha consagrado su uso de modo universal, por lo cual seguiremos empleándolo en lo sucesivo.

Así, pues, podemos definir una proyección diciendo que es un sistema plano de meridianos y paralelos sobre el cual puede dibujarse un mapa. Son centenares los medios de trazar o construir tales sistemas, pero no todos son igualmente aceptables, ya que unos se prestan bien para una cierta aplicación y otros para otras. Sin embargo, no puede decirse que para cada mapa exista una determinada proyección como la mejor de todas, por lo cual el cartógrafo tiene que saber escoger el sistema más apropiado para cada caso.

Se dice que una proyección es *equivalente* o *autálica* cuando una zona o extensión cualquiera, grande o pequeña, tiene la misma superficie en el plano que en una esfera a igualdad de escala. No puede conseguirse esta igualdad de superficie sin que vaya acompañada de una deformación considerable que hace variar grandemente los ángulos reales, sobre todo en los bordes de la extensión representada. Los mapas equivalentes son buenos para poner de relieve la distribución de productos en los estudios económicos o industriales.

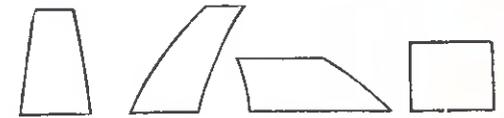


FIG. 38. — A veces se obtiene la igualdad de superficie con una excesiva deformación de la figura.

Las proyecciones *conformes* u *ortomorfas* (1) son aquellas en que cualquier parte de no mucha extensión tiene la misma forma en el plano que en la esfera; es decir, que un rectángulo en la esfera está representado por un rectángulo en el plano; la relación entre las longitudes de meridianos y paralelos en el plano es igual a la misma relación en la esfera. Aparentemente esta propiedad es de gran valor, pero en la práctica tales proyecciones entrañan un cambio de superficie considerable. Las proyecciones conformes son

(1) También reciben estas proyecciones los nombres de *autogonales*, *soogónicas* e *isogónicas*. — N. del T.

especialmente convenientes en las aplicaciones en que la conservación de ángulos y direcciones es condición indispensable; su principal uso se tiene en la navegación. Evidentemente no hay proyección que sea al mismo tiempo *equivalente y conforme*; únicamente en una esfera (globo terrestre) se cumple esta condición; pero no es posible desarrollar un globo sobre un plano sin deformación (1).

Desde un punto de vista matemático, la igualdad de superficie y la de forma constituyen propiedades de las proyecciones muy dignas de tenerse en cuenta y su construcción es un interesante problema geométrico. En cambio, desde el punto de vista práctico carecen tales propiedades de tanta importancia; el cartógrafo prefiere una proyección intermedia entre la equivalente y la conforme que no altere de modo excesivo la forma ni el tamaño.

CONSTRUCCIÓN DE PROYECCIONES. — En todo sistema de proyección solamente los paralelos o solamente los meridianos u otras ciertas líneas pueden ser verdaderas, es decir, pueden ser de igual longitud que las correspondientes en un globo de igual escala. Las demás líneas son demasiado largas o cortas. Si todos los meridianos y todos los paralelos fueran verdaderos, tendríamos un globo terráqueo y no un *mapamundi*. Lo más importante al construir una proyección es saber cuáles son las líneas verdaderas, ya que éstas son las primeras que hay que trazar. Decir que el meridiano ha de dividirse en partes *verdaderas* significa que hay que tomar en el mapa y la escala de que se trate 111,1 km. por cada grado. Si los paralelos han de representarse en su verdadera magnitud hay que dividir aquéllos en trozos de longitud  $111,1 \cos \varphi$ , correspondientes a la separación entre dos meridianos consecutivos. Un meridiano o un paralelo dividido en trozos de verdadera magnitud queda dividido también en partes iguales; pero no siempre que una de estas líneas está dividida en partes iguales lo ha de estar también en partes verdaderas. (Véase en el Apéndice 3 la tabla A-2, en la que se da el valor del coseno para los ángulos comprendidos entre 0 y 90°.)

CLASIFICACIÓN DE LAS PROYECCIONES. — Las proyecciones se clasifican según su modo de obtención en *cilíndricas*, *cónicas* o *acimutales*; la superficie inicial de proyección (el cuadro) es respectivamente un cilindro, un cono o un plano. Pero de todos es sabido que la mayor parte de las proyecciones no se idearon así en un principio, sino que fueron apareciendo como resultados casuales de las primeras representaciones gráficas. Algunas no puede decirse que correspondan exactamente a una proyección sobre un cilindro, sobre un cono o sobre un plano tangente a la esfera. Por esta razón, y para evitar confusiones, es más conveniente agrupar las proyecciones en las siguientes clases:

(1) Las proyecciones en que las longitudes en el plano son iguales a las correspondientes en el Globo terráqueo se llaman *automecóicas*, y las que conservan inalterable el valor de los ángulos homólogos se llaman *autogonales*. — N. del T.

1. Proyecciones con paralelos horizontales.
2. Proyecciones cónicas.
3. Proyecciones acimutales y análogas.
4. Proyecciones convencionales.

#### PROYECCIONES CON PARALELOS HORIZONTALES

PROYECCIONES CILÍNDRICAS. — En esta clase de proyecciones, los paralelos de igual latitud aparecen en el mapa a la misma altura sobre el paralelo que se toma como referencia. Esta propiedad ofrece gran interés, sobre todo por la estrecha relación existente entre latitud y clima. Otra ventaja de este sistema horizontal consiste en que pueden suprimirse los paralelos y los meridianos indicando simplemente su posición a los lados del mapa de que se trate.

También resulta ventajoso el no tener que escribir la rotulación en forma curvada a lo largo de los paralelos. Las proyecciones con paralelos horizontales se prestan de modo especial para la confección de mapas esquemáticos o de cualquier otra clase tratándose de latitudes bajas. Es frecuente el llamar *cilíndricas* únicamente a las proyecciones con paralelos horizontales y meridianos verticales. En esta clase de proyecciones los meridianos están siempre espaciados de igual modo y se diferencian unas de otras solamente en la separación entre los paralelos.

PROYECCIÓN EQUIRECTANGULAR. — Esta es la proyección más sencilla, consistente en una retícula de líneas verticales (meridianos) a igual distancia unas de otras y de líneas horizontales (paralelos), también equidistantes entre sí. El paralelo central del mapa se toma como base y se divide a escala en partes iguales de magnitud verdadera, lo mismo que en un globo terráqueo de idéntica escala. En el globo, la longitud de 1° de longitud a la latitud  $\varphi$  es:

$$1^\circ \text{ de longitud} = 1^\circ \text{ de latitud} \times \cos \varphi$$

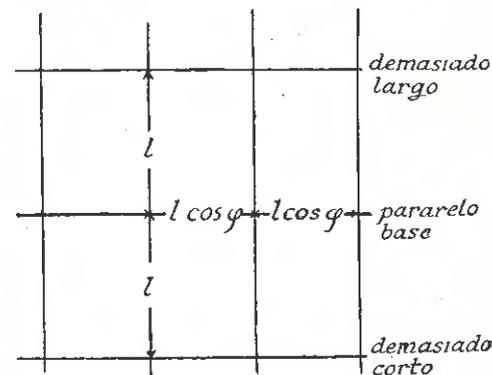


FIG. 39. — En la proyección equirectangular la escala es exacta en el paralelo central y en todos los meridianos, pero los demás paralelos son demasiado largos o demasiado cortos.

Se trazan primero los paralelos (una serie de rectas paralelas a equidistancia verdadera), se toma el paralelo base, se divide según la fórmula anterior y se trazan las líneas verticales representativas de los meridianos.

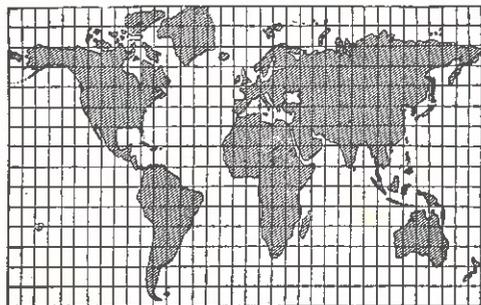


FIG. 40. — Mapa del mundo en proyección equirectangular. El paralelo base es el 48°.

su sencillez. Se emplea principalmente para planos de población, mapas de pequeñas regiones o de naciones de pequeña extensión. Esta proyección no es ni equivalente ni conforme, pero las superficies resultan menos alteradas que en la de Mercator. En la figura 40 se ve el mapa del mundo en proyección equirectangular con el paralelo 48° como base.

Cuando se toma como paralelo base el ecuador, el canevas resultante está formado de cuadrados iguales; este sistema fue empleado por Marino de Tiro (siglo I de la era cristiana). También fue seguido este sistema en los mapas portulanos, aunque parece que estos mapas fueron primeramente dibujados sin sujeción a proyección alguna y que el reticulado fue agregado posteriormente.

**PROYECCIÓN MERCATOR.** — En 1569, construyó Mercator su mapamundi en esta proyección, reseñando sobre el mismo mapa su fundamento y características. La proyección Mercator consta

de paralelos horizontales y meridianos verticales. Los meridianos equidistantes entre sí están colocados de tal modo que, en el ecuador, esta equidistancia está representada en verdadera magnitud a la escala correspondiente. Los paralelos están dispuestos de tal manera que, en una zona de dimensio-

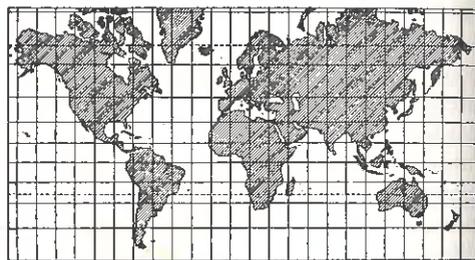


FIG. 41. — En la proyección Mercator están muy exageradas las superficies en las altas latitudes. Solamente en el ecuador las dimensiones son exactas.

Las dimensiones son exactas a escala sobre todos los meridianos y sobre el paralelo central; pero los paralelos situados al norte de este último son demasiado largos, y los que se encuentran al sur resultan demasiado cortos (fig. 39). Las direcciones Norte, Sur, Este y Oeste no experimentan variación alguna sobre el mapa, pero todas las demás quedan alteradas.

La proyección equirectangular es muy práctica debido a

nes relativamente pequeñas, la relación entre dos distancias tomadas respectivamente sobre meridianos y paralelos es igual a la relación entre las longitudes homólogas en el globo terráqueo. Por ejemplo, a los 60° de latitud, la distancia entre dos paralelos consecutivos es doble que en el ecuador; y como los meridianos guardan entre sí la misma separación en todas las latitudes, resulta que las dimensiones del mapa están exageradas en un ciento por ciento en la latitud de 60°. A los 80° de latitud, esta amplificación de dimensiones es de seis veces. Es evidente que en esta proyección no puede estar representado el polo, ya que los meridianos son paralelos entre sí y por lo tanto no se cortan. La proyección Mercator no es la proyección de una esfera sobre un cilindro, sino una modificación de esta clase de representaciones.

En la esfera los paralelos van siendo más cortos a medida que se acercan a los polos, y su longitud es proporcional al coseno de la latitud. En la proyección Mercator, los paralelos tienen todos la misma longitud, lo cual significa que cada paralelo está aumentado en  $1:\cos \varphi = \sec \varphi$ , donde  $\varphi$  es la latitud expresada en grados. Para que sea una misma la escala para meridianos y paralelos, cada grado de latitud debe aumentarse en el secante de la latitud.

En un paralelo cualquiera, la distancia  $y$  que lo separa del ecuador es igual a la suma de las secantes de las latitudes, a saber:

$$y = \sec 1' + \sec 2' + \sec 3' + \dots + \sec \varphi$$

También existe una fórmula más sencilla para  $y$ , deducida de la fórmula general aplicable a todas las proyecciones conformes:

$$y = R \times l. \operatorname{tg} \left( 45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) = R 2.302585 l. \operatorname{tg} \left( 45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right)$$

donde  $R$  es el radio de la Tierra,  $\varphi$  es la latitud y  $l.$  es el símbolo de logaritmo neperiano. En esta fórmula no se tiene en cuenta el achatamiento de la Tierra, pues, de hacerlo así, la ecuación resultante sería en extremo complicada. En la tabla VI que damos a continuación, se consignan los valores exactos para  $y$  en función de los grados de latitud.

Para la construcción de mapas Mercator de gran escala hay que hacer uso de tablas más detalladas, como las de Deetz y Adams.

La proyección Mercator presenta algunas características muy interesantes; de su definición se desprende que es una proyección conforme, es decir, que, en extensiones reducidas, la forma de la parte representada es igual a la real sobre la Tierra; pero, como la escala varía considerablemente, la forma de las grandes extensiones queda muy alterada. Por ejemplo, en la proyección Mercator aparece Groenlandia de mayor tamaño que Sud-

América, mientras que en realidad es igual aproximadamente a la octava parte de esta última (fig. 46).

La propiedad más importante de la proyección Mercator es que es el único sistema en que *todos los rumbos o loxodrómicas son líneas rectas*; esta cualidad tiene extraordinaria importancia en náutica. *Las loxodrómicas son líneas que sobre el globo terráqueo tienen rumbo constante y cortan a todos los meridianos formando ángulos iguales*: por cortarse todos los meridianos en los polos, las loxodrómicas aparecen en el globo como líneas curvas que se acercan a los polos describiendo una especie de espiral, sin llegar, en rigor de verdad, a pasar por los mismos (fig. 42).

TABLA VI. — PROYECCIÓN MERCATOR

Distancias entre los paralelos y el ecuador en minutos de longitud sobre el ecuador, tomando como elipticidad (achatación) de la Tierra 1/294

Grados	$\gamma$	Grados	$\gamma$	Grados	$\gamma$
1	59.596	27	1672.923	54	3845.738
2	119.210	28	1740.206	55	3948.830
3	178.862	29	1808.122	56	4054.537
4	238.568	30	1876.706	57	4163.027
5	298.348	31	1945.992	58	4274.485
6	358.222	32	2016.015	59	4389.113
7	418.206	33	2086.814	60	4507.133
8	478.321	34	2158.428	61	4628.789
9	538.585	35	2230.898	62	4754.350
10	599.019	36	2304.267	63	4884.117
11	659.641	37	2378.581	64	5018.419
12	720.472	38	2453.888	65	5157.620
13	781.532	39	2530.238	66	5302.164
14	842.842	40	2607.683	67	5452.493
15	904.422	41	2686.280	68	5609.149
16	966.296	42	2766.089	69	5772.739
17	1028.483	43	2847.171	70	5943.955
18	1091.007	44	2929.594	71	6123.602
19	1153.893	45	3013.427	72	6312.610
20	1217.161	46	3098.747	73	6512.071
21	1280.835	47	3185.634	74	6723.275
22	1344.945	48	3274.173	75	6947.761
23	1409.513	49	3364.456	76	7187.387
24	1474.566	50	3456.581	77	7444.428
25	1540.134	51	3550.654	78	7721.700
26	1606.243	52	3646.787	79	8022.758
		53	3745.105	80	8352.176

El camino más corto entre dos puntos de la esfera es el *círculo máximo*, pero si un barco hubiere de seguir esta ruta tendría que ir cambiando continuamente de rumbo, por lo cual, para distancias cortas, los barcos siguen de ordinario la loxodrómica. El marino une su punto de partida con el de llegada mediante una línea recta sobre un mapa de Mercator; toma el rumbo de esta línea recta valiéndose de una rosa de los vientos impresa en el mismo mapa y mantiene su buque sobre tal rumbo, teniendo en cuenta las derivas producidas por los vientos y las corrientes marinas.

Por aumentar la deformación en los mapas Mercator al acercarse a los polos no se pueden emplear las escalas ordinarias. Las cartas náuticas que representan grandes extensiones no están construidas a escala, sino que llevan sus bordes divididos en grados y minutos. Las distancias se deducen fácilmente sabiendo que 1 minuto de latitud corresponde aproximadamente a una milla marina. En los mapas Mercator de todo el mundo de tamaño reducido se utilizan escalas especiales para hallar la variación de distancias en las diferentes latitudes.

Casi todas las cartas marinas están hechas en proyección Mercator. Incluso en los mapas aeronáuticos, que hasta ahora empleaban casi exclusivamente la proyección cónica conforme de Lambert, se empieza a usar la proyección Mercator en mapas parciales de escala uniforme.

Años atrás, se empleaba casi siempre la proyección Mercator para los mapamundis. Hasta para fines estadísticos, donde debieran utilizarse mapas equivalentes (de igual área), se emplea todavía la proyección Mercator, no obstante su acentuada anamorfosis. Ello obedece a varias razones, una de las cuales es su facilidad de construcción, y otra consiste en la ventaja que reportan los paralelos horizontales y los meridianos verticales. Quizá la causa principal de la popularidad de los mapas Mercator sea su propia anamorfosis.

De todos es conocida la dificultad de rotular «Suiza» o «Países Bajos» en un mapamundi; en cambio se rotulan perfectamente los países situados en altas latitudes sobre un mapa construido con una proyección que exagere

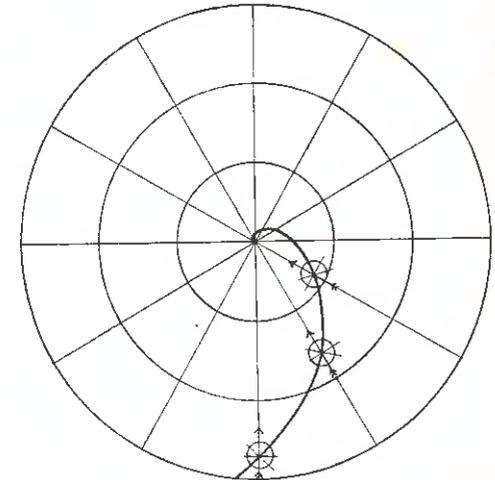


FIG. 42. — Las loxodrómicas son líneas que tienen el mismo rumbo en toda su longitud.

las superficies correspondientes. La proyección Mercator deforma tanto las superficies en las latitudes superiores, que da lugar a ideas erróneas sobre extensiones y distancias, por lo cual su empleo debe restringirse todo lo posible. Recientemente se ha puesto en uso una variante de la proyección

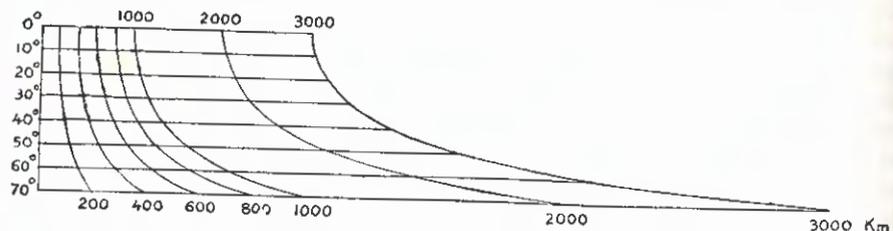


FIG. 43. — Escala de distancias para un mapamundi en proyección Mercator. Las curvas son sinusoides.

Mercator llamada *proyección transversa*, de la cual nos ocuparemos en el capítulo VII.

**PROYECCIÓN DE GALL.** — En esta proyección se supone que la esfera es cortada por un cilindro que pasa por los paralelos 45° N. y 45° S. Los meridianos son líneas rectas verticales con equidistancia verdadera en los citados

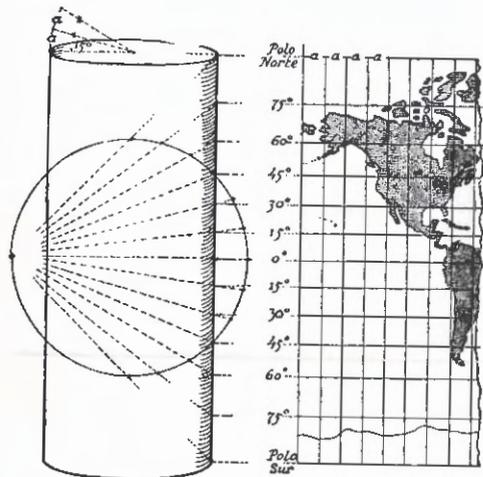


FIG. 44. — Proyección cilíndrica de Gall: desarrollo de un cilindro que corta a la esfera por los paralelos de 45°. Los paralelos están proyectados desde el ecuador, tomando como centros de proyección los de intersección en este círculo con los diferentes meridianos.

paralelos; todos los paralelos son líneas rectas horizontales y la distancia entre ellos se determina proyectando cada meridiano desde su punto antípoda en el ecuador sobre el cilindro secante indicado. Solamente los dos paralelos de 45° están representados en verdadera magnitud; en las regiones ecuatoriales, las extensiones quedan rebajadas, y, hacia los polos, exageradas, pero no tanto como en la proyección Mercator.

La *proyección cilíndrica central* se obtiene proyectando la superficie de la esfera desde su centro sobre un cilindro tangente en el ecuador; se corta después el cilindro por un meridiano y se extiende sobre un plano. Este sistema exagera las superficies

en las altas latitudes más aún que la de Mercator, y sólo se emplea para estudios astronómicos.

La *proyección cilíndrica equivalente* se obtiene proyectando la superficie esférica mediante rayos horizontales desde las diferentes puntas del

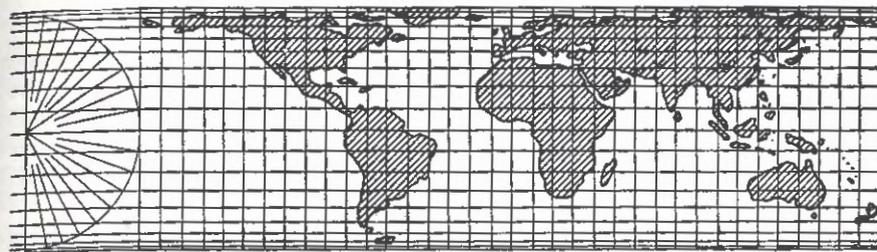


FIG. 45. — Mapamundi en proyección cilíndrica equivalente.

eje de la Tierra sobre un cilindro tangente en el ecuador. Esta proyección se usa muy poco por la gran anamorfosis a que da lugar en las latitudes superiores.

**PROYECCIÓN SINUSOIDAL (MERCATOR-SANSON-FLAMSTEED).** — En esta proyección, los paralelos son rectas horizontales con separación verdadera; el meridiano central es una línea recta, y los demás son curvas definidas por los puntos de división verdadera de los paralelos. La longitud del grado de longitud en cada paralelo está dada por la fórmula:

$$1^\circ \text{ long.} = 1^\circ \text{ lat.} \times \cos \varphi$$

donde  $\varphi$  es la latitud en grados.

También pueden trazarse los meridianos como se ve en la fig. 47. Esta construcción nos dice que los meridianos son sinusoides (exactamente cosinusoides), de donde la proyección ha tomado su nombre.

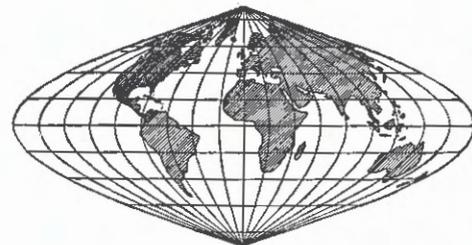


FIG. 46. — En la proyección sinusoidal, las regiones tropicales están poco deformadas, pero la anamorfosis es muy grande en las latitudes elevadas.

Este canevas se llamó en un tiempo proyección de Sanson-Flamsteed, en honor del cartógrafo francés Nicolás Sanson y del astrónomo inglés Flamsteed. Pero después se abandonó este nombre al demostrarse que Mercator y otros la habían empleado mucho antes.

El mapa de América de la figura 21 está construido con esta proyección.

Cada cuadrilátero elemental en esta proyección tiene la misma base y

la misma altura que el correspondiente en el globo; es decir, que es una proyección equivalente. Las dimensiones son verdaderas sobre el meridiano central y sobre todos los paralelos; pero quedan muy falseadas en los demás meridianos, sobre todo en los más alejados del central, razón por la cual raramente se emplea esta proyección para los mapamundis.

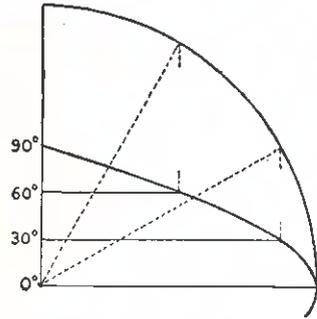


FIG. 47. — Construcción de meridianos para la proyección sinusoidal.

tas horizontales y los meridianos son elípticos entre sí.

El ecuador tiene doble longitud que el meridiano central y está dividido en partes iguales. Los meridianos son de muy fácil construcción, por ser elípticos, y cada hemisferio puede representarse por un círculo. Los paralelos son horizontales y están espaciados de tal modo que cada zona comprendida entre dos consecutivos tiene igual área que la zona correspondiente en el globo, es decir, que esta proyección es equivalente. El cálculo del espaciado entre paralelos es muy complicado y se sale del carácter de este libro, pero existen tablas para su determinación, como la que en forma abreviada damos a continuación.

TABLA VII. — PROYECCIÓN MOLLWEIDE  
Distancia del ecuador al polo = 1

Latitud	Distancia de los paralelos al ecuador	Latitud	Distancia de los paralelos al ecuador
0°	0.000	50	0.651
5	0.069	55	0.708
10	0.137	60	0.762
15	0.205	65	0.814
20	0.272	70	0.862
25	0.339	75	0.906
30	0.404	80	0.945
35	0.468	85	0.978
40	0.531	90	1.000
45	0.592		

Se usa mucho esta proyección para mapas de regiones ecuatoriales y para Sudamérica, África y Australia. También se emplea ventajosamente esta proyección para pequeñas regiones en latitudes medias cuando su dimensión principal es la Norte-Sur.

PROYECCIÓN MOLLWEIDE (HOMOLOGRÁFICA). — Esta proyección fue inventada en 1805 por el alemán Carlos B. Mollweide y extendida en 1857 por J. Babinet con el nombre de *homolográfica*, que en griego significa «trazado igual o uniforme». Los paralelos son líneas rec-

Los meridianos elípticos se pueden construir de varios modos; uno de los más sencillos es el representado en la figura 48. Otro método consiste en dividir por igual los paralelos dentro del hemisferio circular; los paralelos están más cerca unos de otros en las proximidades del polo que en el ecuador, llegando a ser la diferencia hasta de un 25 por 100. Suponiendo un globo de igual superficie que el mapa, solamente los dos paralelos de 40° 40' están representados en verdadera magnitud. El ecuador es un poco corto. La anamorfosis periférica es grande, pero menor que en la proyección sinusoidal.

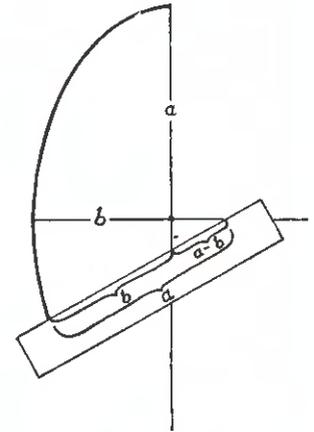


FIG. 48. — Trazado de elipses. Se mueve la tira de papel de modo que los extremos del segmento *a-b* se mantengan siempre sobre los ejes de la elipse.

En Europa se emplea mucho esta proyección para los mapamundis, quedando convenientemente distribuidos los demás continentes cuando el europeo está en el centro del mapa; pero Norteamérica queda muy deformada, por lo cual no se utilizan tales mapas en los Estados Unidos. Esta proyección es recomendable para los mapas hemisféricos.

PROYECCIÓN HOMOLOGRÁFICA CORTADA, DE GOODE. — Acabamos de ver que en los mapamundis construidos en la proyección sinusoidal o en la de Mollweide queda Norteamérica muy deformada cuando Europa ocupa el centro; por otra parte no conviene situar Norteamérica en el centro, porque en este caso quedaría Asia partida por la mitad y la zona menos deformada del mapa sería la ocupada por el océano Pacífico, como se ve en

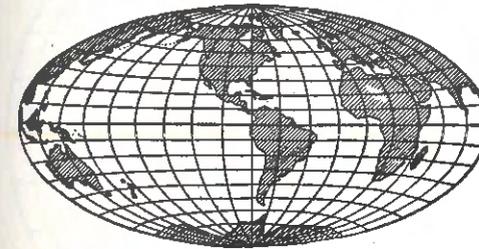


FIG. 49. — Si en la proyección Mollweide se sitúa América en el centro, quedan muy deformadas Europa y Asia.

la figura 49. Para salvar esta dificultad, el profesor de Cartografía Paul Goode ideó su proyección cortada (figura 50).

El ecuador está dividido en partes iguales y los paralelos están situados como en la proyección Mollweide. En vez de un meridiano central único, cada continente tiene un meridiano convencional que se toma como central, a partir del cual, a izquierda y derecha, se toman los otros meridianos, según ya se dijo anteriormente. Esta proyección es, como se ve, equivalente y sin anamorfosis, ya que sólo se utiliza la parte del

cuadrículado que menos deforma las figuras. Este mismo principio puede aplicarse a las proyecciones sinusoidal y de Eckert. Posteriormente, ideó Goode su proyección homalosenoidal, en la cual las latitudes inferiores a los 40° están representadas en la proyección sinusoidal y las superiores en la de Mollweide.

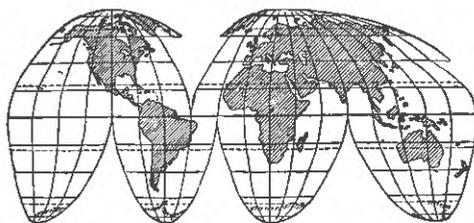


FIG. 50. — En la proyección cortada homalosenoidal de Goode, se conjuga la equivalencia de áreas con la mínima anamorfosis.

mapa de tal modo que los continentes queden partidos, mientras que los mares permanecen más o menos intactos.

**PROYECCIÓN ECKERT.** — El profesor alemán Max Eckert, inspirado en las ideas de Apiano (siglo XVI), introdujo una serie de proyecciones en que los polos, en vez de ser puntos como de ordinario, están representados por paralelos de longitud igual a la mitad del ecuador (fig. 51).

Eckert propuso seis proyecciones, la cuarta de las cuales se popularizó mucho en Europa. En la primera y en la segunda, los meridianos son líneas rectas; en las tercera y cuarta, son elipses, y en las quinta y sexta, son sinusoides, todos equidistantes tanto en el ecuador como sobre cualquier para-

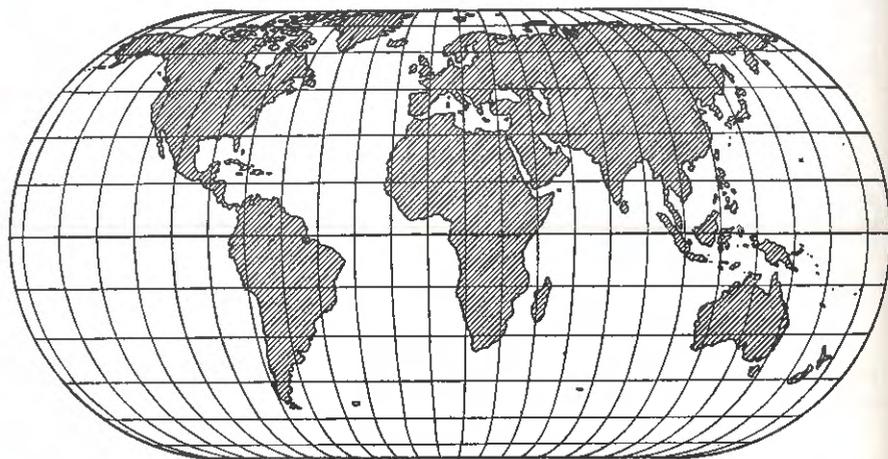


FIG. 51. — La cuarta proyección de Eckert. Sus polos están representados por líneas de longitud igual a la mitad del Ecuador.

lelo. En las proyecciones primera, tercera y quinta, los paralelos están igualmente espaciados; la segunda, cuarta y sexta son equivalentes. Las regiones situadas en las latitudes medias quedan menos deformadas que en las proyecciones sinusoidal o de Mollweide, debido a la menor convergencia de los meridianos.

En la tabla siguiente se consigna el espaciado entre paralelos en la proyección cuarta de Eckert.

TABLA VIII. — ESPACIADO DE PARALELOS EN LA CUARTA PROYECCIÓN DE ECKERT

<i>Latitud</i>	<i>Distancia de los paralelos al ecuador</i>	<i>Latitud</i>	<i>Distancia de los paralelos al ecuador</i>
0°	0	50	0.718
5	0.078	55	0.775
10	0.155	60	0.827
15	0.232	65	0.874
20	0.308	70	0.915
25	0.382	75	0.950
30	0.454	80	0.976
35	0.525	85	0.994
40	0.592	90	1
45	0.657		

CAPÍTULO VI  
PROYECCIONES CÓNICAS

Este género de proyecciones tiene su origen, salvo algunas modificaciones, en la proyección del globo sobre un cono tangente. Todas las proyecciones cónicas tienen paralelos circulares y meridianos radiales y se adaptan de modo especial a la representación de regiones situadas en la zona de latitudes medias.

**PROYECCIÓN CÓNICA SIMPLE.** — Se llama así a la proyección del globo desde su centro sobre un cono tangente que después se desarrolla cortándolo por una de sus generatrices. Los paralelos son círculos paralelos y los meridianos son rectas concurrentes en el centro (radiales) que cortan a cada paralelo en partes iguales entre sí. Esta proyección, llamada también *cónica tangente y cónica pura*, no se emplea en su forma original a causa del desigual espaciamento entre los paralelos. En las proyecciones cónicas usadas en la práctica, los paralelos guardan entre sí sus verdaderas distancias iguales entre sí.

La construcción de una proyección cónica simple es relativamente fácil. Se toma un paralelo base próximo al centro del mapa, se traza un cono tangente al globo a lo largo de este paralelo, hallándose así el radio  $r$  del círculo que ha de representar al paralelo base en la proyección desarrollada (fig. 52). No es preciso determinar gráficamente el radio  $r$ , ya que puede calcularse de un modo muy sencillo, puesto que, llamando  $\varphi$  a la latitud correspondiente a un cierto paralelo, se tiene:

$$r = R \cot \varphi$$

donde  $R$  es el radio del globo. En la tabla IX se consignan los valores de  $r$  para las diferentes latitudes.

La longitud de 1° de paralelo que está representada en verdadera magnitud es:

$$\frac{2 \pi R \cos \varphi}{360}$$

En la proyección cónica simple, las dimensiones son verdaderas sobre el paralelo base y sobre todos los meridianos (fig. 53). El polo está representado por un arco de círculo a distancia verdadera del paralelo base. Al norte y al sur del paralelo base, las dimensiones quedan alteradas. No es

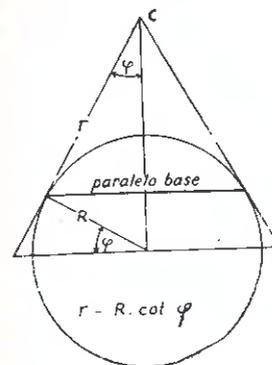


FIG. 52. — Determinación del radio del paralelo base.

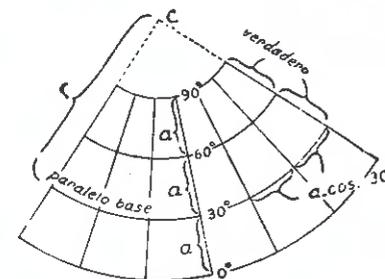


FIG. 53. — Desarrollo de la proyección cónica simple.

conveniente extender demasiado esta proyección en una u otra dirección a partir del paralelo base a causa de la anamorfosis, creciente con la latitud. Esta proyección no es conforme ni equivalente, pero los meridianos y paralelos se cortan en ángulo recto y su precisión es suficiente tratándose de regiones dilatadas.

TABLA IX. — RADIOS DE LOS PARALELOS EN LA PROYECCIÓN CÓNICA  
 $r = R \cot \varphi$

(Radio de la Tierra: $R = 1$ )			
0°		50°	0.8391
5	11.430	55	0.7002
10	5.671	60	0.5774
15	3.732	65	0.4663
20	2.747	70	0.3640
25	2.145	75	0.2679
30	1.732	80	0.1763
35	1.428	85	0.0875
40	1.192	90	0.0000
45	1.000		

Cuando el paralelo base es el ecuador, el cono tangente se convierte en un cilindro, y la proyección resultante es un mapa cilíndrico. Si el paralelo

base fuera el polo, el cono tangente sería un plano y la proyección resultante se llama azimutal polar equidistante.

La proyección cónica se emplea con frecuencia para la formación de atlas, no sólo por su sencillez y relativa precisión, sino porque un mapa construido en esta proyección es divisible en secciones, lo cual constituye una gran ventaja, ya que puede dibujarse una región entera en una hoja y dividirse después según el tamaño de las páginas del atlas. De esta propiedad participan también las proyecciones equirrectangular de Mercator, cilíndrica y polar, pero no las demás.

**PROYECCIÓN CÓNICA CON DOS PARALELOS BASE.** — En la proyección cónica simple, las dimensiones están falseadas tanto al norte como al sur del

paralelo central y, para remediar este inconveniente se han introducido las siguientes modificaciones: en vez de un solo paralelo base, se dividen dos paralelos en partes verdaderas, uno en la parte superior y otro en la inferior del mapa. La mayor precisión se obtiene cuando los dos paralelos tomados comprenden los dos tercios de la altura del mapa. La distancia entre los dos paralelos base es verdadera, y su centro y radios se determinan del modo indicado en la figura 54. Los paralelos son arcos de círculo descritos desde su centro, con radio verdadero. Sus meridianos son líneas rectas que pasan por los puntos de división de los paralelos base; la comprobación del trazado se tiene en el hecho de que todos los meridianos han de encontrarse en el punto O. Las dimensiones quedan ligeramente acortadas a lo largo del paralelo central y algo exa-

geradas sobre los paralelos marginales. Esta anamorfosis es muy pequeña para regiones reducidas; aun tratándose de extensiones considerables como la ocupada por los Estados Unidos, el error no pasa del 2 por 100.

Esta proyección es en cierto modo igual a la que se obtiene al proyectar el globo sobre un cono que corte a la esfera por los dos paralelos base, por lo cual se la suele llamar también, aunque impropriamente, *proyección cónica secante* y se emplea con frecuencia en los atlas. El mapa inglés de Asia a escala 1:4.000.000 está construido en esta proyección.

**PROYECCIÓN CÓNICA EQUIVALENTE CON DOS PARALELOS BASE O PROYECCIÓN ALBERS.** — Es evidente que, variando convenientemente el espaciado entre los paralelos de una proyección cónica, puede hacerse que ésta resulte equivalente. Una proyección de esta clase con un solo paralelo base fue la

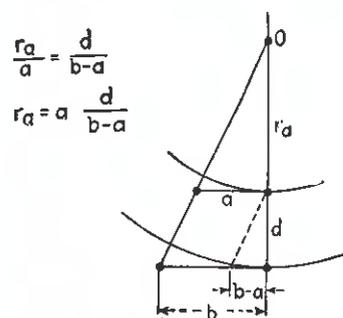


FIG. 54. — Determinación del centro O en la proyección cónica con dos paralelos base;  $a$  y  $b$  son las verdaderas longitudes de los paralelos, o de partes correspondientes de los mismos (de  $10^\circ$ , por ejemplo);  $d$  es la verdadera distancia entre los dos paralelos base.

ideada por Lambert en 1772, y otra con dos paralelos base fue introducida por H. C. Albers en 1805.

Esta última, que es equivalente y con muy pequeña anamorfosis, se ha empleado en muchos levantamientos topográficos de grandes extensiones; sus paralelos son concéntricos y los meridianos son líneas rectas concurrentes en el centro de aquéllos. Se toman dos paralelos como bases, de modo que abarquen aproximadamente los dos tercios de la altura del mapa, y sus radios se calculan de tal manera que la proyección resulte equivalente. En la tabla X se dan los valores correspondientes a un mapa de los Estados Unidos, cuya situación y configuración se prestan muy bien al empleo de la proyección Albers. Los paralelos base son automecóicos, y sus partes también lo son; uniendo sus puntos de división, se obtienen los meridianos, que, además, han de pasar todos por el centro de los paralelos. Los polos quedan representados por paralelos.

En un mapa de los Estados Unidos así construido, la anamorfosis en distancias no pasa del 1 por 100 en el centro, y de 11,25 por 100 en los márgenes, cantidades que apenas exceden de las producidas por las dilataciones y contracciones del papel por la humedad.

Esta proyección fue empleada en un mapa de Europa a escala 1:750.000, publicado en Viena, y también para varios levantamientos topográficos en Rusia. Los radios de los paralelos base se calculan mediante las fórmulas siguientes:

$$r_1 = kR \cos \varphi_1 \quad \text{y} \quad r_2 = kR \cos \varphi_2$$

donde  $r_1$  y  $r_2$  son los radios buscados,  $\varphi_1$  y  $\varphi_2$  sus respectivas latitudes,  $R$  el radio de la Tierra; y

$$k = \frac{1}{\sin \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} \cos \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}}$$

La fórmula general para un radio cualquiera es:

$$r^2 = \frac{1}{2}(r_1^2 + r_2^2) + 2R^2(1 - k \sin \varphi)$$

**PROYECCIÓN CÓNICA CONFORME DE LAMBERT CON DOS PARALELOS BASE.** — Esta proyección es la más empleada en las cartas aeronáuticas, por su pequeña anamorfosis y sus acímutos relativamente rectilíneos para una región de varios cientos de kilómetros cuadrados. En esta proyección, los paralelos concéntricos están espaciados de tal modo que cada cuadrilátero del canevas tiene las mismas proporciones que en el globo. Los meridianos radiados desde el centro de los paralelos cortan a los dos paralelos principales en

partes de verdadera magnitud. Los radios de los paralelos se pueden calcular en las siguientes fórmulas:

$$r_1 = m (\operatorname{tg} \frac{1}{2} \psi_1)^n \quad \text{y} \quad r_2 = m (\operatorname{tg} \frac{1}{2} \psi_2)^n$$

donde  $\psi$  es la colatitud y

$$n = \frac{\log \operatorname{sen} \psi_1 - \log \operatorname{sen} \psi_2}{\log \operatorname{tg} \frac{1}{2} \psi_1 - \log \operatorname{tg} \frac{1}{2} \psi_2}$$

y

$$m = \frac{R \operatorname{sen} \psi_1}{n (\operatorname{tg} \frac{1}{2} \psi_1)^n} \quad \text{y también} \quad m = \frac{R \operatorname{sen} \psi_2}{n (\operatorname{tg} \frac{1}{2} \psi_2)^n}$$

Existen varias modificaciones de esta proyección, aplicadas recientemente a necesidades aeronáuticas. También se empleó esta proyección en los mapas de la zona occidental en la primera guerra mundial, por no exceder el error de un 0,5 por 100 del área representada.

Esta proyección fue ideada por el matemático alemán J. H. Lambert (1728-1777), el primero que dio carácter realmente matemático al estudio de las proyecciones cartográficas y que introdujo antes que nadie la idea de las proyecciones conformes y equivalentes.

**PROYECCIÓN POLICÓNICA.** — Dividiendo la superficie de la Tierra en zonas de poca altura y trazando fajas de conos tangentes a cada una de ellas, al proyectar cada zona desde el centro de la esfera sobre el cono correspondiente se obtiene una *proyección policónica* cuyo meridiano central es una línea recta, vertical, dividida por los paralelos en partes de verdadera magnitud; los paralelos son círculos no concéntricos, cuyos radios se pueden determinar del modo representado en la figura 52 o calcularse por la fórmula  $r = R \cot \varphi$ , como en la proyección cónica ordinaria. Cada paralelo se divide en magnitud verdadera y las curvas que unen los puntos de división son los meridianos. De esta construcción resulta que el ecuador será una línea recta y el polo un punto cuya distancia al ecuador será la misma que la medida sobre la superficie del globo. La deformación es pequeña cerca del centro de la proyección, pero aumenta rápidamente hacia los bordes.

La proyección policónica no es conforme ni equivalente, pero en las proximidades del meridiano central puede decirse que posee ambas propiedades. La alteración en las distancias es menor del 1 por 100 en todo punto situado a menos de 900 kilómetros del meridiano central.

La cuadrícula o canevas que resulta de esta proyección se presta admirablemente a la construcción de mapas topográficos cuando cada hoja ha de

TABLA X. — DATOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN MAPA DE LOS ESTADOS UNIDOS EN LA PROYECCIÓN EQUIVALENTE DE ALBERS, CON LOS PARALELOS BASE A 25° Y 45°

Latitud	Radio del paralelo	Espaciado entre paralelos	Longitud desde el meridiano central	Cuerdas a 25° de latitud	Cuerdas a 45° de latitud
	Metros	Metros		Metros	Metros
20°	10 253 177		1°	102 184.68	78 745.13
21	10 145 579	107 598	5	510 866.82	393 682.00
22	10 037 540	108 039	25	2 547 270	1 962 966
23	9 929 080	108 460	30		2 352 568
24	9 820 218	108 862			
		109 249			
25	9 710 969				
26	9 601 361	109 608			
27	9 401 409	109 952			
28	9 381 139	110 270			
29	9 270 576	110 563			
29°30'	9 215 188	110 838			
30	9 159 738				
31	9 048 648	111 090			
32	8 937 337	111 311			
33	8 825 827	111 510			
34	8 714 150	111 677			
		111 822			
35	8 602 328				
36	8 490 392	111 936			
37	8 378 377	112 015			
38	8 266 312	112 065			
39	8 154 228	112 084			
		112 065			
40	8 042 163				
41	7 930 152	112 011			
42	7 818 231	111 921			
43	7 706 444	111 787			
44	7 594 828	111 616			
		111 402			
45	7 483 426				
45°30'	7 427 822	111 138			
46	7 372 288				
47	7 261 459	110 829			
48	7 150 987	110 472			
49	7 040 925	110 062			
		109 592			
50	6931 333				
51	6 822 264	109 069			
52	6 713 780	108 484			

dibujarse aparte, y el trazado no tiene dificultad alguna disponiendo una tabla para las coordenadas cartesianas de los puntos de intersección o vértices de la cuadrícula.

En los Estados Unidos se emplea mucho esta proyección, no sólo para las cartas geológicas, sino para fines militares, e incluso para mapas de toda

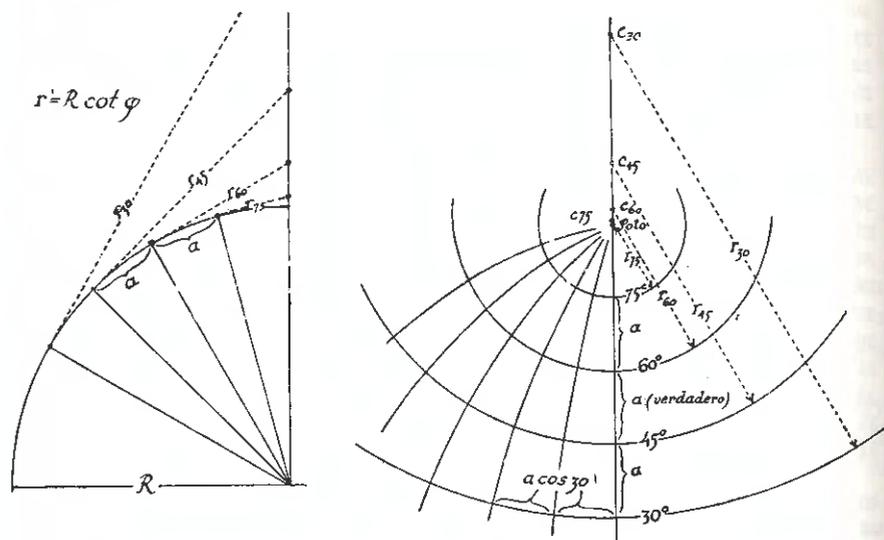


FIG. 55. — En la proyección policónica el meridiano central está dividido a escala verdadera, y los paralelos circulares no son concéntricos. Los paralelos quedan divididos por los meridianos en partes verdaderas.

la Unión, no obstante el error del 6 por 100 en las distancias medidas cerca de los bordes. También se empleó la proyección policónica ordinaria en mapa de Francia a escala 1:50.000.

Uno de los inconvenientes de esta proyección consiste en que las únicas hojas que ajustan bien entre sí son las que tienen el mismo meridiano central; en dirección este-oeste ya no casan tan bien las hojas contiguas, y normalmente a esta dirección sólo unas cuantas hojas pueden acoplarse dentro de los límites de error anejos a las contracciones y dilataciones del papel.

La proyección policónica fue ideada en 1820 por Fernando Hassler, creador y primer director del Coast Survey de los Estados Unidos.

Para el mapa del mundo a escala 1:1.000.000, cada una de cuyas hojas cubren 4° de latitud por 6° de longitud, se emplea una proyección policónica especial en la cual se calculan los radios de los paralelos límites como anteriormente, pero las distancias únicamente son verdaderas en el segundo y quinto meridianos, y algo erróneas por defectos en el meridiano central.

Los paralelos límites son automecoicos, y sus puntos de división se unen por líneas rectas, formándose así los meridianos. Todos los demás paralelos son círculos que dividen automecoicamente a los meridianos segundo y quinto y proporcionalmente a los demás.

La principal ventaja de esta proyección radica en su pequeño error de distancias, que no pasa del 1/1.300 en cada hoja. Los meridianos rectilíneos y los paralelos circulares que limitan cada hoja permiten acoplar éstas en dirección este-oeste o norte-sur, pero no en cualquier otra. En la práctica pueden acoplarse entre sí unas nueve hojas con sólo estirarlas un poco en la dirección conveniente.

**PROYECCIONES POLIÉDRICAS O POLIEDRALES.** — Estas proyecciones, muy parecidas a las policónicas, se diferencian de éstas en que cada cuadrilátero del canevas del globo se proyecta sobre un plano tangente en el punto central del mismo; en esta proyección los paralelos son rectilíneos y horizontales, y los meridianos son convergentes. Esta proyección tiene muchas variantes o modificaciones; una de las más corrientes es la que tiene automecoicos su paralelo y su meridiano centrales, estando ambos divididos en partes iguales. Se emplea esta clase de proyecciones en mapas topográficos de España, Italia, Austria y Alemania; los cuadriláteros esféricos quedan representados por trapecios planos cuyos vértices son idénticos a los de aquéllos.

**PROYECCIÓN BONNE.** — Este sistema fue ideado por el cartógrafo francés Rigoberto Bonne (1727-1795), aunque ya anteriormente estaban en uso otros sistemas análogos. En esta proyección el meridiano central es rectilíneo, cortado ortogonalmente por un paralelo base cuyo radio es  $r = R \cot \varphi$ . El meridiano central es automecoico en sus divisiones, y todos los paralelos son concéntricos con el principal o base: Así parece esta proyección como idéntica a la cónica simple; pero existe entre ambas la diferencia de que en la de Bonne todos los paralelos están divididos en partes de verdadera magnitud y los meridianos son las curvas que unen sus puntos de división.

En la proyección de Bonne, cada cuadrilátero del canevas tiene base y altura verdaderas, por lo cual el sistema es equivalente. En cuanto a la forma, se mantiene sin alteración a lo largo del meridiano central, pero la anamorfosis aumenta hacia los bordes. El polo está representado por un

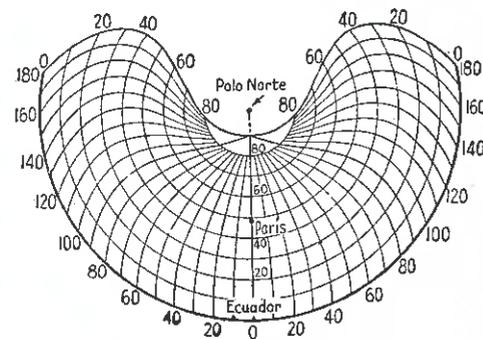


FIG. 56. — El hemisferio boreal en proyección Bonne. Obsérvese que el polo no coincide con el centro de los paralelos.

punto que no coincide con el centro de los paralelos. En este sistema puede dibujarse un hemisferio o todo el globo, pero a causa de la gran deformación en los márgenes sólo se emplea a lo sumo para continentes enteros. El mapa-mundi más aceptable construido en esta proyección es el que tiene como paralelo base el de 15°.

La proyección de Bonne se emplea en las hojas del mapa de Francia a escala 1:80.000, con la formación previa de un canevas para todo el país. Después se cortan las distintas hojas, resultando que en la mayor parte de éstas todos los paralelos y meridianos tienen igual curvatura. También se emplea este sistema en las hojas del mapa topográfico de países de poca extensión como Holanda, Bélgica y Suiza. Sin embargo, también se usa esta proyección en algunos atlas de Europa y de Asia, a pesar de que en tal sistema no puede cortarse el mapa general en secciones análogas a las de los mapas construidos en proyección cónica. Por esta razón y por la gran anamorfosis lineal, el canevas de Bonne parece haber perdido prestigio y popularidad en estos últimos años, habiendo sido substituido en gran escala por el grupo de proyecciones acimutales.

Cuando el paralelo base es el ecuador, el radio  $r$  es infinito, los paralelos son líneas horizontales equidistantes entre sí con divisiones automórficas y la proyección resulta igual a la sinusoidal.

## CAPÍTULO VII

### PROYECCIONES ACIMUTALES

Las proyecciones acimutales o cenitales se obtienen proyectando la superficie del globo sobre un plano desde un cierto centro de perspectiva o punto de vista del cual depende el sistema resultante. En la proyección gnomónica (1), el punto de vista es el centro del globo; en la estereográfica, es el punto antípoda del polo del casquete que se trate de representar, y en la ortográfica, se halla en el infinito, lo cual significa que las proyectantes son rectas paralelas entre sí. Hay otras proyecciones acimutales, como la equivalente y la equidistante, que son simples modificaciones de las anteriores. Todas las proyecciones de este grupo tienen las siguientes propiedades comunes:

1. Todos los círculos máximos que pasan por el centro de proyección están representados por líneas rectas, y su acimut es verdadero; a esta condición deben estas proyecciones su nombre de *acimutales*.

2. Todos los puntos equidistantes del punto de vista en la esfera lo son también en el desarrollo de la proyección. Al círculo que une estos puntos equidistantes del centro de proyección se le llama *horizonte*, porque realmente lo es para un punto situado a cierta altura sobre el punto de vista.

3. Todas las superficies situadas a igual distancia del centro presentan la misma deformación.

4. Todas las proyecciones acimutales se diferencian entre sí únicamente en la longitud de los radios de los horizontes, por lo cual pueden convertirse fácilmente unas en otras. Se puede determinar la anamorfosis lineal por el espaciado entre los paralelos representados en las distintas proyecciones acimutales cuyo centro del mapa sea el polo (véase figura 70).

En las proyecciones cilíndrica y cónica, el eje del cono o del cilindro coincide de ordinario con el eje de la Tierra, siendo muy raro el caso en que el primer eje sea oblicuo. En cambio, en las proyecciones acimutales se dan los tres casos siguientes:

(1) También se llama a esta proyección *centrográfica* y *central*. — N. del T.

1. El cuadro es perpendicular al eje de la Tierra y la proyección se llama *polar*.

2. El cuadro es perpendicular al plano del ecuador y la proyección recibe el nombre de *ecuatorial* o *meridiana*.

3. El cuadro tiene una posición cualquiera y la proyección se denomina *oblicua* u *horizontal*.

**PROYECCIÓN GNOMÓNICA.** — Se llama así a la proyección obtenida proyectando la superficie del globo desde su centro sobre un plano que puede ser o no tangente a la esfera, ya que los mapas proyectados sobre otros planos paralelos al tangente sólo se diferencian entre sí por su escala. Las fotografías de la esfera celeste son verdaderas proyecciones gnomónicas.

1. *Proyección gnomónica polar.* Los meridianos son líneas rectas que parten del centro en su verdadera dirección, y los paralelos son círculos concéntricos cuya separación va aumentando a medida que se alejan del polo. En la figura 58 se ve la construcción de esta proyección, donde

$$r = R \cot \varphi$$

siendo  $\varphi$  la latitud.

2. *Proyección gnomónica ecuatorial.* Los meridianos son rectas verticales espaciadas entre sí a distancias crecientes a medida que se alejan

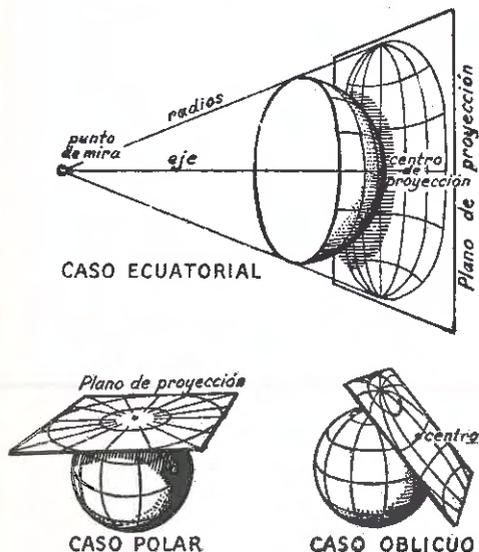


FIG. 57. — Las proyecciones acimutales pueden construirse desde un punto de vista cualquiera. El plano de proyección, o cuadro, no ha de ser necesariamente tangente a la esfera.

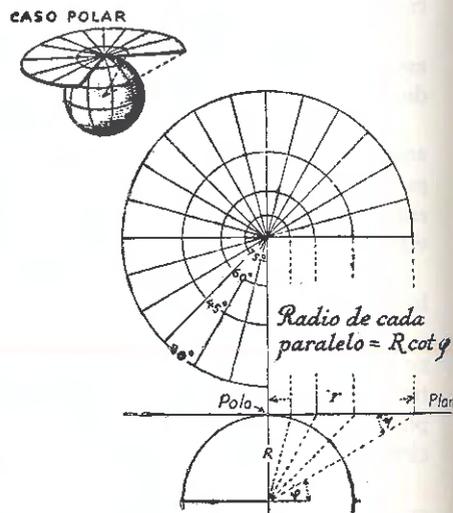


FIG. 58. — Construcción de la proyección gnomónica polar.

del meridiano central; los paralelos son hipérbolas cuyas asíntotas forman con el ecuador un ángulo igual a la latitud correspondiente. En la figura 59, se indica el modo de construir esta proyección.

3. *Proyección gnomónica oblicua:* En la figura 60 se ve la construcción de esta clase de proyección; en la parte izquierda se ve una sección vertical del globo terráqueo; el plano de proyección o cuadro está representado por una línea vertical, intersección de tal plano con el del papel. En la parte inferior de la figura se ve el plano del ecuador rebatido sobre el plano del papel; los meridianos y el ecuador, por ser círculos máximos, quedan representados en este rebatimiento por líneas rectas; los paralelos son en el mapa ramas de hipérbola, y sus puntos de intersección con los meridianos rectilíneos se pueden determinar primeramente en la parte de la izquierda de la figura y pasarlos después a la de la derecha. En dicha parte de la izquierda se rebate cada plano meridiano alrededor del eje  $EP'$  sobre el plano del papel y se vuelve a su posición inicial después de haber situado los puntos de intersección de los rayos proyectantes.

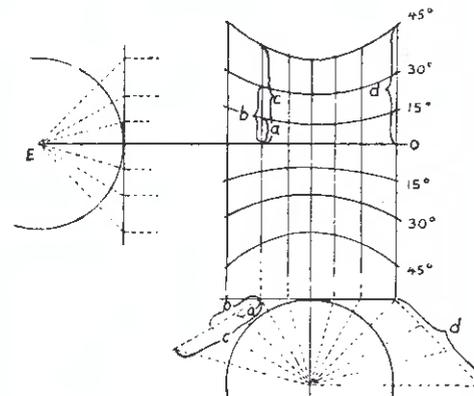


FIG. 59. — Construcción de la proyección gnomónica ecuatorial.

La principal ventaja de la proyección gnomónica estriba en que todos los círculos máximos están representados por líneas rectas. Estos círculos máximos determinan planos que pasan por el centro de la esfera, y si se prolongan hasta encontrar al plano de proyección, la intersección de ambos planos es una línea recta.

Esta propiedad es de gran importancia en navegación, por ser la menor distancia entre dos puntos la contada sobre el círculo máximo que pasa por ambos. Por esta razón el Servicio Hidrográfico de los Estados Unidos ha publicado cartas de todos los océanos en proyección gnomónica. Para marcar la ruta de viajes transoceánicos, el navegante traza una línea recta sobre un mapa gnomónico. El rumbo del barco se determina con la brújula y se acostumbra llevar la ruta marcada sobre el círculo máximo del mapa gnomónico a otro de Mercator, en el cual la ruta aparece en forma de curva. Como no es posible cambiar continuamente de rumbo, lo que se hace en la práctica es dividir esta curva en trozos reducidos de igual rumbo en todos sus puntos.

También se emplean las cartas gnomónicas en los estudios sísmicos y radiotelegráficos, por propagarse las ondas aproximadamente sobre círculos

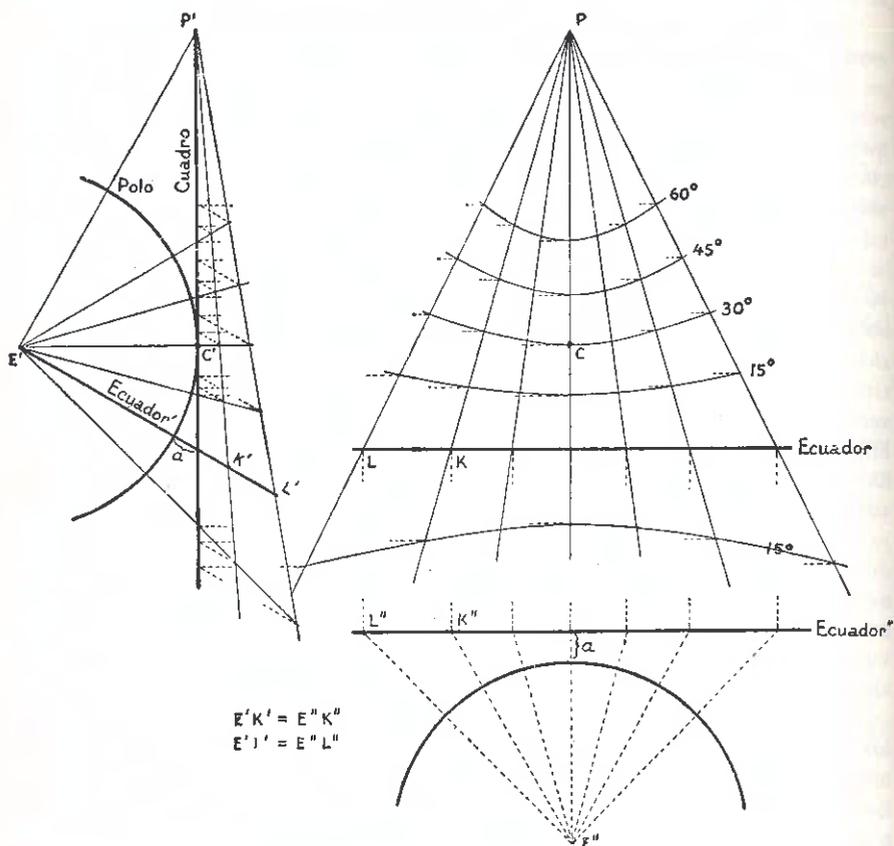


FIG. 60. — Construcción de la proyección gnomónica oblicua.

máximos. El límite geométrico de esta proyección es el hemisferio, y la deformación resulta excesiva si el área representada es superior a la cuarta parte del globo.

**PROYECCIÓN ORTOGRÁFICA.** — La superficie del globo se proyecta mediante rayos paralelos sobre un plano perpendicular a los mismos; el punto de vista se encuentra en el infinito.

En la figura 61 se ve una proyección ortográfica oblicua en A y el modo de construirla en B y C, según se trate de proyección ecuatorial o polar respectivamente. No es frecuente el empleo de ninguna de estas dos últimas,

pero sí de la oblicua, por su realismo, ya que se ve como una esfera. Los paralelos aparecen como elipses, cuyo eje mayor es igual al diámetro del paralelo respectivo. El eje menor se puede proyectar desde la figura B. Los meridianos son también elipses y sus intersecciones con los paralelos se toman de la proyección polar. Disponiendo simétricamente la proyección, sólo hay que dibujar la mitad, ya que la otra mitad puede copiarse con un papel transparente.

La proyección ortográfica oblicua del globo se emplea mucho para fines artísticos y de propaganda, así como en las escuelas y colegios. Aunque la deformación en la periferia es muy grande, no se nota a simple vista, ya que la impresión que produce es la de un globo y no la de un mapa. Esta proyección puede centrarse sobre un continente cualquiera, que se verá de gran tamaño en el centro del mapa y es muy conveniente para acostumbrar a los niños a la interpretación de mapas en sus primeros estudios geográficos.

En cambio esta proyección deja bastante que desear en su aspecto puramente geométrico, ya que no es ni conforme ni equivalente, y está reducida a la representación de un hemisferio. Las distancias quedan acortadas considerablemente hacia el borde, y sólo son verdaderas en los círculos que tienen por centro el punto de vista de la proyección.

La proyección ortográfica se empleó alguna vez en el Renacimiento (Stabius dibujó un gran mapa hemisférico), pero después se usó en muy raras ocasiones. Últimamente se ha vuelto a emplear en mapas escolares y artísticos; gozó de gran popularidad en la segunda guerra mundial, por su fácil comprensión por el vulgo, no acostumbrado a interpretar mapas mundis ordinarios. Vulgarmente se llaman mapas *globales* a las proyecciones ortográficas o a las fotografías de un globo terráqueo.

**PROYECCIONES ORTOABSIDALES.** — Se llaman así las proyecciones en que se aplica un sistema de meridianos y paralelos a un sólido no esférico, obteniéndose el mapa por medio de una perspectiva ortográfica. Esta clase de mapas se pueden dibujar sobre un toroide, un hiperboloide en dos, tres hojas, etc. La ventaja principal de este sistema consiste en que puede representarse toda la Tierra y no un solo hemisferio. Aun cuando la deforma-

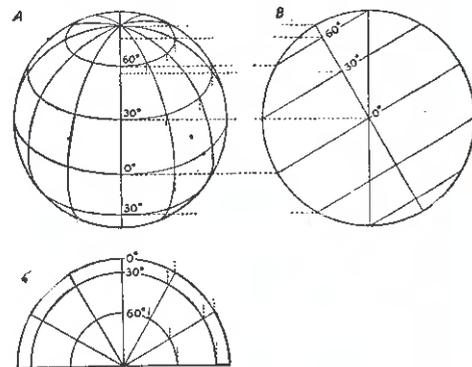


FIG. 61. — Construcción de la proyección ortográfica oblicua con el eje de la Tierra inclinado 60°. Obsérvese la claridad y el realismo de la proyección.

ción es muy grande hacia los bordes, no se nota a la vista porque da la sensación de un cuerpo tridimensional y no de un mapa plano. La proyección de armadillo (fig. 62) y la semielipsoidal inclinada 15° son quizá los mapas

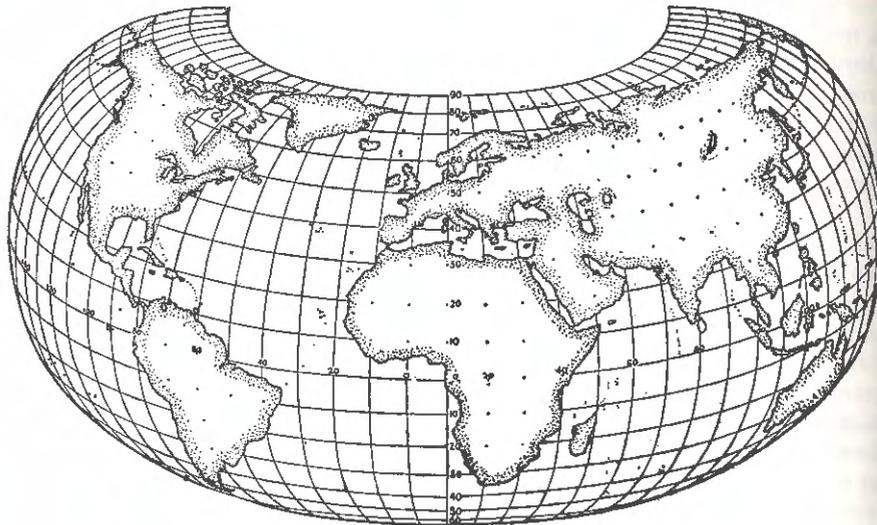


FIG. 62. — Proyección armadillo, llamada así por su aspecto, que recuerda el del animal mejicano de igual nombre, que se encoge en forma de bola cuando se le toca. La construcción de este mapa es análoga a la de los ortográficos.

del mundo con la mayor extensión de superficies proporcionales a su verdadero tamaño, por lo cual se emplean mucho para usos de estadísticas mundiales.

**PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA.** — En este sistema la superficie del globo se proyecta sobre un plano desde el punto antípoda al centro del mapa. Una de las más valiosas propiedades de esta proyección es que *todos los círculos del globo, cualquiera que sea su tamaño, son también círculos en el mapa, es decir, que todos los paralelos y todos los meridianos aparecen como arcos circulares en el mapa* (fig. 63). Cuando el punto de vista está en el cuadro (proyección ecuatorial), los paralelos pueden dibujarse por perspectiva, pero es más fácil trazarlos del modo siguiente (fig. 64): el centro del paralelo es un punto que se determina trazando una tangente que forme con la vertical un ángulo igual a la latitud, con lo que se tiene:

$$AO = R \operatorname{cosec} \varphi$$

Los meridianos se construyen tomando

$$OF = R \cot \lambda$$

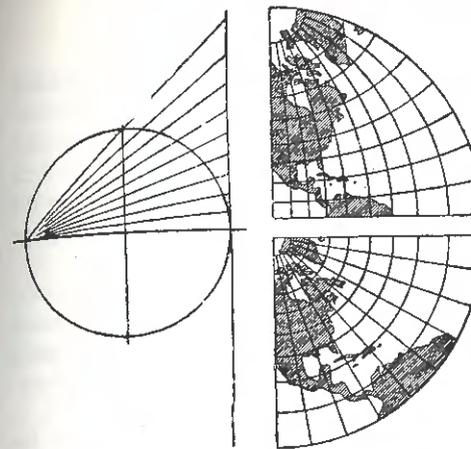


FIG. 63. — En la proyección estereográfica las dimensiones lineales van creciendo desde el centro hacia los bordes.

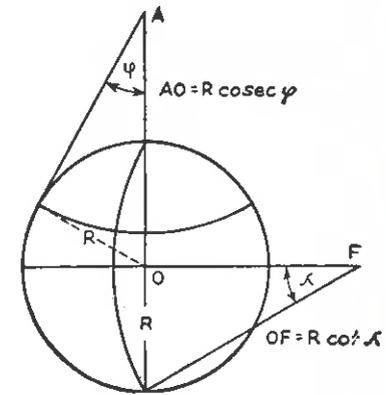


FIG. 64. — Construcción de paralelos y meridianos en la proyección estereográfica ecuatorial

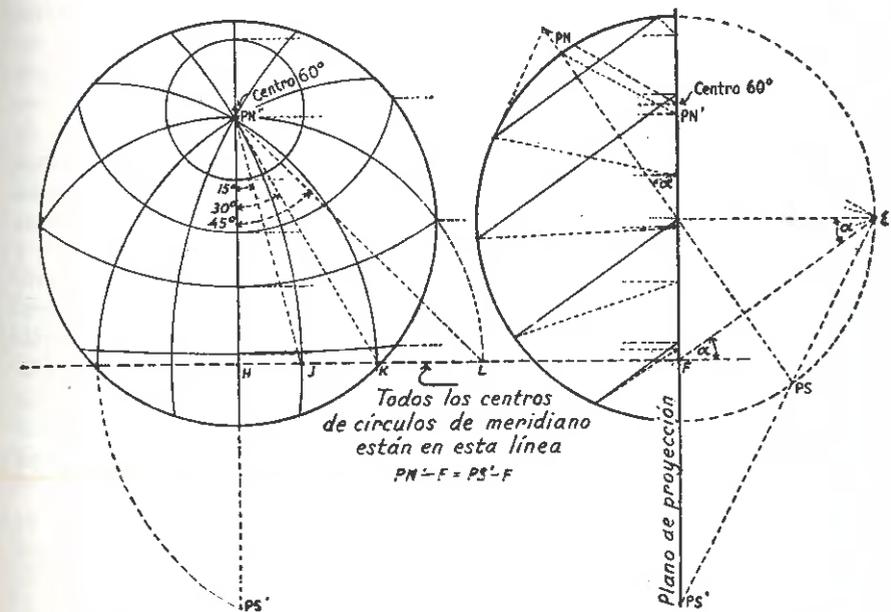


FIG. 65. — Construcción de la proyección estereográfica oblicua. A la derecha se ve la sección producida en la esfera inclinada por el plano del cuadro; E es el punto de vista desde el cual se proyectan todos los puntos sobre el cuadro, que se trasladan después al mapa, como se ve a la izquierda. H es el paralelo horizontal, lugar geométrico de los centros de los meridianos. Por debajo de H, los paralelos tienen su curvatura en sentido contrario a los que se hallan por encima del mismo.

Antiguamente se usaba casi exclusivamente la proyección estereográfica para los mapas hemisféricos, pero en la actualidad han perdido su popularidad por su gran anamorfosis lineal. Los paralelos y los meridianos están mucho más próximos entre sí en el centro del mapa que en los bordes. Esta proyección es conforme, por ser todos los meridianos perpendiculares a los paralelos, y la proporción de dimensiones es exacta para superficies de poca extensión.

En la figura 65 se ven los detalles de construcción de una proyección estereográfica oblicua que se funda en que meridianos y paralelos son arcos circulares. Esta proyección se emplea mucho en atlas, y también como paso intermedio para su transformación en otras proyecciones oblicuas acimutales.

OTRAS PROYECCIONES ACIMUTALES. — En la proyección ortográfica las dimensiones lineales están muy contraídas en los bordes, mientras que en la estereográfica son demasiado grandes. Pero se puede elegir el punto de vista de una proyección acimutal de tal modo que la deformación lineal quede más uniformemente repartida. La proyección de Clarke, de error mínimo, tiene su punto de vista a distancia comprendida entre 1,65 y 1,35 radios del centro del globo, según la extensión que se trate de representar. En la cuadrícula de La Hire, el punto de vista está a 1,71 radios de distancia del centro del globo. Estos mapas son semejantes en su aspecto, y en ambos sistemas pueden representarse extensiones algo mayores que un hemisferio. Si Inglaterra ocupara el centro de la proyección, casi toda la superficie continental de la Tierra podría quedar contenida en un mapa hemisférico.

Alejando más el centro de perspectiva, la proyección toma el aspecto de una fotografía de la Tierra, en cuya forma se emplea mucho por los artistas, que prefieren este medio al de una laboriosa construcción por puntos. A esta clase de representación se llama *proyección perspectiva*.

PROYECCIÓN ACIMUTAL EQUIDISTANTE. — En esta proyección, no solamente tiene cada punto su verdadera dirección (acimut) respecto al centro, sino



FIG. 66. — En la proyección acimutal equidistante, todos los puntos están, respecto al centro, a distancia y rumbo verdaderos.

que la distancia a este último es también verdadera. Pero las distancias y direcciones entre otros puntos quedan alteradas. Estos mapas no pueden construirse proyectando, desde un punto de vista, el globo sobre un plano.

En la proyección acimutal equidistante polar, que es la más empleada para las regiones ártica y antártica, los meridianos son líneas rectas concu-

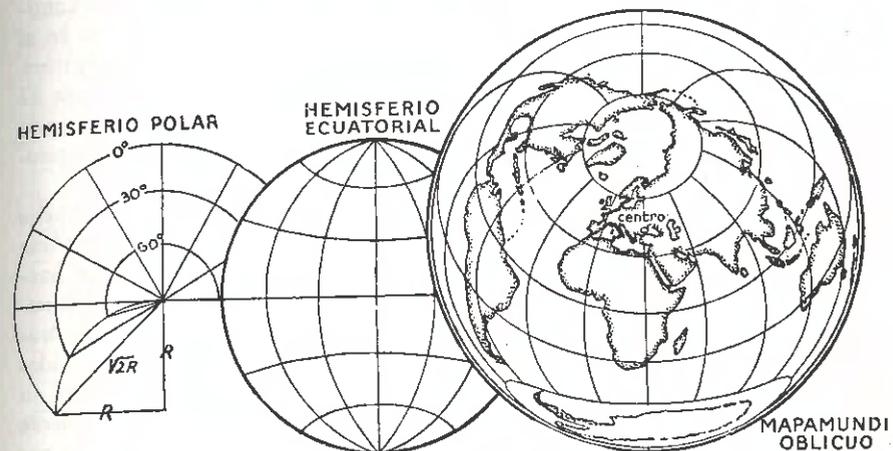


FIG. 67. — La proyección acimutal equivalente se emplea de ordinario en mapas continentales y para cartas de rutas aéreas. El mapa oblicuo se puede centrar sobre el punto central de cualquier región.

rrentes, y los paralelos son círculos equidistantes entre sí situados a su verdadera distancia. El radio del ecuador es igual a medio meridiano. Esta proyección presenta una gran deformación lineal a lo largo de los paralelos, que se intensifica hacia los bordes.

La proyección ecuatorial de esta clase se emplea muy raramente, pero la oblicua es muy frecuente, por la propiedad que ofrece de que si se representa de este modo una ciudad todas las distancias y rumbos son los verdaderos, cosa que no ocurre con ninguna otra proyección.

Esta proyección tiene una anamorfosis lineal relativamente pequeña, con tal que no comprenda más de un hemisferio; sin embargo, puede representarse toda la Tierra, aunque la deformación aumenta con gran rapidez hacia los bordes. El punto antípoda del centro de la proyección está representado por un círculo cuyo diámetro es igual a la longitud de un meridiano terrestre.

La proyección polar se emplea a veces para mapas de las regiones polares; el mapa polar boreal se extiende, de ordinario, hasta toda la superficie terrestre, o al menos a todos los continentes. El polo Sur queda repre-

sentado por un círculo de radio  $2R$ . Este mapa se emplea mucho para el trazado de las rutas aéreas mundiales.

La proyección ecuatorial se emplea con frecuencia para representar los hemisferios; su construcción es algo complicada, pero se facilita mucho con las tablas calculadas por el mismo Lambert.

La proyección oblicua se adapta mejor para la representación de continentes. Los paralelos quedan representados por arcos, casi rectilíneos en el centro y muy curvados hacia los bordes; los meridianos son casi elípticos. La anamorfosis lineal es muy reducida en esta proyección. En la figura 67 se ve un mapa oblicuo que, centrado sobre Europa, comprende el mundo entero. Más adelante nos ocuparemos de la construcción de las proyecciones oblicuas en general.

**PROYECCIÓN EQUIVALENTE AITOFF.** — Se emplea este sistema con mucha frecuencia para la confección de mapamundis. La Tierra aparece como una

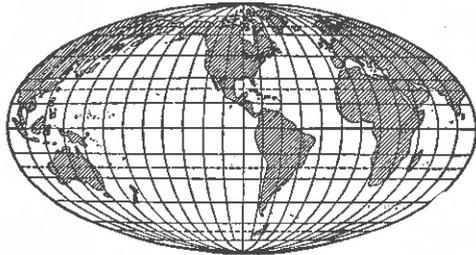


FIG. 68. — La proyección Aitoff es como la acimutal equivalente de Lambert, pero dobladas las coordenadas horizontales.

elipse, en que el eje menor (meridiano central) es igual a la mitad del mayor (ecuador). Se trazan los meridianos y paralelos partiendo de un hemisferio en proyección acimutal equivalente de Lambert y multiplicando por 2 las coordenadas horizontales de los vértices de la cuadrícula, sin alterar el valor de las verticales. La proyección Aitoff se asemeja a la de Mollweide, pero

los paralelos están algo curvados y los ángulos un poco menos deformados. De la construcción se desprende que esta proyección es equivalente.

**PROYECCIONES TRANSVERSALES.** — Se llama así a las proyecciones obtenidas haciendo girar al globo  $90^\circ$ , es decir, colocando horizontal el eje de la Tierra. También se llama *meridional* a esta proyección, y otros autores la designan con el nombre de *oblicua*. La mayor parte de las proyecciones transversas son transformaciones de ecuatoriales en polares.

**PROYECCIÓN TRANSVERSA MERCATOR (PROYECCIÓN CONFORME DE GAUSS).** Consiste este sistema en la proyección del globo sobre un cilindro tangente en toda la extensión de un meridiano (o sobre un cilindro de poca altura que corte a la esfera según dos círculos menores paralelos a un meridiano), de modo análogo a la proyección ordinaria de Mercator sobre un cilindro vertical tangente a lo largo del ecuador. En los mapas corrientes de Mercator, las dimensiones son verdaderas sobre el ecuador, y el polo no se puede representar; en la proyección transversa de Mercator, no hay anamorfosis lineal a lo largo del meridiano y los puntos A y B no pueden ser represen-

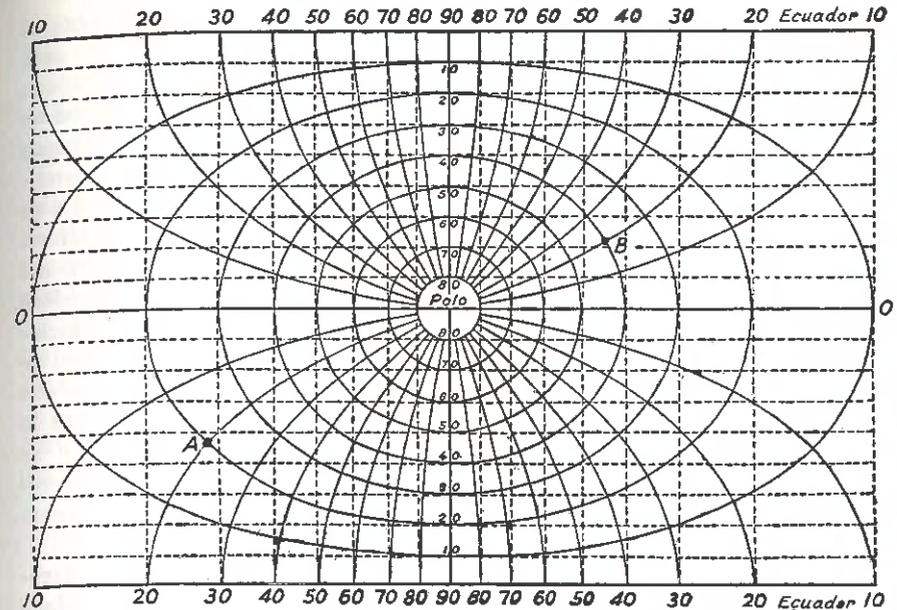


FIG. 69. — Proyección transversa de Mercator, sobre un cilindro tangente a lo largo de un meridiano del Globo. En las proximidades del meridiano central resulta la proyección conforme.

tados (fig. 69). Esta proyección es conforme, pero las líneas de igual rumbo dejan de ser rectas.

**CONSTRUCCIÓN DE PROYECCIONES OBLICUAS.** — Los grandes centros de la actividad humana no se hallan sobre las regiones polares ni ecuatoriales, por lo cual no debe extrañar el uso cada vez más frecuente en nuestros tiempos de las proyecciones oblicuas, que pueden tomar como centro cualquier región que interese. Todas las proyecciones, incluyendo las cónicas y las cilíndricas, pueden hacerse oblicuas, pero lo más corriente es que éstas pertenezcan al grupo de las acimutales. Los tres métodos más empleados son los siguientes:

1. *Transformación del sistema estereográfico oblicuo.* Este método se aplica solamente a las proyecciones acimutales. En primer lugar, se construye una proyección estereográfica oblicua, con la inclinación conveniente, que puede obtenerse con gran precisión del modo indicado en la figura 65, por ser arcos circulares los paralelos y los meridianos. Se dispone de tablas para todas las inclinaciones del centro del mapa de 2 en 2 grados.

La transformación en proyecciones acimutales equidistantes y equivalentes se consigue empleando escalas radiales especialmente construidas.

Todo punto de la proyección equidistante o automecoica estará sobre el mismo radio que en la estereográfica, pero su distancia al mismo no será igual. La escala es un meridiano dividido en grados de latitud en la proyección polar. Se dibujan dos escalas, en colores diferentes, sobre una tira de papel y se fija el punto O con un alfiler, exactamente sobre el centro del mapa estereográfico, pudiéndose hacer reducciones o ampliaciones. Se lee la distancia radial de un vértice de la cuadrícula con 1/10° de aproximación sobre la proyección estereográfica y se pincha el mismo número de grados en la otra proyección sobre el mismo radio.

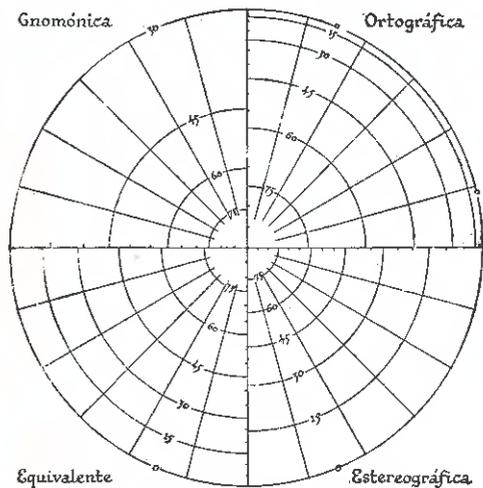


FIG. 70. — Las proyecciones acimutales sólo se diferencian entre sí por los radios de sus círculos horizontales, pudiéndose transformar unas en otras, según la escala radial adoptada.

Teniendo en cuenta que la distancia entre un punto y su antípoda es constante e igual a 180°, se pueden pinchar los demás puntos corriendo una

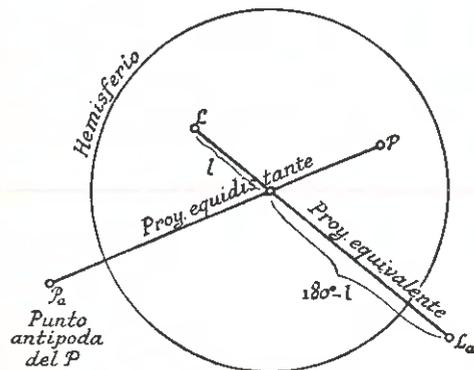


FIG. 71. — En la construcción de las proyecciones acimutales equivalentes o equidistantes, el punto antípoda de otro dado se encuentra sobre una línea que pasa por el centro de la proyección, a 180° de distancia.

En la proyección estereográfica no es conveniente abarcar más de un hemisferio, pero en las proyecciones equidistantes puede representarse todo el globo.

En la proyección estereográfica no es conveniente abarcar más de un hemisferio, pero en las proyecciones equidistantes puede representarse todo el globo.

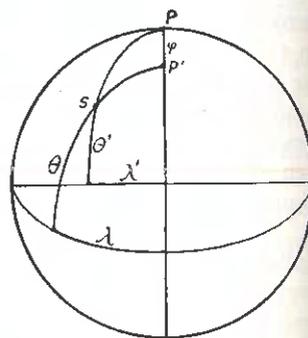


FIG. 72. — Transformación de uno en otro sistema de coordenadas esféricas.

tira de papel en la que esté marcado el punto 180°. En la proyección acimutal equivalente, en que es variable la escala radial, se prepara una tira de papel graduada a 360° de longitud que se gira alrededor del centro, marcando los puntos a distancias  $l$  y  $180 l$  a partir de cada intersección, como se ve en la figura 71.

2. *Transformación por cambio de coordenadas esféricas.* Se dibuja primero una proyección ecuatorial (o polar); después se sitúan los puntos de intersección de paralelos y meridianos en el sistema oblicuo por sus coordenadas geográficas (longitud y latitud). Se unen después los puntos resultantes para formar los nuevos paralelos y meridianos.

Es conveniente tomar el meridiano central como primer meridiano en las dos proyecciones. Una vez terminada la cuadrícula, se puede tomar cualquier meridiano como principal.

Llamemos  $\varphi^\circ$  a la distancia angular entre el nuevo polo y el anterior, contada sobre el meridiano central. Resolviendo el triángulo esférico  $PP'S$  (fig. 72) se tiene para un punto cualquiera S:

- $P'$  = polo anterior
- $P$  = polo nuevo
- $\varphi$  = distancia angular entre ambos polos
- $\theta$  = latitud en el nuevo sistema
- $\lambda$  = longitud en el nuevo sistema
- $\theta'$  = latitud en el sistema anterior
- $\lambda'$  = longitud en el sistema anterior
- $S$  = intersección de paralelo y meridiano en el nuevo sistema

Para calcular  $\theta'$  y  $\lambda'$ , nuevas coordenadas geográficas de un punto S, se parte de la ley de los cosenos, que dice:

$$\cos (90^\circ - \theta') = \cos \varphi \cos (90^\circ - \theta) + \sin \varphi \sin (90^\circ - \theta) \cos (180^\circ - \lambda)$$

de donde

$$\sin \theta' = \sin \theta \cos \varphi - \sin \varphi \cos \theta \cos \lambda$$

y así se conoce el valor de la nueva latitud  $\theta'$ .

Por la ley de los senos se tiene:

$$\frac{\sin (180^\circ - \lambda)}{\sin (90^\circ - \theta)} = \frac{\sin \lambda'}{\sin (90^\circ - \theta')}$$

de donde

$$\sin \lambda' = \frac{\sin \lambda \cos \theta}{\cos \theta'}$$

De este modo se tiene también el valor de la nueva longitud  $\lambda'$ , pudiéndose así formar una tabla de valores de  $\theta'$  y  $\lambda'$  para cada vértice de la red. Pero la colocación de cada punto no es tan fácil como puede parecer; las distancias han de tomarse sobre líneas curvas, y la escala para las longitudes es muy variable. A E. Hammer se debe la publicación, en Stuttgart, de tablas de conversión de  $5^\circ$  en  $5^\circ$ .

3. *Transformación por rotación.* Este es, en ciertos casos, el método más seguro y más preciso para transformar una proyección acimutal ecuato-

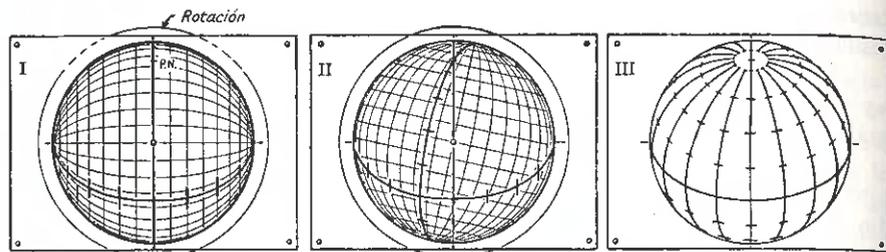


FIG. 73. — Las tres fases de la construcción de un canevas ortográfico, mediante un nomograma. Las líneas finas pertenecen al nomograma, y las más gruesas a la construcción sobre el papel transparente.

rial en otra oblicua. Este procedimiento fue descrito para la proyección estereográfica por S. L. Penfield, discutido por A. J. Dilloway y extendido por R. G. Harrison, del cual tomamos la siguiente descripción.

Supongamos que se trata de construir una proyección ortográfica tangente a  $35^\circ$  N. Este es el procedimiento seguido al formar una proyección acimutal ordinaria, con muy pequeñas e insignificantes diferencias.

Se coloca el nomograma circular (fig. 73) en un tablero de dibujo y se cubre con un trozo rectangular de papel transparente que sobrepase del nomograma a derecha e izquierda, pero no arriba y abajo, y se sujeta al tablero con chinchas o pesas. En el centro del nomograma se clava un alfiler o una chinche, y como ésta ha de permanecer clavada hasta que se termine de dibujar la nueva cuadrícula, conviene reforzar de antemano el nomograma con papel celulosa, talco u otra lámina análoga. Se gira primero el nomograma hasta que el ecuador quede vertical (posición I de la fig. 73); en el papel transparente se marcan los puntos de intersección del ecuador y del meridiano central con el borde circular; sobre el ecuador del nomograma se cuentan, hacia abajo del centro, treinta y cinco grados, y el meridiano que pasa por el punto así obtenido será el ecuador del nuevo reticulado, que se dibuja a mano o con plantillas apropiadas, y las intersecciones de los paralelos de nomograma con el nuevo ecuador se señalan en los intervalos del canevas. Éste debe formarse de tal modo que se mantengan invariables los ángulos en tales intersecciones, pues en el método nomográfico,

en vez de determinar las coordenadas de cada punto para fijar su posición, como se hace en los métodos puramente geométricos y en algunos gráficos, se determina, no sólo el punto, sino el verdadero ángulo de las líneas que lo definen. Antes de cambiar la orientación del nomograma, se señala el polo Norte, contando  $90^\circ$  desde el nuevo ecuador sobre la línea vertical central. (Si se trata de una proyección acimutal equidistante o equivalente, se marca también el polo Sur.)

En esta primera fase (fig. 73, I) tenemos el polo Norte y el ecuador, sobre el cual se han señalado las intersecciones con los meridianos. Ahora pueden ya dibujarse todos los meridianos, del mismo modo que se determina un círculo máximo nomográficamente, a saber: haciendo girar el nomograma hasta que el polo Norte y la intersección meridional del ecuador caigan sobre el mismo meridiano nomográfico y ocupen la misma posición relativa entre dos meridianos. Se dibuja todo el meridiano y sobre el mismo se marcan las intersecciones con los paralelos, conservando los ángulos verdaderos (fig. 73, II). Como rara vez coinciden exactamente tales intersecciones con los paralelos del nomograma, es necesario recurrir a la interpolación. No obstante, operando con un nomograma dividido de grado en grado, las intersecciones caerán tan cerca de los paralelos, que éstos pueden dibujarse directamente con gran precisión. Además, es muy fácil comprobar la exactitud de las interpolaciones. En efecto, en la proyección ortográfica todas las líneas que unen las intersecciones de los paralelos con dos meridianos cualesquiera son paralelas. Con una regla de trazar paralelas pueden llevarse las intersecciones con el meridiano central a cualquier otro meridiano.

Se gira después el nomograma para trazar el meridiano siguiente, y así sucesivamente hasta trazarlos todos. En esta fase, el reticulado consiste en un ecuador y en una serie completa de meridianos indicados por sus intersecciones con los paralelos (fig. 73, III), y ya es muy fácil completar los paralelos, ya que estas intersecciones forman una curva continua de trazos cortos y rectos. Esta cuadrícula puede dibujarse primero con lápiz y después con tinta, o bien directamente con tinta, lo cual es preferible para no tener que borrar después las líneas de construcción verticales y horizontales. Tratándose de mapas cilíndricos, puede seguirse un procedimiento análogo, pero con una traslación a lo largo del ecuador en vez de una simple rotación.

## CAPÍTULO VIII

## OTRAS PROYECCIONES CONVENCIONALES

En este grupo se comprenden las proyecciones que no pueden clasificarse en ninguno de los anteriores.

**PROYECCIÓN GLOBULAR.** — Esta proyección fue ideada por Nicolosi en el siglo XVII; se emplea mucho en los mapas hemisféricos, y su construcción es muy sencilla. El meridiano central, el ecuador y el círculo marginal se dividen en partes iguales, uniéndose después los puntos de división en arcos de círculo. Este canevas no es conforme ni equivalente, pero sus proporciones son aceptables, y sus distancias son verdaderas sobre el meridiano central y sobre el ecuador; en los demás lugares, las dimensiones son erróneas por exceso.



FIG. 74. — En la proyección globular, el ecuador, el meridiano central y el círculo marginal están divididos en dos partes entre sí iguales.

por un círculo, y los meridianos y paralelos son arcos circulares; el ecuador es automecoico, pero al norte y sur del mismo va aumentando la anamorfosis lineal, si bien menos que en la proyección Mercator, y la anamorfosis angular no es muy pronunciada. Esta proyección fue inventada por Van der Grinten en 1905 y ha sido muy empleada durante algún tiempo en América.

**PROYECCIONES ESTRELLADAS Y OTRAS PROYECCIONES DISCONTINUAS.** — En estos sistemas se representa de ordinario el hemisferio Norte en proyección

polar y los continentes australes figuran como prolongaciones estelares. Esta clase de proyecciones se emplea mucho para fines climatológicos y biogeográficos. En la figura 76 se ve la ingeniosa proyección de Cahill en forma de mariposa, que es realmente el desarrollo de un octaedro.

**PROYECCIÓN DE VAN DER GRINTEN.** — A veces se usa esta proyección para construir mapamundis. En la figura 75 se ve el modo de realizar esta proyección: el globo está representado

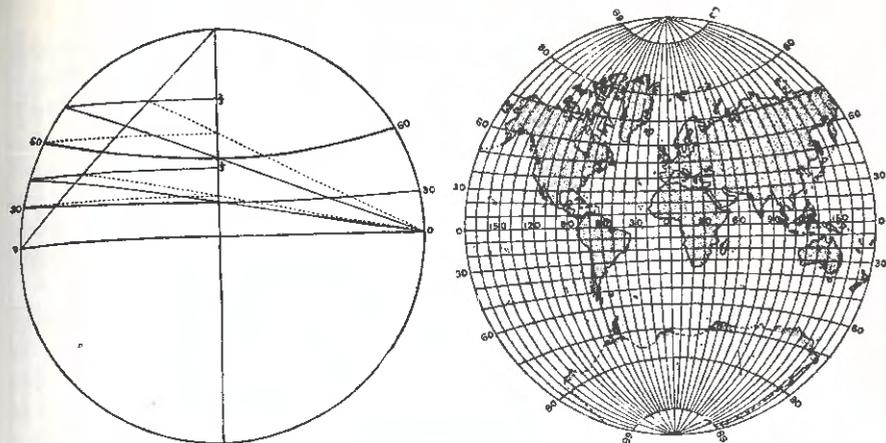


FIG. 75. — Construcción de la proyección de Van der Grinten.

para construir mapamundis. En la figura 75 se ve el modo de realizar esta proyección: el globo está representado

para construir mapamundis. En la figura 75 se ve el modo de realizar esta proyección: el globo está representado

**IDENTIFICACIÓN DE PROYECCIONES.** — En los mapas modernos y en los atlas se acostumbra indicar el nombre de la proyección, pero en los mapas más reducidos es frecuente tener que averiguar la clase de proyección en que están dibujados. Valiéndose de una clave como la consignada en la tabla XI pueden identificarse todas las proyecciones con sólo medir meridianos y paralelos. Pero hay sin embargo algunos sistemas raramente empleados que no figuran en la clave por ser su identificación demasiado complicada. Por ejemplo, cuando se em-



FIG. 76. — Proyección de J. S. Cahill, en mariposa.

plena, cuando se em-

TABLA XI. — CLAVE PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PROYECCIONES

	Paralelos	Meridianos	Proyección	Característica	Empleo
1	Horizontales, con espaciado constante y verdadero	Verticales, con espaciado constante, automecoico en el paralelo base	<i>Rectangular</i>	Fácil de construir	Mapas urbanos y de poca exactitud
2	Horizontales, con espaciado cerca del ecuador	Verticales, con espaciado constante, automecoico en el ecuador	<i>Mercator</i>	Conforme Loxodrómicas rectilneas	Cartas y mapamundis
3	Horizontales, con espaciado constante y verdadero	Senoidales, con espaciado constante, automecoico sobre todos los paralelos	<i>Senoidal</i>	Equivalente	Mapas tropicales
4	Horizontales, con espaciado cerca de los polos	Elípticos, con espaciado constante, automecoico en el ecuador	<i>Mollweide</i>	Equivalente	Mapamundis Hemisferios
5	Horizontales, con espaciado cerca de los polos (los polos son líneas de longitud igual a la mitad del ecuador)	Elípticos, con espaciado constante, automecoico en el ecuador Senoidales, con espaciado constante, automecoico en el ecuador	<i>Eckert</i>	Equivalente	Mapamundis
6	Círculos concéntricos igualmente espaciados	Líneas rectas radiales, con espaciado constante, automecoico en uno o sobre dos paralelos base	<i>Cónica</i>	Poca deformación	Latitudes medias, mapas en serie
7	Círculos concéntricos más juntos hacia los polos	Líneas rectas radiales, con espaciado constante, automecoico en uno o sobre dos paralelos base	<i>Albers</i>	Equivalente	Mapas de EE. UU.
8	Círculos concéntricos más separados hacia los polos	Líneas rectas radiales, con espaciado constante, automecoico en uno o sobre dos paralelos base	<i>Lambert Cónica conforme</i>	Conforme	Cartas aeronáuticas
9	Círculos concéntricos igualmente espaciados, automecoicos	Curvos, con espaciado constante, automecoico en todos los paralelos	<i>Bonne</i>	Equivalente	Latitudes medias
10	Círculos no concéntricos espaciados automecoicos sobre el meridiano central	Curvos, con espaciado constante, automecoico en todos los paralelos	<i>Policónica</i>	Tablas a propósito	Hojas topográficas
11	Círculos no concéntricos espaciados automecoicos sobre el meridiano central Círculos no concéntricos igualmente espaciados en los bordes	Circulares, con espaciado constante, automecoico en el ecuador	<i>Globular</i>	Fácil de construir	Hemisferios
12	Círculos no concéntricos igualmente espaciados cerca del centro	Circulares con espaciados más próximos cerca del centro	<i>Estereográfica</i>	Conforme	Transformaciones oblicuas
13	Elipses igualmente espaciadas en las márgenes	Elípticos, con espaciados más próximos en las márgenes	<i>Ortográfica</i>	Clara	Hemisferios, continentes
14	Curvas más apretadas cerca de los polos sobre el meridiano central	Curvos, más apretados cerca del ecuador	<i>Acimutal equivalente</i>	Equivalente	Hemisferios, continentes

plea la proyección acimutal equidistante oblicua para mapas de pequeñas extensiones es muy difícil distinguirla de una proyección globular modificada. También resulta muy difícil determinar la diferencia de proyecciones tratándose de mapas de regiones reducidas, como sucede en los planos topográficos; pero en estos casos no tiene gran importancia la falta de identificación, por tener todas las proyecciones prácticamente la misma apariencia. La clase de proyección sólo tiene gran importancia en mapas de grandes extensiones, sobre todo en mapamundis.

ELECCIÓN DE LA CLASE DE PROYECCIÓN. — Esta elección depende principalmente del objeto a que se destine el mapa (véase la tabla XI, *Clave de proyecciones*), pero es esencial conocer los fundamentos de las diferentes proyecciones, para que tal elección sea en realidad consciente. A veces vale la pena *perder* el tiempo en construir una proyección adecuada, en vez de copiar mapas ya construidos.

Como norma general puede decirse que para mapas simplemente ilustrativos es conveniente emplear proyecciones con paralelos horizontales, ya que sobre éstos se puede rotular sin curvar las palabras y puede suprimirse el canevas de meridianos y paralelos, o indicarlos solamente en los bordes.

Para mapas estadísticos debe usarse una proyección equivalente, aunque desde el punto de vista de la práctica es lo mismo emplear una que otra tratándose de países sueltos, por ser todas más o menos semejantes. Por ejemplo, en los Estados Unidos la mayor parte de los mapas estadísticos están construidos en la proyección policónica, que no es equivalente. Para mapas del mundo entero, la proyección equivalente produce deformaciones excesivas, por lo cual es preferible en este caso la proyección de Eckert.

Para mapas continentales, cuando conviene comparar unos continentes con otros, se emplea ventajosamente la proyección ortográfica oblicua, cuya eficacia para fines de enseñanza ya hicimos resaltar anteriormente. Los mapas en proyección polar se prestan muy bien para estudios comparativos biológicos, climatológicos y magnéticos. Para mapas de más precisión son aconsejables las proyecciones cónicas, sobre todo la de Albers.

ANAMORFOSIS DE LAS PROYECCIONES. — Como ya hemos visto, sólo un limitado número de líneas conservan en un mapa su verdadera magnitud, es decir, la misma longitud que en el globo; todas las demás líneas aparecen acortadas o alargadas. En mapas pequeños de regiones poco extensas, la deformación no es grande, y si se construyen a escala conveniente carece de importancia; pero no sucede lo mismo con los mapamundis. Si se da escala, ésta ha de ser la del globo que representa la proyección y debe especificarse qué líneas son verdaderas (automecoicas), si las meridianas, las paralelas o las radiales. Son muy convenientes las escalas gráficas, que dan el

error a lo largo de las líneas no verdaderas, como se vio en la figura 43 para la proyección de Mercator. Nunca debe olvidarse al consultar mapamundis que en ninguno de éstos pueden tomarse las distancias por simple lectura de la escala.

**DIBUJO DE PROYECCIONES.** — Hay que dibujar las proyecciones con toda clase de cuidados; el equipo necesario para ello consiste en papel liso e indeformable, lápiz muy afilado, escuadra y regla en T con borde de acero, compás de reducción, plantillas y transportador circular. Se sujeta el papel por los bordes; se traza primero una línea central vertical con la regla en T, y con la escuadra se dibuja una línea horizontal que servirá de base. A continuación se trazan los paralelos y meridianos. Si el meridiano central es automecoico, se divide en toda su longitud en grados, mejor que ir tomando grado por grado, ya que de este modo se acumularían los errores sucesivos; un error, apenas perceptible por sí solo, se convierte en intolerable al repetirse quince veces. Si hay paralelos automecoicos se trazan a continuación calculando su longitud en función del coseno de la latitud. Más difícil resulta el tomar distancias sobre líneas curvas, lo cual puede hacerse con una regla flexible, consistente en una escala de papel puesta de canto; también puede calcularse la longitud de la cuerda, como se ve en la figura 77, mediante la fórmula

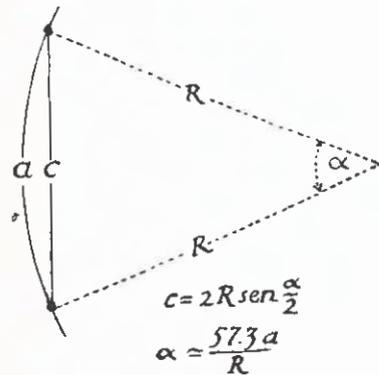


FIG. 77. — Cuando se conoce la distancia  $a$ , medida sobre un arco, puede determinarse la longitud de la cuerda.

ción del coseno de la latitud. Más difícil resulta el tomar distancias sobre líneas curvas, lo cual puede hacerse con una regla flexible, consistente en una escala de papel puesta de canto; también puede calcularse la longitud de la cuerda, como se ve en la figura 77, mediante la fórmula

$$\text{cuerda} = 2 R \operatorname{sen} \frac{\alpha}{2}$$

donde

$$\alpha = \frac{57.3 a}{R}; R \text{ es el radio del círculo y } a \text{ la longitud del arco.}$$

Se presenta con frecuencia el problema de trazar meridianos y paralelos circulares muy abiertos, es decir, cuando su centro queda a distancia demasiado grande; se resuelve esta dificultad, conocidos que sean tres puntos  $A, B, C$  del arco, formando un compás de tres puntas con dos tiras de papel (fig. 78); al moverse las tiras sobre  $A$  y  $C$ , el lápiz  $B$  describe un arco circular.

En el trazado de proyecciones se da con mucha frecuencia el caso de que muchas líneas convergen en un mismo punto, que resulta emborronado, dando lugar a imprecisiones considerables. Estos puntos deben señalarse con toda finura, manteniéndolos siempre limpios, para lo cual se borran las líneas de lápiz que van concurriendo en los mismos.

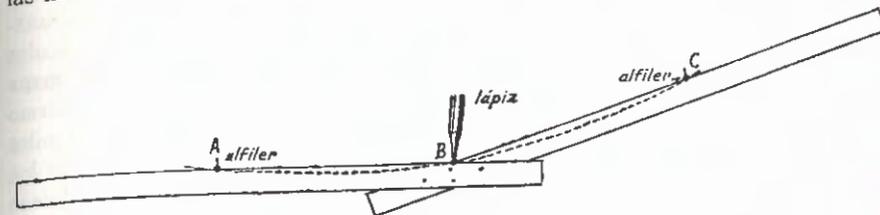


FIG. 78. — Puede trazarse el arco determinado por tres puntos, corriendo dos tiras de papel o cartulina sobre los puntos  $A$  y  $C$ .

La mayor parte de las proyecciones que comprenden el mundo entero son simétricas respecto a un meridiano central o respecto al ecuador. En estos casos se construye con todo cuidado el canevas de un cuadrante, se traza otro meridiano central y otro ecuador en un papel aparte, sobre el cual se pinchan los vértices de la red de tal cuadrante, y se hace girar después el papel alrededor del ecuador y del meridiano central. Con esto se reserva el primer canevas para otras construcciones futuras, y se evita además el tener que borrar tantas líneas de lápiz.

**MEDICIÓN DE DISTANCIAS SOBRE MAPAS.** — La distancia más corta entre dos puntos del globo es el arco de círculo máximo que pasa por los mismos. Estas distancias, contadas sobre tal círculo, no quedan representadas en su verdadera magnitud en los mapas más que para determinadas líneas. Lo más sencillo sería medir estas distancias sobre un globo, pero la exactitud de esta medida depende de la precisión con que esté construido el globo. Se puede preparar una escala cortando una tira de papel de longitud igual a media circunferencia máxima, dividiéndola después en 200 partes, correspondiente cada una a 100 km. Se señalan primero las divisiones de 1.000 km. y luego se subdividen éstas.

Un método más exacto para construir la escala consiste en resolver el triángulo esférico:

$$\operatorname{sen} \operatorname{ver} d = \operatorname{sen} \operatorname{ver} (\varphi_2 - \varphi_1) + \cos \varphi_1 \cos \varphi_2 \operatorname{sen} \operatorname{ver} (\lambda_2 - \lambda_1)$$

donde  $d$  es la distancia en grados (111 km. por grado),  $\varphi$  es la latitud y  $\lambda$  la longitud de los respectivos puntos. (La abreviatura *sen ver* corresponde a seno verso, que, como se sabe, es una función trigonométrica dada por la igualdad.

$$\operatorname{sen} \operatorname{ver} \alpha = 1 - \cos \alpha$$

suponiendo que el radio es igual a la unidad. En muchas tablas geodésicas y náuticas se consignan los valores de esta función.)

Para cálculos rigurosamente exactos se tiene en cuenta la forma elipsooidal de la Tierra, y las fórmulas correspondientes son mucho más complicadas.

Otro procedimiento empleado principalmente en las proyecciones cilíndricas consiste en superponer en un mapa ecuatorial una proyección transversa a la misma escala; los meridianos son en este caso una serie de círculos máximos, y si se corre el meridiano central a lo largo del ecuador del mapa original hasta que los dos puntos de que se trate caigan sobre el mismo meridiano de la proyección transversa, puede leerse la distancia entre tales puntos, en grados, por los paralelos que indican distancias iguales de los meridianos. En la figura 69, en el mapa Mercator representado por las líneas de trazos, los puntos *A* y *B* distan entre sí 120 grados de latitud. Existen además otros sistemas muy ingeniosos como el método gráfico de Uzefovich y el de Litterly y Pierce.

### TERCERA PARTE

## REPRESENTACIÓN DE LA TIERRA EN MAPAS

### CAPÍTULO IX

#### SÍMBOLOS

En los mapas se representan o se indican todos o casi todos los detalles mediante símbolos convenidos; si se representaran tal y como son en realidad, muchos resultarían microscópicos. En un mapa topográfico corriente una carretera de 8 m. de anchura quedaría representada por una línea de 0,1 mm.; pero en tales mapas se ven las carreteras como dos líneas paralelas separadas 0,5 mm. entre sí, lo cual quiere decir que se trata de un símbolo. Un río, por ancho que sea, quedaría representado en un mapa ordinario a pequeña escala por una línea de apenas 0,01 mm. de anchura; al representarlo por una línea ondulada cien veces más ancha empleamos un símbolo.

Un símbolo es bueno cuando puede reconocerse sin necesidad de rotulación alguna, y puede ser tal que recuerde por sí mismo al detalle que representa, o que esté ya sancionado por muchos años de empleo. La mayor parte de los símbolos proceden de los mapas más antiguos. Los símbolos han de ser pequeños, claros y fáciles de dibujar.

Según sea la escala del mapa, así pueden variar los símbolos; en los mapas de escala reducida, las carreteras se representan ordinariamente por una sola línea en vez de hacerlo por una doble, como en los mapas topográficos de mayor escala. En los mapas de pequeña escala, las poblaciones se suelen representar por círculos; en los mapas de escala grande, por sus calles. Al emplear los símbolos se comete con frecuencia el error de utilizar los de mapas de gran escala en los de escala reducida, que quedan así sobrecargados y confusos. Casi todos los cartógrafos tienen la costumbre de emplear un mismo sistema de símbolos en todos sus mapas, pero los resultados obtenidos no siempre son satisfactorios. Los símbolos empleados en mapas de colores han de ser diferentes, como es natural, de los usados en los mapas en blanco y negro solamente.

Los símbolos de un mapa pueden clasificarse en tres grupos: *obras y construcciones, aguas y relieve*. En los mapas modernos se agrega un cuarto grupo, el de *vegetación o cultivo*. Aparte estos símbolos se emplean otros muchos especiales en los mapas científicos y estadísticos.

En casi todos los países los colores convencionales son los que siguen: azul para el agua, negro y rojo para las obras de fábrica, castaño en diferentes tonalidades para el relieve, y verde para la vegetación.

### OBRAS Y CONSTRUCCIONES

Las obras y construcciones debidas a la mano del hombre se destacan de modo particular en todos los mapas. Las poblaciones, carreteras y vías férreas son las más importantes, por lo cual se representan a un tamaño mucho mayor del que realmente les corresponde. Hay muchos mapas que apenas si contienen otros símbolos que los de obras y construcciones.

**POBLACIONES** (fig. 79). — En los mapas más antiguos se representaban las ciudades por pequeños dibujos, más o menos artísticos, a vista de pájaro. Como las ciudades antiguas amuralladas tenían su contorno circular, su representación en los mapas de escala reducida se limitaba a una curva cerrada más o menos circular, o quedaban simbolizadas por un sencillito circulito. Aun en la actualidad se sigue empleando el círculo como símbolo para las poblaciones, no obstante la poca semejanza que en nuestros días existe entre una ciudad y un círculo.

Es posible que sea distinto el origen del símbolo de las poblaciones; en los primeros mapas del Renacimiento se acostumbraba representar una ciudad por un pequeño grupo de casas; pero como este grupo era de tamaño mucho mayor que el que realmente correspondía a la población se indicaba

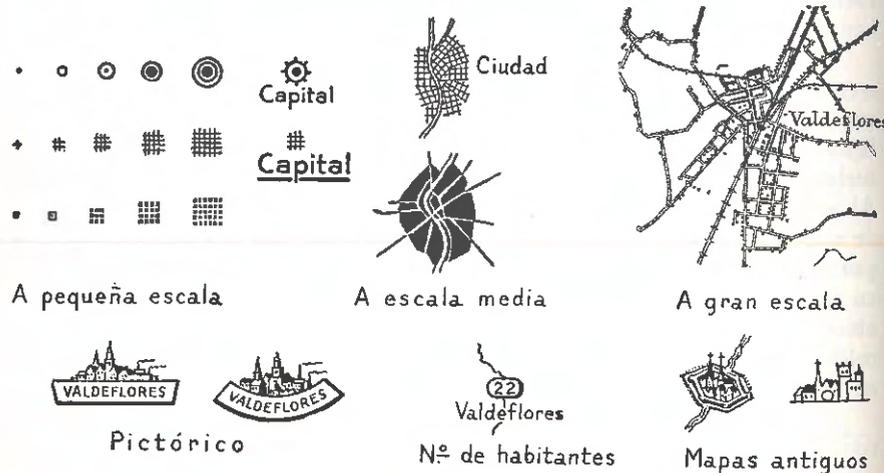


FIG. 79. — Los símbolos de población varían según la escala y el estilo del mapa. Todos deben indicar siempre el tamaño de la ciudad.

su situación exacta por un pequeño circulito entre las mismas casas. En los mapas de escala reducida se suprimían las casas, quedando sólo el circulito. En la actualidad se continúa representando las ciudades por uno o más círculos concéntricos cuyo número y tamaño dependen de la importancia relativa de las mismas.

En los mapas a gran escala, donde pueden representarse las distancias en su verdadera magnitud relativa, se simbolizan las poblaciones mediante líneas perpendiculares entre sí que representan las calles, y que constituyen una imagen más fiel de las ciudades actuales que van extendiéndose en unas y otras direcciones, que los circulitos representativos de las antiguas ciudades amuralladas. También se representaban a veces las poblaciones por medio de óvalos, dentro de los cuales se escribe el número de habitantes en millones.

La selección de poblaciones que han de figurar en un mapa se hace, de ordinario, por su número de habitantes, aun cuando este dato por sí solo no define la importancia de una ciudad. Por ejemplo, ciudades históricas, industriales, fronterizas o situadas en empalme de ferrocarriles, o que sean puertos o centros mineros o culturales, etc., deben figurar en los mapas aunque su número de habitantes sea mucho menor que el de otras poblaciones.

**CARRETERAS** (fig. 80). — Aun en los mapas más antiguos era costumbre representar los caminos por una doble línea a la que a veces se agregaban dos filas de árboles. Este símbolo es tan natural que ha cambiado muy poco desde entonces. En los mapas a gran escala se representan las carreteras de diferentes categorías por líneas de espesor variable; pero en los mapas de escala reducida, donde sólo se indican las carreteras más importantes, no se suele hacer tal distribución, para evitar el empastamiento, prefiriéndose una simple línea a la doble acostumbrada. Si se usan colores, las carreteras se dibujan en rojo o en negro, de ordinario de color diferente al de las vías férreas. Los actuales mapas de carreteras para guías de automovilistas llevan un simbolismo diferente y más detallado para indicar toda la variedad de tipos de carreteras hoy existentes. Para el trazado de tales carreteras es conveniente disponer de una pluma especial de doble punta. Cuando sólo se ha de representar un número limitado de carreteras se eligen las de mayor importancia, que pueden no ser las de mayor categoría.

**VÍAS FÉRREAS** (fig. 80). — En los mapas antiguos litografiados se representaban las vías férreas con dos líneas paralelas y espacios alternativamente blancos y negros. Pero en los mapas fotográfados, los espacios blancos quedaban fácilmente ocluidos con tinta, y por esa razón se adoptó como símbolo una o dos líneas cruzadas por pequeños trazos, que son las traviesas. Actualmente, esas traviesas se dibujan tan separadas unas de otras que apenas si recuerdan a la vista el origen del símbolo.

Mucho gana un mapa cuando las vías férreas están representadas por líneas de distinto espesor, según su importancia. Estas líneas forman un conjunto parecido al sistema arterial del cuerpo humano, y dan una idea muy clara del tráfico ferroviario mucho mejor que la red corriente de líneas de

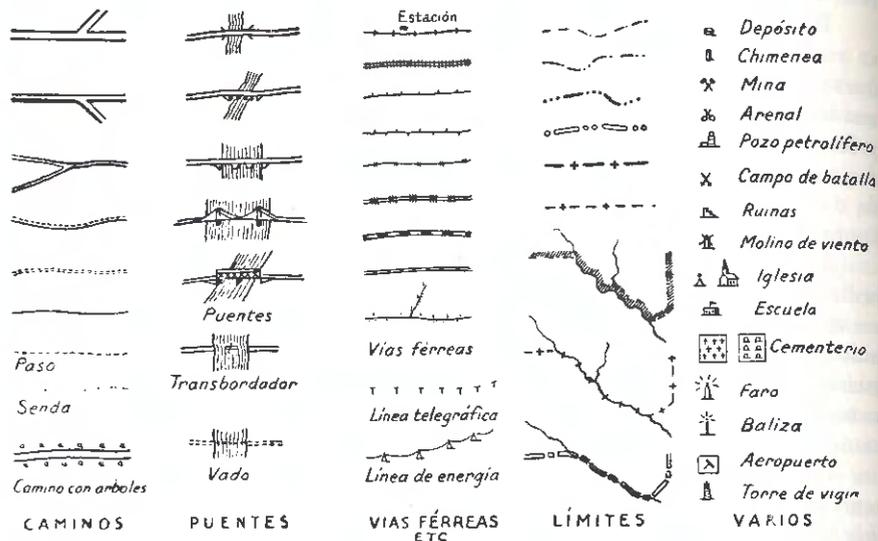


FIG. 80. — Ejemplos de signos convencionales. Han de recordar, a ser posible, el detalle que representan.

igual espesor. Lo que más importa es que se indique la anchura de las vías, ya sea por el tamaño convencional de las líneas, por algún símbolo especial o por el oportuno rotulado. También es costumbre indicar las estaciones de empalme y las fronterizas (inspección de aduanas) con objeto de ilustrar a los viajeros.

**LÍNEAS LÍMITES** (fig. 80). — El símbolo convencional para las líneas límites consiste en una serie de rayas y puntos, o cruces, tan artificial como la línea que representa. Según el grosor de las líneas y el número de rayas y puntos o cruces, así se diferencian las líneas límites de términos municipales, provincias, naciones, etc. Ordinariamente se trazan en negro, a menos que coincidan con algún muro o construcción análoga, en cuyo caso se pueden dibujar en rojo.

En los mapas sin colores constituye a veces un problema el representar las líneas límites cuando éstas coinciden con un río o arroyo, por la dificultad de superponer el símbolo propio de la línea límite a la representativa del río o arroyo; esta línea límite no puede tampoco dibujarse a un lado del

río porque ello significaría que este último pertenece a uno de los términos, provincias o naciones colindantes, pudiendo suceder que la línea límite pase, en realidad por el eje del río, como es lo más frecuente. Esta dificultad se puede resolver de varios modos: sombreando toda la línea límite, pase o no pase por ríos o arroyos; o empleando cruces en vez de puntos, que se dibujan incluso sobre el curso del río. En los mapas de colores no existe tal dificultad, ya que sobre el azul de los ríos destaca perfectamente el negro de la línea límite aun cuando en vez de cruces se empleen puntos.

Constituye un problema muy frecuente el representar los límites internacionales (fronteras) sobre los mares. A veces se dibujan estas líneas, alrededor de ciertas islas, a más distancia de la legal para indicar que son de la soberanía de alguna nación; en contra de los tratados internacionales sobre la materia, se soslaya este inconveniente dibujando con interrupciones las líneas que no son límites reales. También se presenta otro problema ante las líneas límites en litigio o no reconocidas, que se pueden representar intercalando de vez en cuando algún signo especial, que también se emplea en las zonas sometidas a discusión. Son frecuentes los cambios de límites, cosa que ayuda a fijar la época de los mapas no fechados.

**SÍMBOLOS VARIOS** (fig. 80). — La mayoría de los mapas de escala reducida no contienen más que algunos símbolos de obras y construcciones, como son poblaciones, carreteras, vías férreas; pero en los mapas a gran escala se representan otros detalles como minas, caseríos, ermitas, ruinas, etc. Los símbolos correspondientes son reminiscencias de la vista vertical del objeto representado, pero también se admiten vistas oblicuas o laterales, si así resulta más claridad en la interpretación: cruces para los cementerios, martillos cruzados para las minas y pequeñas torres para los faros, etc., son signos perfectamente logrados y sancionados universalmente por la práctica. En cambio, hay otros que quedan al arbitrio y a la inventiva del cartógrafo (campos de aterrizaje, escuelas, jardines, etc.).

AGUAS

Al dibujar un mapa, lo primero que se traza son las costas, si las hay, y los ríos, que son los detalles más importantes para la identificación de una región o país. El color convencional para toda clase de corrientes de agua y para el agua parada (mares, lagos, estanques, etc.) es el azul.

**RÍOS** (fig. 81). — En los mapas a gran escala se representan los ríos con su verdadera anchura y recorrido a la escala que se trate; pero en los mapas de escala reducida se indican con una línea irregular algo sinuosa, cuyo grosor corresponde a una anchura del río mucho mayor que la real. Las irregularidades de tal línea pueden o no representar las curvas que el

río describe en el terreno: en los mapas sin colores estas líneas sinuosas sirven a veces únicamente para distinguir los ríos de otros detalles. Es muy importante el que las líneas representativas de los ríos, muy finas en el

## RIOS

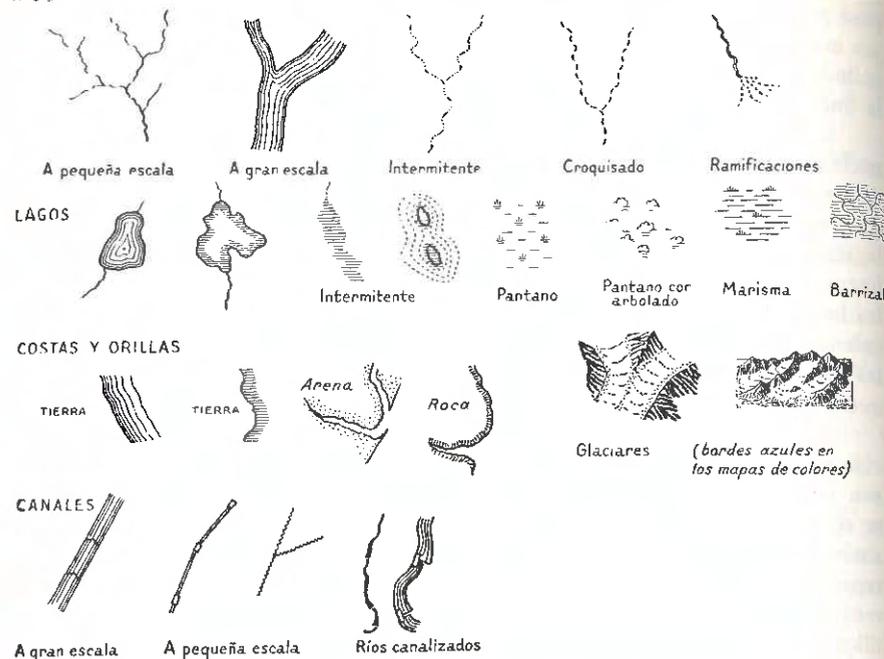


FIG. 81. — Ejemplos de signos hidrográficos.

origen o nacimiento de los mismos, vayan aumentando de espesor a medida que se acercan a su desembocadura, con lo cual se tiene su dirección y además resalta perfectamente toda la cuenca de cada río y la red fluvial completa. Algunos ríos quedan a veces cortados y con su caudal muy disminuido, pero es muy raro que un mapa recoja estas variaciones. En los mapas de escala pequeña sólo se representan los ríos principales, prescindiendo de casi todos los afluentes. La navegabilidad de los ríos se indica con anclas de distintas clases, consignándose la estación del año en que el río es navegable y el calado de las embarcaciones que pueden circular por aquél.

También convendría, aun en los mapas de escala reducida, el distinguir los tres tipos principales de ríos, como se ve en la figura 82: de orillas escarpadas y lecho muy pendiente; de orillas llanas y cauce tortuoso, y de cauce escalonado. Pero en realidad pocas veces se representan en los mapas estas diferentes clases de cauces.

Los ríos intermitentes se representan por una línea de puntos y rayas, y los no levantados topográficamente, por líneas de trazos. Ordinariamente se limita el uso del símbolo de intermitencia a los ríos que se secan por lo menos durante tres meses al año.

CANALES (fig. 81). — En los mapas con colores, los canales se representan mediante líneas rectas azules, pero en los mapas de un solo tono resulta más difícil la representación: unas veces se emplea una sola línea recta o con sombreado por un lado, o bien una línea con muchas sinuosidades.

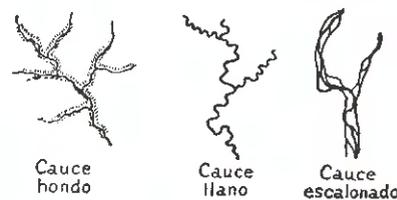
También tienen su símbolo propio los ríos canalizados, siendo preferible el situar las presas y dársenas en su verdadera posición; pero en los mapas de pequeña escala se recurre a símbolos convencionales, como se ve en la figura 81. Debe indicarse también cuándo un río sólo está rectificado y dragado; en los mapas muy detallados ha de figurar la profundidad mínima de los canales y de los ríos canalizados; pocas veces se cumple este requisito en los mapas actuales.

ORILLAS. — En los mapas a gran escala se representan las orillas con su verdadera configuración; pero en los mapas de pequeña escala se dibujan las orillas de modo más bien arbitrario. En los mapas sin colores conviene que las tierras resalten bien claramente, como se ve en la figura 81. En los mapas donde figuran las montañas deben distinguirse las orillas arenosas, de las escarpadas o recortadas.

Los lagos intermitentes o con grandes variaciones de nivel no deben tener sus orillas continuas ni definidas: lo mejor es representarlos con varias rayas horizontales sin contorno.

MARISMAS, PANTANOS Y ESTEPAS. — Se representan ordinariamente con pequeños trazos horizontales y plantas reflejadas en el agua; no está definido el símbolo para estepas, tundras y marismas con arbolado o plantas altas. En la tabla XII se ven varios símbolos de esta clase.

UNIFICACIÓN DE SÍMBOLOS. — Cuando se ha de construir una serie de mapas, uno de los primeros cuidados ha de ser el preparar un cuadro de signos que debe seguirse rigidamente para evitar confusiones. Al dibujar estos símbolos deben averiguarse, en series análogas de mapas, los signos empleados y hacer uso de signos semejantes en forma y dimensiones. El Instituto Geográfico Español edita periódicamente un cuadro con signos convencionales para la unificación en su empleo. Los organismos especiales también publican cuadros referentes a signos de su correspondiente especialidad:



## TIPOS DE RÍO

FIG. 82. — Aun en los mapas a pequeña escala se pueden representar los diferentes tipos de ríos.

minas, ejército, etc. La Cartografía es como un idioma, en el que las palabras son signos o símbolos.

En muchos mapas construidos para fines especiales es muy difícil unificar los signos. En estos casos, la imaginación y el gusto artístico del cartógrafo o del delineante son los que han de decidir entre unos y otros símbolos. Los mapas sociales y económicos ofrecen campo amplio a la inventiva del dibujante; en los capítulos XXV y XXVI, se ven algunos ejemplos ilustrativos.

CUADRO DE SIGNOS CONVENCIONALES DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO Y CATASTRAL DE ESPAÑA

S I G N O S	
	Abrevadero
	Acquia
	Acueducto
	Aerodromo
	Aguas minerales
	Alambrado, eslacado o cerca
927	Altitud en metros
681,5	Altitud dada por las nivelaciones de precisión
	Arboles frutales, alamedas
	Arca de agua
	Arenal
	Arsenal marítimo (de guerra)
	Arsenal marítimo (mercante)
	Arroyo de corriente continua
	Arroyo de corriente no constante, barrena, bombeo, vertiente, etc.
	Arrozales
	Atalaya
	Baños
	Barca con moroma
	Barca de remos para pasajeros
	Barca de remos para carruajes
	Barrera
	Calzada romana
	Canino carretero
	Camino de herradura
	Campo de aterrizaje
	Canal de abastecimiento
	Canal de navegación (de fábrica)
	Canal de navegación (de tierra)
	Canal de navegación (en construcción)
	Canal de riego (de fábrica)
	Canal de riego (de tierra) y desagüe
	Canal de riego (en construcción)
	Canal subterráneo
	Canal desecado
	Canteneras
	Caña de azúcar (plantación de)
	Cañaveral
	Cañería
	Carretera de 1º orden
	Carretera de 2º orden
	Carretera de 3º orden
	Carretera de 1º orden (en construcción)
	Carretera de 2º orden (en construcción)
	Carretera de 3º orden (en construcción)
	Carretera provincial, municipal particular o camino vecinal
	Carretera provincial, etc. (en construcción)
	Castillos
	Cementerio
	Colección de cada nueve hojas contiguas
	Convento
	Cortija, casa de labor, granja, quinta o edificio aislado
	Corral
	Costa
	Cruz
	Curva de nivel con su altitud en metros
	Cueva, silo, bodega, etc.
	Depósito de agua, estanque, etc.
	Desmonte
	Dique

S I G N O S	
	Dirección de las corrientes
	Dunas
	Erial
	Ermita, santuario, etc.
	Escarpado
	Esclusas
	Estación de ferrocarril
	Estación radiotelegráfica
	Fábrica
	Faro de 1º orden
	Faro de 2º orden
	Faro de 3º orden
	Faro de orden inferior luz de puerto
	Ferrocarril de vía ancha
	Ferrocarril de doble vía ancha
	Ferrocarril de vía estrecha o tranvía
	Ferrocarril de vía ancha (en construcción)
	Ferrocarril de doble vía ancha (en construcción)
	Ferrocarril de vía estrecha o tranvía (en construcción)
	Fondeadero
	Frontera
	Fuente
	Fuerte
	Horno de cal de ladrillo o tejón
	Huerta
	Iglesia
	Imágenes o efígies
	Jardines
	Laguna con agua constante
	Laguna con agua no constante
	Limite de término anejo
	Limite de término municipal
	Limite de provincia
	Línea de energía eléctrica
	Línea telefónica
	Línea telegráfica
	Manantial
	Mareógrafo
	Marisma o terreno pantanoso
	Mina
	Molino
	Monte alto
	Monte bajo
	Monumento histórico o artístico
	Muro, pared o tapia
	Narajos y limoneros
	Obelisco
	Observatorio
	Olivar
	Palmar
	Población
	Pomarada
	Pontón
	Poste kilométrico
	Pozo o noria
	Pozo artesiano
	Prado
	Presa (de fábrica)
	Presa (de madera)
	Puente de piedra
	Puente de hierro
	Puente de piedra y hierro
	Puente de madera
	Puente colgante
	Puente giratorio
	Puente de barcas
	Puente levadizo
	Puerto
	Punto de altitud
	Recinto sin determinar la parte cubierta
	Río, ria
	Río de corriente no constante o rambla
	Ruinas
	Salinas
	Salto de agua o rápido
	Senda
	Sismógrafo
	Terraplén
	Tierras de labor
	Torre de costa
	Torre telegráfica
	Torre vigía
	Torreón
	Transporte aéreo
	Túnel
	Vado para carruajes
	Vado a pie y a caballo
	Vértice geodésico de 1º orden
	Vértice geodésico de 2º orden
	Vértice geodésico de 3º orden
	Vértice sobre edificio
	Viaducto
	Vía pecuaria
	Viña
	Viña y olivar

L E T R A S	
<b>LE</b>	Título de hoja
<b>121</b>	Numeración de las hojas
<b>POB</b>	Población de más de 20000 habitantes
<b>POB</b>	Población de más de 10000 habitantes
<b>POB</b>	Población capital de provincia
<b>Pob</b>	Población que, no siendo capital de provincia tenga más de 8000 habitantes
<b>Pob</b>	Población de menos de 8000 habitantes, cabeza de Ayuntamiento
<b>MAR</b>	Mares
<b>RIO</b>	Ríos
<b>Ane</b>	Anejo, aldeas y lugares
<b>Ferr</b>	Ferrocarril, carretera, vértice, canal, barrida y cam.
<b>GOL</b>	Golfos
<b>Sierr</b>	Sierras
<b>Prov</b>	Provincias
<b>Bahia</b>	Bahías y puertos
<b>Ensen</b>	Ensenadas
<b>Rada</b>	Radas
<b>Playa</b>	Playas, nombres de sitio, cerros, lomas etc.
<b>Casa</b>	Casas, cortijos, caminos, arroyos etc.

## CAPÍTULO X

### REPRESENTACIÓN DEL RELIEVE DEL TERRENO

La representación del relieve del terreno, montañas, mesetas, escarpaduras, etc., es uno de los grandes problemas de la cartografía práctica. La dificultad principal estriba en que estamos habituados a ver las montañas desde abajo y nos resulta extraña su vista vertical desde arriba. Cuando se mira directamente hacia abajo desde un aeroplano no se aprecian ni las montañas de bastante elevación, como puede fácilmente comprobarse con una fotografía aérea de eje vertical.

La representación de las montañas ha sido el último perfeccionamiento de la Cartografía. Hasta mediados del siglo XVIII, se figuraban las cordilleras dibujando una serie de montañas como en un cuadro. Apenas si se intentó indicar en estos dibujos la clase de montaña, y muy raras veces la altura del dibujo correspondía a la real del terreno, siendo la razón principal el desconocimiento que entonces se tenía de tales alturas exactas; los Alpes se suponían con una altura de 30.000 metros. Con la invención del barómetro y el perfeccionamiento de los teodolitos se pudieron determinar con precisión las cotas de las montañas; pero todo ello se hizo con gran lentitud, de tal modo que, a principios del siglo XIX, Humboldt reseñaba únicamente 120 picos medidos con exactitud.

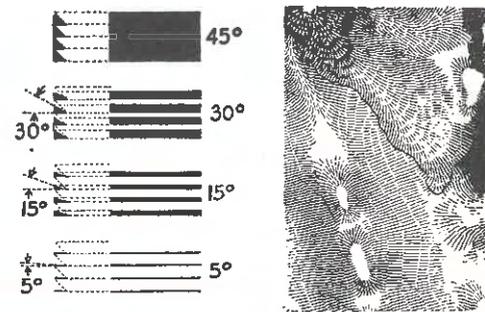


FIG. 83. — Método de sombreado, de Lehmann. Se ven los trazos muy ampliados. En este método, el espesor de los trazos es proporcional a la tangente del ángulo de pendiente.

**SOMBREADO CON TRAZOS (NORMALES).** — Muy conocido es el método de representar el relieve del terreno mediante sombreado formado de trazos cortos, paralelos y muy próximos entre sí. A fines del siglo XVIII introdujo el comandante Lehmann un sistema científico para el sombreado, en el que las

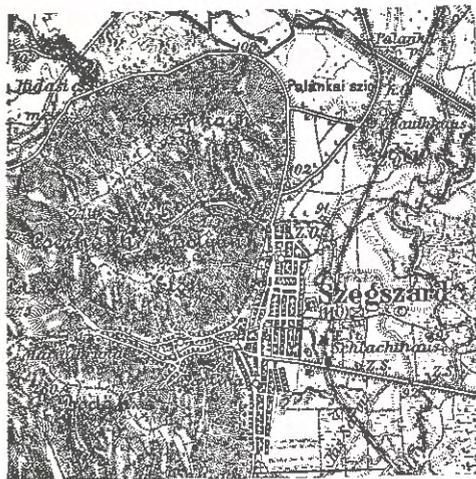


FIG. 84. — Mapa militar clásico, sombreado, del siglo XIX (Austria-Hungría, esc. 1:75.000).

pendientes están indicadas con trazos paralelos cuya dirección es la que seguiría el agua corriendo libremente por la superficie de que se trate. Aunque el número de trazos por centímetro sea siempre el mismo, cuando la pendiente es mayor se hacen más gruesos los trazos. El espesor de estos trazos se puede determinar exactamente, como se ve en la figura 83.

La relación entre los trazos negros y los espacios blancos es proporcional al ángulo de pendiente; una pendiente superior al 45 por 100 se representa en negro sin espacio blanco alguno. Mientras más pendiente es el terreno, más obscuro aparece en el mapa.

En realidad, lo que se hace primero es trazar las curvas de nivel, y de la densidad de estas curvas se deduce el ángulo de pendiente; después se trazan a mano los tramos del espesor correspondiente. Se precisa mucha práctica y gran habilidad para dibujar un buen mapa de normales.

El sistema de Lehmann es muy apreciado en usos militares; la gran ventaja de este sombreado consiste en que las montañas aparecen como tales, aun para las personas menos habitadas a interpretar mapas. Pero, en cambio, no ofrece idénticos resultados en otras aplicaciones. El ángulo de pendiente tiene gran importancia en artillería y para otros fines militares, pero en realidad lo que sucede es que no puede determinarse con precisión tal ángulo, por la dificultad que supone medir la anchura de los trazos, y aun cuando pudiera hacerse tal medición con toda exactitud, por la falta de precisión en el propio dibujo de los trazos.

El sistema de Lehmann fue adoptado por casi todos los ser-



FIG. 85. — En los mapas de escala reducida, el sombreado de normales se convierte en "orugas vellosas".

vicios geográficos militares en el siglo XIX y constituyó el medio más popularizado de representación de relieves, hasta 1870, en que la impresión de mapas en colores hizo posible tal representación con curvas de nivel de modo claro y sencillo. El sombreado se presta muy bien para realzar el relieve de extensiones más bien planas; taludes de ríos, pequeñas lomas, depresiones de poca extensión, etc., pueden no figurar en los mapas con curvas de nivel, por caer entre dos de estas últimas. Este método de sombreado se presta admirablemente a la representación de los terrenos rocosos y montañosos, pero cuando es grande la profusión de relieves, el mapa resultante es a veces muy obscuro y confuso. En las regiones donde no hay ríos es con frecuencia difícil determinar la inclinación general del terreno. Las pequeñas lomas sólo se distinguen de las depresiones ligeras mediante flechitas debidamente orientadas.

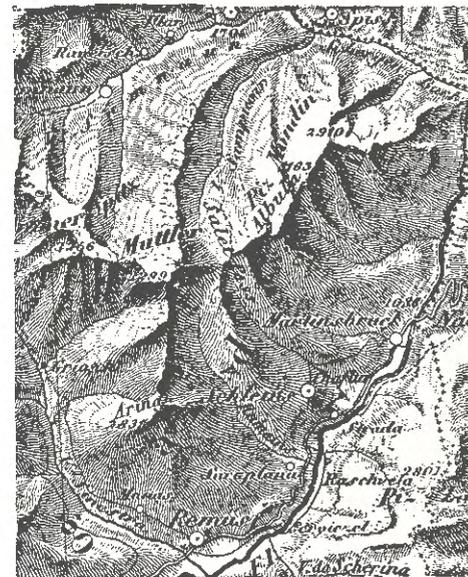


FIG. 86. — Sombreado con luz oblicua.

El sombreado con normales representa muy bien el relieve del terreno, pero no indica la altura sobre el nivel del mar. Se remedia este inconveniente consignando en el mismo mapa las cotas de los puntos culminantes. Es una mala costumbre la de poner cota solamente en los picos más altos; a veces importa más conocer la altura de estaciones de ferrocarril, de los aeródromos, lagos, etc. Las cotas aproximadas suelen indicarse entre paréntesis.

El método de sombreado por normales no se adapta bien a los mapas de escala reducida. El sistema de Lehmann no es aplicable a montañas aisladas. También en el siglo XIX se empleó un procedimiento llamado de oruga o de rama de pino, con el cual se distinguían las mesetas aisladas (rama de pino), las cordilleras (oruga), las lomas aisladas (media oruga) y los picos aislados (pequeños trazos divergentes).

Se han hecho ensayos sobre representación de relieves sombreado con trazos más finos al norte y al oeste y más gruesos al sur y al este, dando así al mapa el aspecto de estar iluminado oblicuamente, como se ve en la figura 86, que representa parte de un mapa Dufour, de Suiza, de mediados del siglo pasado. Estos mapas son de un efecto plástico maravilloso, y segu-

ramente constituyen la culminación del arte de sombrear con trazos. No obstante, tiene este sistema sus inconvenientes; por ejemplo, es necesario en ellos el empleo de diferente escala de espesores en los trazos de una u otra pendiente según su orientación. Tampoco se presta bien este método al sombreado de terrenos bajos ondulados.

En la actualidad ha decaído mucho el uso de los mapas sombreados con trazos, que han sido substituidos por los mapas con curvas de nivel y sombreado plástico.

#### SOMBREADO PLÁSTICO

En este sistema se considera el mapa como la fotografía de un modelo en relieve sin colores tomada verticalmente desde lo alto. Este sombreado plástico ha podido realizarse gracias a la litografía, antes de cuyo empleo no podían reproducirse los medios tonos.

**ILUMINACIÓN VERTICAL Y OBLICUA.** — Mucho se ha discutido sobre si la iluminación debe ser vertical u oblicua. En la iluminación vertical incide sobre el terreno horizontal algo más luz que sobre los inclinados. El efecto del sombreado en este sistema se asemeja al de normales, en que mientras más pronunciadas sean las pendientes, más oscuras resultan en el mapa. Claro está que, en rigor, esto no es cierto, ya que en la iluminación vertical cae exactamente la misma cantidad de luz sobre todos los puntos del mapa, si bien donde el terreno es inclinado, la superficie correspondiente es mayor sobre el mapa.

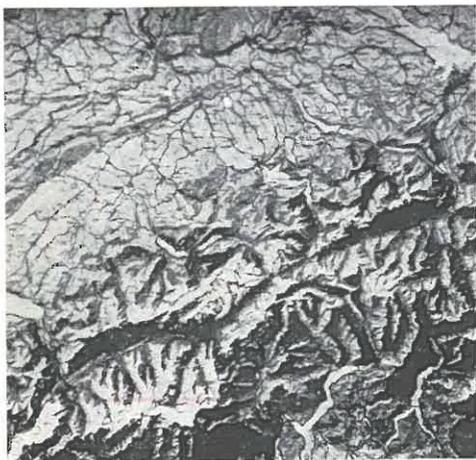


FIG. 87. — Sombreado plástico con iluminación oblicua.

de controversias ha sido el decidir si la luz ha de proceder del suroeste o del noroeste, por provenir realmente la luz del sur en casi todo el hemisferio boreal. Sin embargo, no es conveniente adoptar la iluminación del sur por razones de efecto óptico, pues los mapas aparecen como *negativos*, es decir, que las montañas parecen valles cuando la luz procede de detrás del obser-

vador, siendo preciso invertir el mapa para que la impresión que produce sea la verdadera del terreno.

En la actualidad se emplea mucho el sombreado plástico, principalmente en combinación con otros métodos. También se usa en los mapas topográficos de regiones en que no es factible el trazado de curvas de nivel. El sombreado plástico se hace generalmente en castaño o en gris, para poder imprimir encima el rotulado en negro.

El sombreado plástico se efectúa de varios modos: acuarela, pastel, lápiz blando o con polvo de grafito. La reproducción se hace por el procedimiento de fotograbado directo. Con papel de grano grueso no es necesario emplear grabado directo. En litografía, pueden obtenerse todos los tonos grises pintando la superficie graneada de una piedra litográfica con lápiz-creta.



FIG. 88. — Los lagos de un glaciar aparecen en alto, a menos que se invierta la página.

#### CURVAS DE NIVEL

El sistema más extendido para representar el relieve del terreno en los mapas topográficos es el de las curvas de nivel, que son líneas que, a igual distancia entre cada dos consecutivas, unen puntos de igual cota. Para mejor comprensión supongamos que la curva de nivel cero está al nivel del mar. Si el mar subiera 20 metros, la nueva línea de costa sería la curva de cota 20 metros; del mismo modo se pueden determinar las curvas de nivel de 40, 60, etc., metros. Las curvas de nivel están tanto más próximas entre sí cuanto más pendiente es el terreno, apareciendo de este modo más oscuras las zonas montañosas en los mapas. Es evidente que todas las curvas de nivel son horizontales y normales a la dirección en que corre el agua. Entre las curvas de nivel puede tomarse directamente la cota de un punto cualquiera, y el ángulo de pendiente se puede también determinar con toda facilidad.

**EQUIDISTANCIA.** — La fijación de la equidistancia, o separación entre cada dos curvas de nivel consecutivas, depende de la escala del mapa, de la importancia del relieve y de la precisión del levantamiento. Hay planos de

terrenos de regadío con curvas de nivel a 25 cm. de equidistancia, y en cambio los mapas de escala 1:50.000 y 1:200.000 tienen equidistancias de 20 y 100 m. respectivamente. Por lo general, las curvas de nivel están más próximas en el plano de terrenos llanos, y la equidistancia es mayor en los terrenos

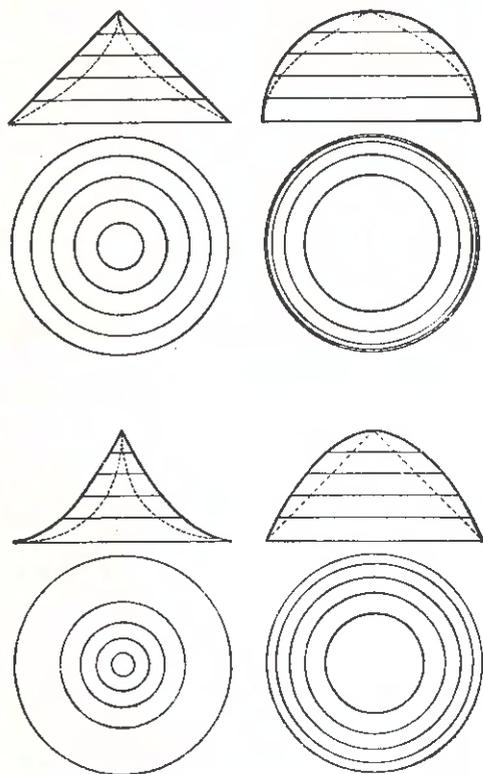


FIG. 89. — Formas geométricas dadas por curvas de nivel. Las líneas de puntos son curvas hipsográficas (véase cap. XXIV).

montañosos. En los mapas de escala muy reducida, como el del mundo, a escala 1:1.000.000, se adopta una equidistancia variable, tanto menor cuanto menos elevaciones tiene la zona de que se trate; estas equidistancias son: 100, 200, 300, 400, 500, 700, 1.000, 1.500, 2.000, 2.500, 3.000, 3.500 y 4.000 m. En los mapas continentales de pequeña escala, las equidistancias más corrientes son: 100, 200, 300, 500, 1.000, 1.500, 2.000, 3.000 y 5.000 m. Se impone esta variabilidad de equidistancias porque, de no hacerlo así, en terrenos bajos desaparecerían muchos detalles de importancia aunque de poca altura, y en cambio el mapa quedaría empastado con curvas demasiado próximas entre sí en las partes de grandes desniveles. Las curvas de nivel muy apretado dan mayor plasticidad y precisión a los mapas, pero requieren un trabajo de campo excesivo y muchas veces desproporcionado, respecto a los fines del mapa.

El fondo del mar y de los lagos puede representarse también con curvas de nivel. Precisamente este fue el fin original de tales curvas.

**DATOS HISTÓRICOS.** — Las noticias más remotas que se tienen sobre las curvas de nivel alcanzan al ingeniero holandés N. Cruquius (1728 ó 1730), que las empleó por vez primera para representar el fondo del río Merwede, con vistas a su navegabilidad. En 1737, Buache empleó las curvas de nivel para indicar las diferentes profundidades del canal de la Mancha. Pero pasaron muchos años antes de ser empleadas estas curvas en los mapas te-

rrrestres. El primer mapa importante con curvas de nivel es el de Francia, por Dupain-Triel, en 1791. En los mapas militares de precisión del siglo XIX se emplearon las curvas de nivel, pero sólo en las hojas originales; en las reproducciones se sustituían las curvas por sombreado, o se combinaban con éste para evitar la confusión a que aquéllas daban lugar en las copias, que sólo tenían tonos blanco y negro. Después de inventada la litografía, el Servicio Geográfico Militar de Inglaterra confeccionó mapas con curvas de nivel sombreadas y tonos grises (fig. 101). Antes de acabar la tirada se perfeccionó la impresión en colores, y en 1878 se adoptó por el Servicio Geológico de los Estados Unidos el sistema, en uso actualmente, de representar las curvas de nivel en sepia, los ríos en azul, y en negro los detalles referentes a cultivos y edificaciones. En la actualidad, casi todos los países publican sus mapas topográficos con curvas de nivel, solas o combinadas con otros métodos de representación del relieve.

**PLANO DE REFERENCIA.** — El plano de referencia universalmente adoptado para casi todos los mapas es el nivel medio del mar, que se determina por una serie de observaciones que deben comprender más de 19 años. El nivel del mar no es exactamente horizontal, sino que varía según la configuración de las costas y según la profundidad; depende, además, del concepto geodésico de «horizontalidad», según la clase de esferoide que se adopte. El problema de esta falta de horizontalidad perfecta carece de trascendencia práctica, ya que el error es de unos cuantos centímetros solamente. Las curvas de nivel del fondo del mar (líneas batimétricas) se refieren, como es natural, a bajamar, mientras que las curvas altimétricas toman como referencia el nivel de la pleamar, por ser esta línea claramente apreciable sobre el terreno.

**TRAZADO DE LAS CURVAS DE NIVEL.** — Ordinariamente, las curvas de nivel sobre el terreno se trazan partiendo de las dibujadas sobre el plano; únicamente se miden las alturas de las puntas más importantes (cimas de montañas, prominencias, cruce de carreteras o caminos, etc.); las cotas de estos puntos sirven para intercalar las curvas de nivel. Cuando las pendientes son uniformes sólo se toman en campo las curvas de nivel de cinco, y las intermedias se interpolan en gabinete. El trazado de las curvas de nivel depende en gran parte de la habilidad y de la clara visión topográfica del operador. A veces, y aun tratándose de mapas a gran escala, se hace necesario trazar las curvas de terrenos abruptos *grosso modo*, es decir, sin gran detalle, pero siempre deben dar la configuración general del terreno. Por ejemplo, en terrenos abruptos de relieve muy complicado sería casi imposible que el topógrafo representase con exactitud todas las pequeñas vaguadas, pero se obtendrá una imagen de terreno más deformada trazando las curvas de nivel más destacadas o principales suavizando los recodos, que dibujando las curvas lobuladas propias de tal clase de relieve, aun cuando las

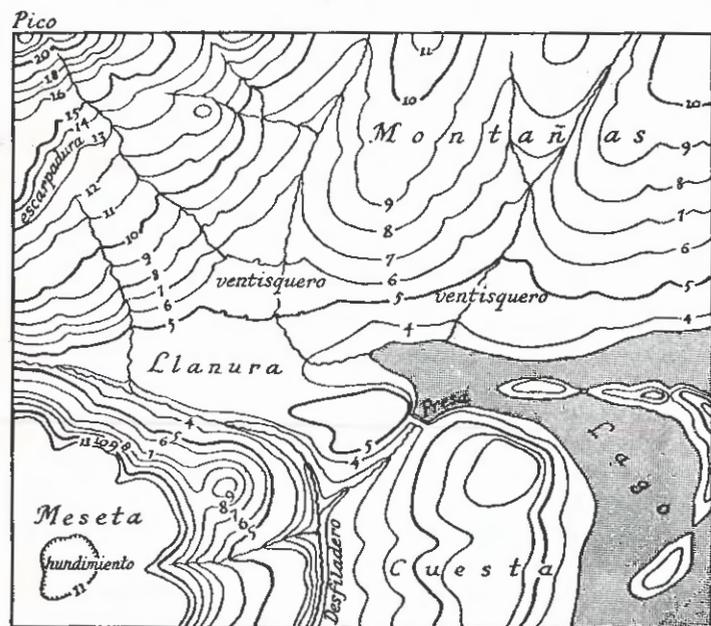
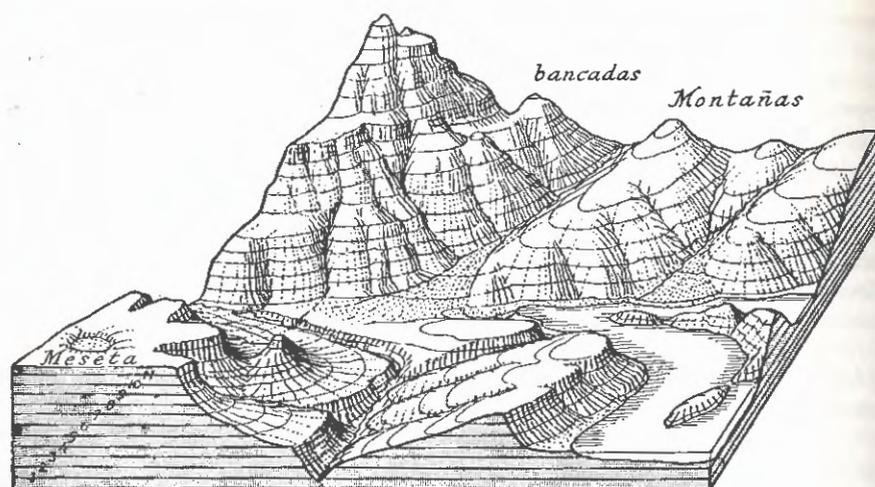


FIG. 90. — Es preciso un gran espíritu detallista para representar correctamente el relieve del terreno por medio de curvas de nivel.

vaguadas no estuvieran determinadas con toda precisión. Análogamente, los campos de lava se representan de ordinario con curvas dentelladas. Pero existe la tendencia general a dibujar las curvas de nivel sin cambios bruscos y con pocos codos, con lo cual se pierden en los mapas muchas escarpaduras y hondonadas de consideración. En la fig. 91 se ve la diferencia entre dos hojas del mapa de zonas colindantes a igual escala y equidistancia entre curvas de nivel, la superior hecha en un primer reconocimiento, y la segunda levantada con mayor precisión y dibujada con curvas lobuladas.

Generalmente, las curvas de nivel se pasan de tinta con el llamado *tiralíneas loco* (fig. 131), que, bien manejado, traza líneas muy finas y de contornos muy suaves. De cinco en cinco curvas, se traza una más gruesa para facilitar la interpretación del mapa y seguir con más facilidad las diferentes curvas; pero, en cambio, de este modo se puede acentuar una determinada elevación que en el terreno carece de importancia. El empleo del *tiralíneas loco* tiene el inconveniente de que las curvas resultan muy redondeadas y poco *expresivas*. Muchos mapas con curvas de nivel adolecen de tal defecto; cabe pensar si no sería mejor sacrificar la elegancia de las líneas y darles más naturalidad con el empleo de una pluma corriente de dibujo.

Las curvas de nivel se numeran con frecuencia con cifras indicadoras de su cota correspondiente, escritas a ser posible en las pendientes de la parte sur (fig. 90). Para facilitar la identificación de cada curva se procura colocar estas cifras unas sobre otras a lo largo de la pendiente de que se trate. Algunos detalles que no por ser pequeños carecen de importancia, como terraplenes o resaltos, montículos, grietas, etc., se suelen representar con curvas de nivel de puntos o trazos dibujadas a equidistancia mitad de la general del mapa. Por definición, cada curva de nivel debe ser una línea cerrada, pero no necesariamente dentro de cada mapa, si éste corresponde a regiones menores de un continente o de una isla. No es posible que una

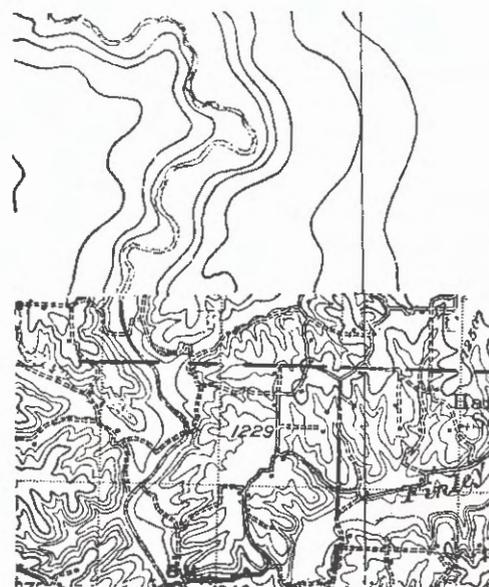


FIG. 91. — Diferencia entre dos hojas de zonas colindantes, la superior con curvas de nivel sin detalles, y la inferior con curvas de nivel lobuladas.

MESETA  
APALACHIANA



FIG. 92. — El perfil de las montañas Apalachianas resulta demasiado

curva de nivel tenga forma de espiral, ni que se corte con otra. En realidad debieran cortarse las curvas de nivel en las escarpaduras salientes, pero cuando tales acantilados son casi verticales se representan por un signo especial. La misma curva de nivel debe aparecer en las dos orillas de un mismo río.

PERFILES. — Casi todos los problemas que en la práctica presentan las curvas de nivel se resuelven con la ayuda de los perfiles o secciones verticales. El perfil da la idea más clara que se puede imaginar sobre las pendientes a lo largo de una determinada línea. Si el terreno presenta una dirección general de montañas y valles, el perfil se toma ordinariamente en sentido perpendicular a tal dirección, como se ve en la figura 93. El perfil es, por lo general, una línea recta, pero puede dibujarse el perfil que corresponde a una carretera, a un ferrocarril, o a una línea curva determinada. En primer lugar se traza en el mapa la línea a lo largo de la cual se ha de construir el perfil; después, en una tira de papel aparte se traza una línea recta de

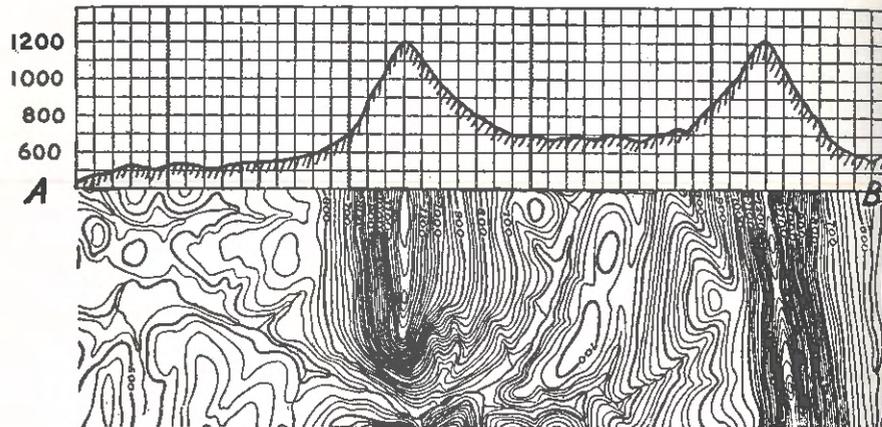


FIG. 93. — Trazado del perfil a lo largo de la línea A-B.

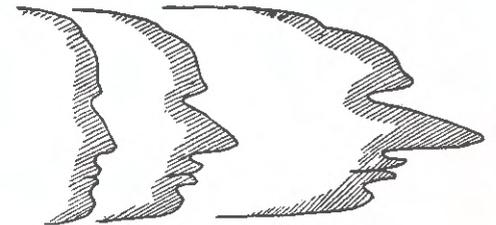
VALLE GRANDE



llano si no se emplea una escala vertical exagerada.

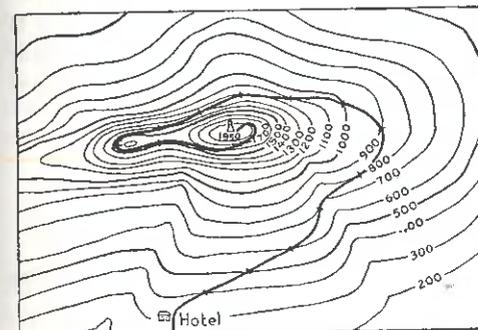
referencia de igual longitud que aquélla. Se toma una escala vertical en la cual cada división representa de ordinario un número entero de metros. A intervalos horizontales lo más cortos que sea posible se toma la altura correspondiente sobre la línea de referencia y uniendo los puntos así obtenidos resulta el perfil deseado.

Para el trazado de perfiles se emplea con frecuencia un papel especial cuadrículado que se encuentra en el comercio de artículos topográficos, pero su uso no es ni mucho menos indispensable. En casi todos los casos es necesario



Normal 2 1/2 veces 5 veces

FIG. 94. — La escala vertical exagerada altera la forma del perfil.



Escala 0 1/2 1 1 1/2 2 Km.  
Gradiente 6 m. por kilómetro

FIG. 95. — Trazado de una carretera de pendiente uniforme. Pueden obtenerse varias soluciones.

exagerar la escala vertical, sobre todo en los perfiles a escala reducida. En un perfil a escala 1:500,000 de las montañas apalachianas (fig. 92) la altura mayor sólo sería de unos 3 mm., con la que apenas serían perceptibles las demás elevaciones. La exageración de la escala vertical depende de la escala. En un mapa a escala 1:50,000 no hay que exagerar, o muy poco, la escala vertical, excepto para terrenos llanos. En un mapa a escala 1:1,000,000 es preciso exagerar la escala vertical (cinco veces por lo menos) para que resulten

apreciables los detalles más característicos. También depende la exageración de la escala vertical del uso que haya de hacerse del perfil; para la construcción, por ejemplo, de un embalse se requiere mayor exageración que para una sección geológica. En realidad no debe exagerarse la escala vertical en las secciones geológicas para que las diferentes capas no resulten con un espesor falso. Los terrenos llanos precisan una mayor exageración que los montañosos. Como regla general aproximada se pueden seguir las normas siguientes para terrenos de relieve regular:

Escala	Exageración vertical
1:50.000 . . . . .	2 veces
1:25.000 . . . . .	3 veces
1:10.000 . . . . .	4 veces
1: 5.000 . . . . .	6 veces
1: 3.000 . . . . .	8 veces
1: 750 . . . . .	16 veces

En los perfiles se anota la escala horizontal y la vertical, y a veces el valor de la exageración vertical, que no solamente aumenta el relieve, sino que también altera la forma de este último, como se ve en la figura 94. En realidad, la escala vertical exagerada da lugar a una especie de caricatura del terreno; por ejemplo, los volcanes, exagerados diez veces en altura, aparecen como un trozo de espina de pescado.

*Trazado de carreteras y vías férreas.* Para estos caminos se señala en general un límite máximo para las pendientes. En la figura 95 se ve el modo de trazar un camino sobre un mapa con curvas de nivel. En los sitios en que las curvas de nivel están entre sí más próximas que el gradiente máximo del camino se toma con el compás la longitud necesaria para llegar a la curva inmediata con la pendiente requerida. Para las vías férreas se prescribe un radio mínimo de curvatura, empleándose para el trazado sobre el mapa pequeños círculos de celuloide a la escala conveniente.

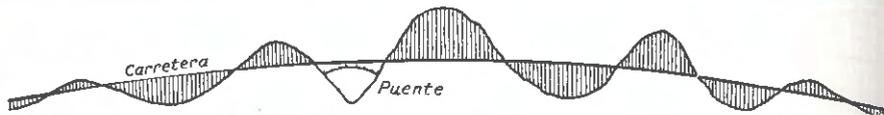
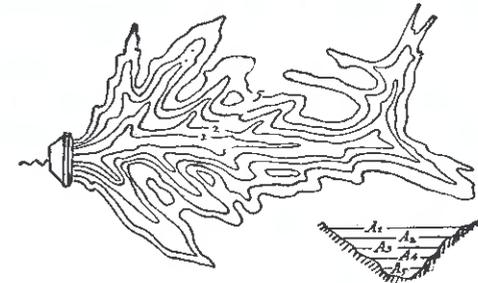


FIG. 96. — Los desmontes y terraplenes han de ser iguales a lo largo de una carretera o de una vía férrea.

*Desmontes y terraplenes.* Cuando hay que trazar una carretera o ferrocarril a través de un terreno muy quebrado, es de la mayor importancia

que la cantidad de tierra excavada en los desmontes sea igual a la de relleno de los terraplenes. Este problema puede resolverse construyendo un perfil a lo largo de la línea proyectada para el camino propuesto, de tal manera que dicho perfil corte a las montañas o elevaciones de forma que las masas situadas sobre el mismo sean igual a la que queda por debajo.

*Embalses y pantanos.* Los planos con curvas de nivel son indispensables para determinar el punto donde debe levantarse una presa y para



$$V = i \left( \frac{A_1}{2} + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 \right)$$

FIG. 97. — El volumen o capacidad de un embalse se calcula sobre planos de mucha precisión, con pequeña equidistancia entre las curvas de nivel.

calcular la superficie y la capacidad de los embalses. Los mapas ordinarios raramente son lo bastante precisos y detallados para hacer directamente sobre ellos los cálculos necesarios, por lo cual se levanta un plano especial de la zona de que se trate, con equidistancia menor entre las curvas de nivel, no mayor ordinariamente de 1 a 2 metros. Para hallar la capacidad del embalse se mide la superficie comprendida por cada curva de nivel y la suma de estas superficies (tomando sólo la mitad de la superficie superior) multiplicada por la equidistancia entre curvas da la capacidad aproximada del embalse:

$$V = e \left( \frac{A_1}{2} + A_2 + A_3 + A_4 + \dots + A_n \right)$$

*Regadío.* El éxito de una instalación de regadío depende con frecuencia de la utilización de las pendientes más suaves del terreno por lo cual hay que disponer de planos con curvas de nivel trazadas con la mayor precisión.

*Visibilidad.* Al montar los puestos de observación para la artillería es muy importante conocer el terreno visible desde cada uno y situar los demás de modo que los espacios muertos o invisibles sean de la menor ex-

tensión posible. Puede hacerse el proyecto sobre un plano con curvas de nivel trazando perfiles radiales a partir del puesto de observación de que se trate; las tangentes a las cimas de los montes determinan los espacios muertos. El espesor de esta red de perfiles radiales depende del relieve del terreno. Si éste se reconoce debidamente, basta con pocos perfiles; por ejemplo, el observador no puede ver más allá de una montaña que sea más alta que su puesto de observación, y toda la parte de aquel lado más baja que tal puesto, pero interceptada por la montaña, puede sombreadse desde luego sin necesidad de trazar perfil alguno. En la figura 98 se ve un ejemplo de esta clase de problemas.

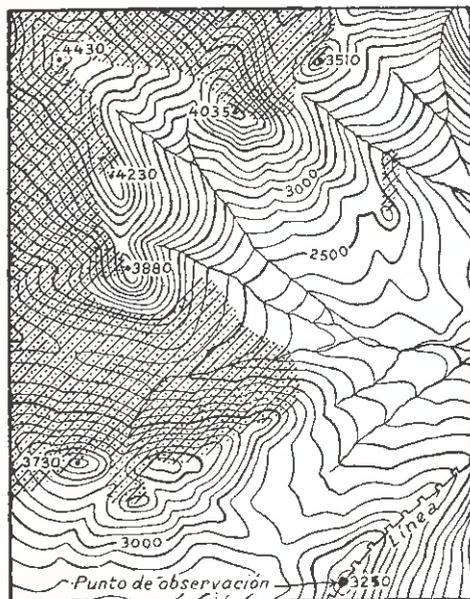


FIG. 98. — Las zonas visibles desde un puesto de observación se determinan mediante perfiles radiales. Las partes no visibles se señalan con sombreado.

disparar con fusil sobre posiciones ocultas del enemigo situadas en lomas más bajas.

**Dibujos de paisajes.** Disponiendo de un buen plano con curvas de nivel se puede dibujar el paisaje visible de un cierto punto sin necesidad de trasladarse al terreno. Se empieza por trazar un plano vertical de proyección en el mapa a una distancia dada del observador. Mientras más cerca esté dicho plano, menos tamaño tendrá el paisaje. Todos los puntos importantes se proyectan sobre este plano mediante rayos que parten del punto o centro de observación. Se rebate el plano vertical sobre el del papel para construir el paisaje; para ello se traza una línea horizontal que representa el horizonte del observador, y la altura de cada punto por encima o por debajo del horizonte se determina por medio de una escala hiperbólica vertical que se construye de modo que las alturas de las montañas se repre-

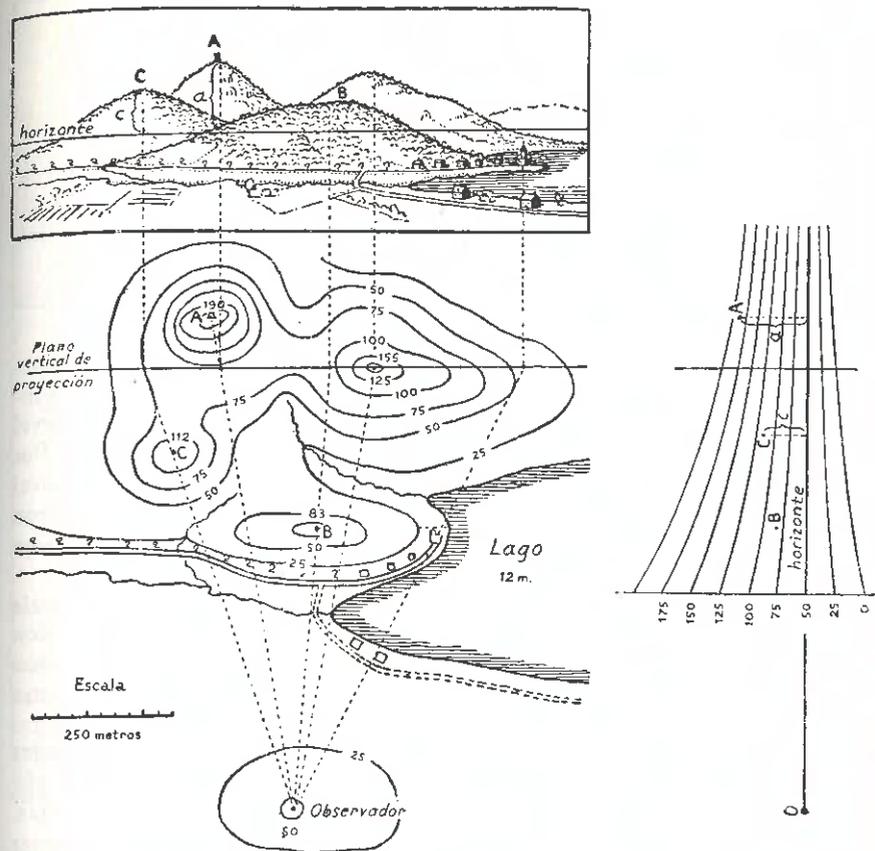


FIG. 99. — Dibujo del panorama visible desde un punto cualquiera en un plano con curvas de nivel. Las curvas de la escala vertical son arcos de hipérbola.

senten en razón inversa de su distancia al observador; es decir, que una montaña situada a distancia del observador doble que otra de igual cota aparece en el paisaje con altura mitad que esta otra. Tratándose de terrenos llanos se puede permitir una pequeña exageración en la escala vertical. En la figura 99 se ve con todo detalle el procedimiento completo para efectuar el dibujo de vistas panorámicas partiendo de un plano con curvas de nivel.

## CAPÍTULO XI

## OTROS MÉTODOS PARA REPRESENTAR EL RELIEVE

**TINTAS HIPSOMÉTRICAS.** — En los mapas de pequeña escala no se pueden representar las montañas por separado, siendo necesario hacerlo en conjunto. En los mapas a escala menor de 1:500.000 se trazan las curvas de nivel a intervalos cada vez más grandes a medida que aumenta la altitud. Por ejemplo, en los mapas a escala reducida se suelen trazar las curvas de nivel a 100, 200, 500, 1.000, 2.000, 3.000 y 5.000 metros; estas curvas de nivel con tan gran equidistancia no pueden dar una imagen exacta del terreno, sino solamente su elevación general sobre el nivel del mar.

Las curvas de nivel no fueron aplicadas a los mapas de pequeña escala hasta mediados del siglo XIX. Al perfeccionarse la litografía y la impresión en colores, el general Von Hauslab, en Viena, y otros cartógrafos hicieron pruebas con tintas hipsométricas, rellenando cada zona comprendida entre dos curvas consecutivas con un color ligeramente distinto de los contiguos. En los primeros ensayos se emplearon colores más oscuros para las bajas altitudes, pero de este modo resultaban muy oscuras las partes más bajas, que son las más densamente pobladas, y se invirtió el orden de las tintas. En la actualidad se suelen usar las tintas verdes para las altitudes menores de 500 metros, las sepías desde los tonos más claros hasta los más oscuros para mayores elevaciones, y a veces el blanco para cotas de más de 3.000 metros. El simbolismo de esta escala de tintas es doble; en primer lugar los colores verdosos nos recuerdan los valles fértiles, los colores de tono sepia y castaño son los propios de los terrenos rocosos sin vegetación, y el blanco es el propio de la nieve. En segundo lugar, según las reglas de la perspectiva, cuanto más próximo esté un objeto a nuestros ojos, más vivo debe ser el color con que se pinte. Como un mapa es la imagen del terreno visto desde arriba, las cimas de las montañas están más cerca del observador imaginario y se representan en un tono fuerte como el ocre, y los valles, más distantes, en un color más suave como es el verde.

También tiene este simbolismo sus defectos: por ejemplo, gran parte del Sahara está por debajo de los 500 metros y en muchos mapas aparece en verde brillante, que da la impresión, a quien no esté versado en la materia,

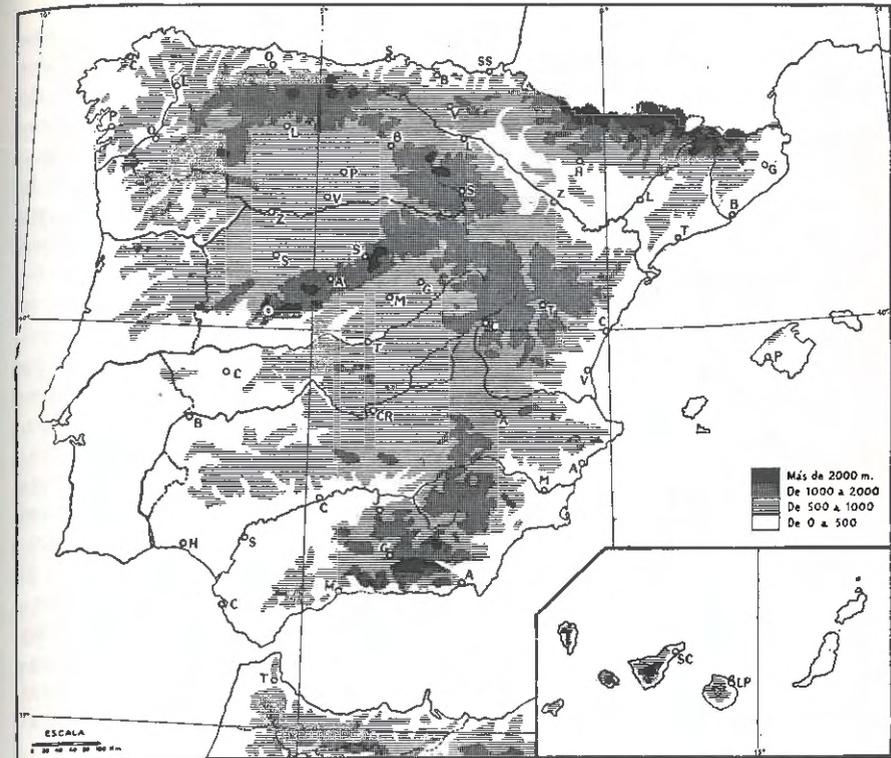


FIG. 100. — En los mapas de pequeña escala, las curvas de nivel son muy poco precisas, y se acentúa la impresión del relieve con tintas hipsométricas y rayados diferentes.

de ser tierras fértiles. Por esta razón se ha experimentado un nuevo sistema de colores con el gris o el verde oliva en lugar del verde corriente para las pequeñas altitudes, con lo cual resultan los mapas menos vistosos, pero también menos confusos. Otro inconveniente de las tintas hipsométricas es que pueden hacer resaltar ciertas líneas que no tienen significado alguno real. En la mayor parte de los mapas escolares la línea de 1.500 metros separa el color castaño claro del oscuro y se destaca mucho, induciendo así a un concepto erróneo del relieve del terreno. Con los métodos modernos de grabado pueden emplearse tintas hipsométricas mezcladas que pasan gradualmente de uno a otro color. Este método, probado con éxito en las últimas hojas del mapa de Gran Bretaña, puede aplicarse también a los mapas de pequeña escala.

**MÉTODO ESTEREOGRÁFICO.** — El profesor Carlos Peucker, de Viena, perfeccionó el método de las tintas hipsométricas del modo siguiente: las tintas

varían desde un gris verdoso en los valles hasta un sepia anaranjado brillante en las altitudes más elevadas. Estas tintas iban combinadas con curvas de nivel y con sombreado oblicuo de color violeta, además del empleo de los signos o símbolos de las escarpaduras. El resultado fue de una plasticidad tan real que a tal método se le llamó estereográfico. Probablemente este es en la actualidad el sistema más perfecto para la representación del relieve. El método de Peucker es excelente para los países montañosos, pero en las tierras bajas ofrece ya menos ventaja. Con razón es el sistema más usado en Suecia y Noruega.



FIG. 101. — Las líneas de nivel iluminadas producen un efecto de escalonamiento del terreno.

1860 en este estilo eran muy llamativos, pero daban la sensación de plátanos y escalones y no tardó mucho en ser abandonado (fig. 101).

Este método fue después perfeccionado por Tanaka Kitiro, que dio a las sombras un tono variable proporcionado a la luz recibida en la iluminación oblicua convencional. Estas curvas de nivel se trazan fácilmente con una pluma de punta roma y dan un efecto de relieve muy real.

**CURVAS HORIZONTALES DE CROQUIZACIÓN.** — Las curvas de nivel requieren un levantamiento topográfico de cierta precisión. En el reconocimiento de un terreno pueden croquizarse las montañas mediante curvas horizontales de trazos que sigan la misma dirección que tendrían las curvas de nivel. Cuanto mayores sean las pendientes, más cerca se dibujarán unas de otras estas curvas horizontales.

**CANTOGRAFÍA.** — El Dr. R. Lucerna, de Praga, ha ideado un método muy interesante para realzar el relieve de los planos de gran escala. Sostiene su autor que todo borde, canto o arista, así como toda grieta del terreno, responden a un proceso geológico. Estas soluciones de continuidad pueden ser convexas, como en las crestas y escalones; o cóncavas, como en las gargantas o desfiladeros; también se diferencian los filones de rocas, los bordes de las bancadas y las orillas de los ríos de los rebordes o esquinas

formados a lo largo de la superficie de contacto de distintas capas geológicas. Estas soluciones de continuidad se dibujan como líneas gruesas corrientes; todas las curvas de nivel cambian de dirección al pasar por una de estas líneas.

El método cantográfico tiene su principal aplicación en los terrenos montañosos y con glaciares. En las regiones de ondulaciones suaves sólo pueden trazarse pocas líneas de discontinuidad, a menos que la escala del mapa sea tan grande que se consideren como tales hasta las separaciones entre diferentes cultivos. Este método es especialmente recomendable para los trabajos geográficos o geomorfológicos al levantar en el campo zonas relativamente pequeñas por medio de la plancheta. También las fotografías aéreas ayudan a descubrir las líneas de discontinuidad en el terreno.

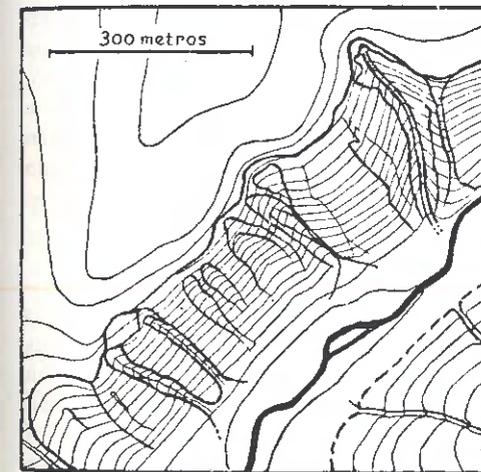


FIG. 103. — Ejemplo de representación cantográfica de una zona de poca extensión, donde se indican todas las líneas de discontinuidad naturales.

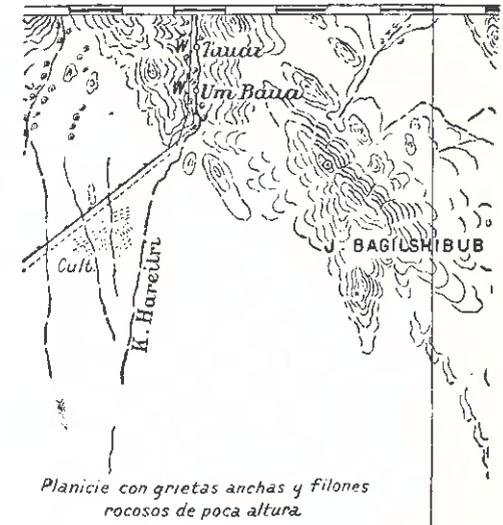
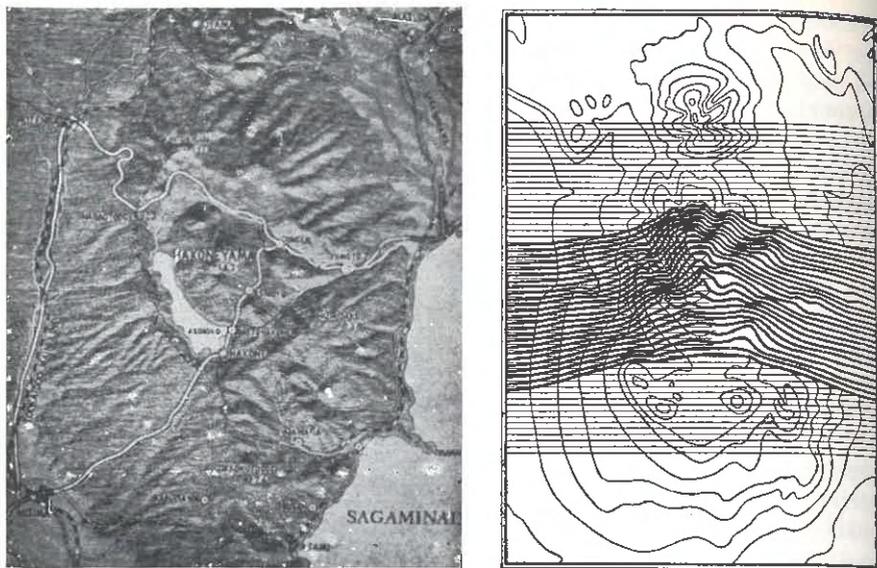


FIG. 102. — Las líneas de trazos curvos horizontales se emplean en los mapas de reconocimiento (croquis).

plancheta. También las fotografías aéreas ayudan a descubrir las líneas de discontinuidad en el terreno.

**MÉTODO DE KITIRO PARA REPRESENTAR RELIEVES.** — El profesor japonés Kitiro ha ideado un método muy ingenioso para transformar las curvas de nivel en un sombreado de aspecto realmente plástico. Se traza una serie de rectas paralelas, equidistantes entre sí, sobre el mapa con curvas de nivel; se une el punto de intersección de una línea horizontal con la curva de nivel más baja con el de intersección de la curva de nivel siguiente con la horizontal siguiente a la primera, y así sucesivamente, como



FIGS. 104 A Y 104 B. — Método de Kitiro para representar relieves. El efecto del cráter es más pronunciado dando la vuelta al libro, de modo que la lectura quede al revés.

se ve en la fig. 104. Téngase en cuenta que las líneas que así se obtienen no son perfiles consecutivos, sino más bien curvas de nivel sucesivas cortadas por planos paralelos cuyo plano de referencia no es horizontal sino inclinado. Si el intervalo entre las líneas horizontales es igual a la equidistancia entre las curvas de nivel, los planos están inclinados  $45^\circ$ . El efecto que producen estas líneas es muy agradable y da una sensación de relieve real, sobre todo si se vuelve el mapa de modo que el sombreado quede hacia abajo.

#### COMBINACIONES

Las curvas de nivel dan una ilustración exacta de las pendientes y cotas o alturas del terreno; el sombreado y los métodos más o menos plásticos hacen resaltar la forma de las montañas; las tintas hipsométricas dan idea clara sobre las altitudes referidas al mar. Todas estas ventajas se combinan a veces en un mismo mapa. La combinación más corriente de estos métodos es la de las curvas de nivel con el sombreado plástico oblicuo, como se ve en diferentes mapas europeos, sobre todo en los mapas franceses a escala 1:50.000. También en los Estados Unidos se han impreso algunas hojas de Pensylvania (correspondientes a levantamientos efectuados por el Servicio

Geológico y por el Cuerpo de Ingenieros de la Armada) con las curvas de nivel en sepia, las aguas en azul, el rotulado en gris verdoso y sombreado plástico oblicuo del mismo color. Las curvas de nivel rojizas, destacan brillantemente en las laderas iluminadas de las montañas; el sombreado grisáceo comunica una destacada sensación de relieve al mapa. En el mapa noruego a escala 1:100.000 las curvas de nivel se combinan con el sombreado plástico empleando iluminación vertical, muy apropiada para hacer resaltar por igual las dos laderas de cada fiordo.

También se combinan con frecuencia las curvas de nivel y el sombreado hecho con normales. En los antiguos mapas austriacos a escala 1:75.000 se emplearon las curvas de nivel con equidistancia de 15 metros con sombreado de rayas (véase fig. 84). En los mapas más recientes, a base de curvas de nivel, se superpuso el sombreado de rayas de color. La combinación más complicada es la del nuevo Servicio Geográfico Inglés empleada en sus hojas, con las curvas de nivel de color ocre, rayado gris, sombreado plástico de tono púrpura y tintas hipsométricas rebajadas y graduales de tono castaño. El rayado se emplea debido a que todavía se utilizan las planchas de las primeras ediciones.

En los mapas a escala pequeña, la combinación más frecuente es la de curvas de nivel con tintas hipsométricas, cuyas desventajas ya han sido enunciadas. En casi todos los mapas europeos las tintas hipsométricas, están combinadas con un rayado, sistema mejor que el de curvas de color. Se han hecho muchos ensayos de combinación de rayado o de signos convencionales con tintas hipsométricas; posiblemente éste será el mejor método una vez perfeccionado.

#### MAPAS MORFOGRÁFICOS

Este método se empleó primeramente en los mapas de pequeña escala. En los mapas de escala grande dan buenos resultados tanto el sombreado con rayas como las curvas de nivel; pero en los de escala reducida, donde no pueden representarse por separado las diferentes montañas, ninguno de los dos métodos da idea clara de la verdadera forma del terreno. En el método morfográfico se parte de un principio totalmente distinto; en vez de representar pendientes y elevaciones se figura el aspecto del terreno mediante signos más o menos pictóricos tomados de las vistas aéreas.

Este método es una derivación de los diagramas empleados para ilustrar las teorías fisiográficas de William Morris Dans y otros en el pasado siglo XIX. Tales diagramas consisten en vistas perspectivas de una parte de la corteza terrestre, a los lados de los cuales se representa la estructura geológica, mientras que la superficie se dibuja como una vista panorámica. Para representar las diferentes clases de superficie se emplea un sistema de

**Llanuras**  
 En blanco — indefinido — Tundra — Bosque boreal — Taiga — Monte bajo

Bosque — Pradera — Erial — Arenal — Gravera — Hamada — Sabana

Palmeras — Jungla — Selva — Arroz — Terreno de labor — Maíz — Cereal — Arboles frutales

Terreno árido-ondulado — Cuestas y mesetas — Terrenos de Ventisquero aluvión

**Mesetas**  
 bajas — altas — cortadas — cañones — mesas — dentelladas

Sinclinal — Anticlinal  
**Pliegues** — En cúpula — Saludes — Hoya en arco

TABLA XIII. — Símbolos fisiográficos.

Macizo montañoso — disgregado — Cordillera — nevada

Cordillera — reducida — diseminada — renovada —

Gneisica — esquistosa — pizarrosa — Nevadas — fiord

**Formaciones volcánicas**

Volcán — Caldera — Collados volcánicos — Riscos — recientes — Llanuras de lava — Mesetas con lava

**Formaciones calizas**

Hoyos — Falda — Bastiones Karst — Polja — Mogotes o Coral testigos

**Sedimentos glaciáricos**

Morrenas — Drumlins (colinillas) — Kames (caballones) — Esquers (lomas)

TABLA XIII. — Símbolos fisiográficos (continuación).

signos convencionales muy indicado para los mapas vistos verticalmente. El primer mapa grande de este género fue preparado por A. K. Lobeck, 1921, y representaba los Estados Unidos. Este método fue perfeccionado por el autor de este libro en 1931, clasificando la superficie terrestre en 40 tipos morfológicos, como se ve en el cuadro de la tabla XIII.



FIG. 105. — Los mapas morfológicos son muy fáciles de interpretar.

Mientras más acusado sea el relieve, más altos, más pendientes y más llenos o gruesos son los signos correspondientes. Sombreado una de las laderas se aumenta considerablemente el efecto plástico.

También pueden representarse los diferentes tipos de vegetación en las regiones llanas; en los mapas de pequeña escala de tonos blanco y negro figuran los tres elementos principales del terreno desde el punto de vista panorámico, a saber, relieve, vegetación y construcciones. Importa mucho que las montañas se dibujen con trazos fuertes para que no se puedan confundir con los signos de vegetación (fig. 106).

Los mapas morfológicos tienen la desventaja de que los signos empleados corresponden a vistas oblicuas, por lo cual en las vertientes que miran al norte hay que alargar la perspectiva. Además, este método no da información sobre la elevación del terreno respecto al nivel del mar; pero, empleando colores, puede vencerse esta dificultad al combinar el mapa morfológico con las tintas hipsométricas. También puede recurrirse a indicar la cota de ciertas alturas.

La principal ventaja del método morfológico estriba en que es perfec-

tamente comprendido por todo hombre de mediana cultura que cree estar contemplando el terreno mismo y no tratando de interpretar un dibujo más o menos complicado. En los mapas morfológicos, las montañas se ven como montañas, y se prestan además perfectamente a representar regiones en las que sólo se han hecho levantamientos aproximados. Pueden hacerse con lápiz y tinta, reproducirse mediante grabado de línea, pero con frecuencia se hacen con lápiz pastel o con aguada, y se reproducen en grabado directo. Las aguas en azul, las construcciones en negro y los signos morfológicos en sepia dan un atractivo aspecto a los mapas.

Hay que tener en cuenta que los mapas morfológicos sólo tienen aplicación adecuada cuando se trata de pequeñas escalas. La deformación producida por la vista oblicua carece de importancia en estos mapas, ya que los picos de las montañas más altas no están desviados de su verdadera posición más que en una pequeña fracción de centímetro.

En los mapas de gran escala, donde esta desviación es ya apreciable, es necesario recurrir a los diagramas o croquis pictóricos.

El método morfológico tiene varias denominaciones. Lobeck lo llamó «perspectiva fisiográfica», aunque éste es quizá el menos perspectivo de todos los sistemas de relieve. El propio autor llamó primeramente a este sistema «método fisiográfico»; pero es preferible el adjetivo «morfológico», ya que recuerda el origen geomorfológico del método. El nombre «mapa panorámico» expresa por sí solo el carácter de esta clase de mapas, que gozan de gran popularidad; este método es el empleado casi universalmente por todas las revistas y periódicos, hasta para los mapas de operaciones de guerra. En los «diagramas de campo» formados por el Servicio Geológico de los Estados Unidos para fines estratégicos, se emplearon el método panorámico y el perspectivo.

MÉTODO TRACOGRÁFICO.—El grado de aspereza o rugosidad de un terreno depende de la altura y de la longitud de las laderas de sus montañas. La altura de la cima de un monte sobre el valle es el «relieve relativo», y



FIG. 106. — Mapa morfológico con signos de vegetación.

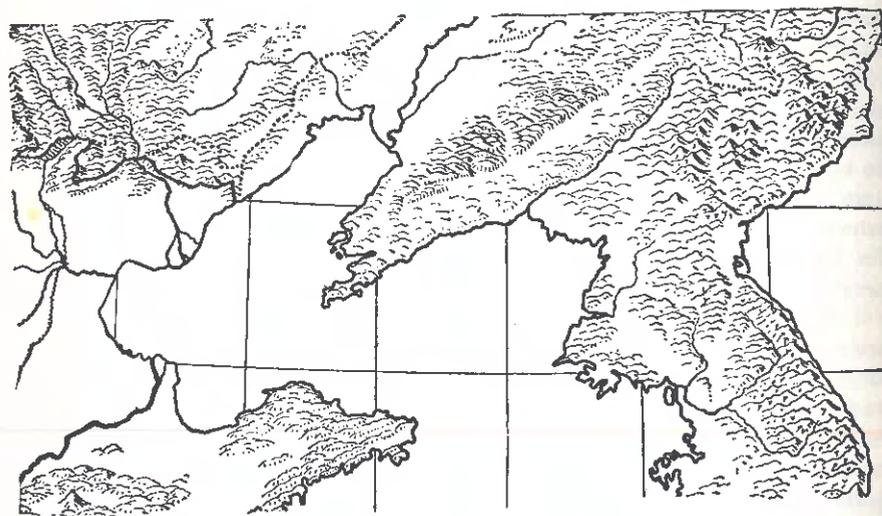
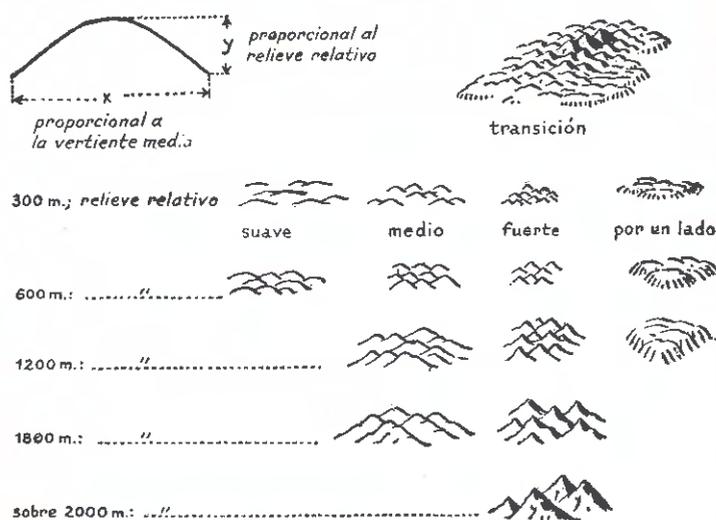


FIG. 107. — Signos tracográficos, para mapas de escala pequeña, que representan la aspereza del terreno.

la abruptuosidad o escarpadura se expresa por la «ladera media». El método tracográfico combina la representación del relieve y de las laderas con un efecto pictórico fácil de entender y de retener; tiene además la ventaja de que puede aplicarse sin la menor dificultad a un mapa general con

carreteras, vías férreas, ríos, etc. Únicamente se emplea este método en mapas de pequeña escala.

El elemento principal en este método es una curva de forma de perfil montañoso cuya altura es proporcional al relieve relativo y la anchura a la vertiente o longitud de sus laderas. Este símbolo no se dibuja por entero en todos los puntos del mapa; en la figura 107 se ven todas sus aplicaciones posibles. También puede presentarse el caso de un relieve relativo conseguido prolongando las laderas.

Este método, combinado con unos cuantos signos geomorfológicos, tales como arena, lava, pantanos y volcanes, dan una imagen clara y elocuente de las condiciones de un terreno. Presenta, además, la ventaja de que pueden formarse los mapas sin grandes conocimientos ni práctica de dibujo; sólo hay que procurar que no resulten «espinas de pescado», cosa que puede evitarse variando la separación entre las curvas representativas de las montañas. Este método, para el que proponemos la denominación de «tracográfico», está aún en vías de ensayo.

Aun cuando un mapa tracográfico es semejante a uno morfográfico, sus orígenes son totalmente distintos, pues mientras que los signos panorámicos se refieren a diferentes accidentes de la superficie terrestre, el método tracográfico emplea un solo signo que varía según la altura y la pendiente de las montañas. Los mapas panorámicos recuerdan mejor la forma real del terreno, pero los tracográficos son más fáciles de dibujar y se adaptan mejor a los casos en que conviene más la sencillez que la complicación que supone un mayor detalle.

CAPÍTULO XII

INTERPRETACIÓN DE LOS MAPAS

La interpretación de un mapa con curvas de nivel no es cosa fácil para quien no esté habituado a ello. En la Naturaleza no hay nada que se parezca a las curvas de nivel (excepto en algunas mesetas con estratos horizontales), y la lectura de un mapa con curvas de nivel requiere un estudio detenido y mucha imaginación. En la figura 89 se vieron algunas figuras geométricas realizadas con curvas de nivel que pueden ayudar mucho en la interpretación de los relieves naturales. Ahora bien, una vez acostumbrado a los mapas con curvas de nivel se reconoce perfectamente el terreno y se forma una idea muy clara sobre el relieve.

Quien tenga un cierto espíritu analista y algunos conocimientos sobre geomorfología y geometría puede leer en un mapa de curvas de nivel como en un mapa en relieve; y no solamente puede reconocer las estructuras geológicas, sino que puede deducir consecuencias prácticas insospechadas sobre gran número de aplicaciones y utilizaciones del terreno. En la mayoría de los casos es más fácil formarse una idea precisa de la forma del suelo con un mapa de curvas de nivel a la vista, que recorriendo personalmente la región de que se trate.

La interpretación de los mapas tiene gran importancia práctica en muchas ocasiones; por ejemplo, quien se dedique a prospecciones de petróleo puede apreciar la existencia de estructuras favorables antes de ir sobre el terreno; el geólogo puede a veces localizar una falla sobre el mapa mejor que en el campo; los organismos oficiales pueden estudiar sobre el mapa los proyectos de trazados, cultivos, etc. Desde el punto de vista docente, el análisis de los mapas con curvas de nivel es uno de los medios más eficaces para la enseñanza de la geografía y de la geomorfología; para ello, lo mejor es el empleo de mapas sin rotulación y sin signos de cultivos, ya que así se interpreta el relieve sin el prejuicio que suponen los conocimientos previamente adquiridos sobre la zona en cuestión.

La capacidad de interpretar mapas es asunto vital en la guerra; las operaciones militares se planean en mapas, a veces sobre terreno enemigo

CLAVE PARA RECONOCER, EN UN MAPA DE CURVAS DE NIVEL, LAS ESTRUCTURAS FUNDAMENTALES, O FORMAS, DEL TERRENO

Sin inclinación (desagüe dendrítico)	Valles asimétricos	Erosión uniforme; relieve bajo	Planicie } Estrato Meseta } horizontal
" "	" "	Erosión uniforme; relieve alto	
" "	" "	Erosión desigual	Macizo, sin helar
Lomas alargadas (desagüe en enrejado)	Picos asimétricos	" "	Macizo, helado
" " "	Lomas muy asimétricas	Cada loma con altura uniforme	Cuestas; montañas ligeramente plegadas
" " "	Lomas simétricas	"	Montañas muy plegadas
Desagüe radial angular	Lomas asimétricas	"	Cúpulas
Vertientes casi paralelas	" "	De altura desigual	Montañas esquistosas y gneissicas
Diversas inclinaciones	" "	" " "	Montañas pizarrosas
Vertientes cortadas	" "	" " "	Fallas
Desagüe radial	Cónica o casi cónica	Loma aislada	Volcanes

desconocido, y hay que saber deducir del estudio de tales mapas las condiciones reales del campo de que se trate. Por ejemplo, un buen intérprete de mapas puede saber de antemano, con sólo el estudio de éstos últimos, si una corriente de agua (río, arroyo, etc.) es de lecho duro o fangoso y por lo tanto si es prudente o no el vadearla.

El primer paso en el análisis de un mapa con curvas de nivel es saber ver el terreno, con lo cual se puede dividir a primera vista el mapa en regiones de tipo análogo y estudiar cada región separadamente. Hay que hallar la escala y la equidistancia entre las curvas de nivel; la mayor o menor pendiente se deduce de la densidad de las curvas de nivel; una densidad correspondiente a una pendiente de 2 metros por hectómetro significa que el terreno es casi llano; una pendiente de 10 metros por hectómetro representa un terreno quebrado, y una pendiente de 20 metros por hectómetro corresponde a un terreno abrupto y escarpado.

Si se quiere avanzar más en el análisis de un mapa, hay que estudiar la fase en que se encuentra la estructura del terreno desde el punto de vista geológico. Estas estructuras, modificaciones del estado primitivo de la corteza terrestre por procesos geológicos, pueden ser: a) mesetas y planicies en estratos horizontales; b) montañas resultantes de plegaduras, fallas, erupciones ígneas y procesos metamórficos; c) volcanes. La clave que damos en el cuadro siguiente puede servir muy bien para identificar las diferentes estructuras fundamentales.

El proceso más importante en la erosión es el de las lluvias y las corrientes de agua. Las nieves, el viento y las olas producen una erosión tan

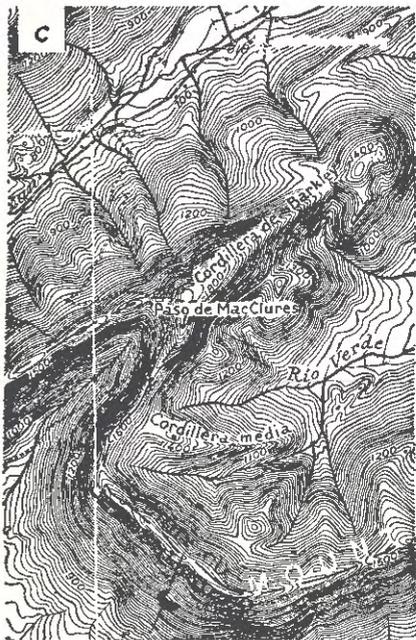


FIG. 108. — Interpretación de mapas.

FIG. 109. — Interpretación de mapas.



FIG. 110. — Interpretación de mapas.

característica que, una vez identificada, vuelve a reconocerse inmediatamente en cualquier otro mapa. Las fases de denudación (juventud, madurez, vejez, penillanura, segundo ciclo de rejuvenecimiento) dan lugar a formas típicas que se identifican muy bien trazando perfiles, ya sea realmente o con la imaginación. Hay que tener gran cuidado en no confundir la fase de desarrollo de los grandes ríos con el estado de formación de las masas sólidas, es decir, el porcentaje del terreno original arrastrado por erosión en el ciclo presente.

Claro está que las formas del terreno no son siempre tipos definidos ni puros; con frecuencia se trata de tipos de transición o bastante complicados, y su identificación no es siempre tarea fácil, sobre todo en el caso de rocas cristalinas. Se supone, por otra parte, que las curvas de nivel están trazadas con toda precisión en todos sus detalles, cosa que no siempre es cierta. Las doce formas típicas representadas en las figuras 108 a 110 no son tan fáciles de identificar sin recurrir a la explicación que se inserta a continuación de las mismas.

LECTURA DE MAPAS PARA EXPLOTACIÓN DEL TERRENO.—El análisis geomorfológico constituye sólo una parte de la interpretación de los mapas; tan

## EXPLICACIÓN DE LAS FIGURAS 108 A 110.

FIG. 108. — *a.* — Planicie atravesada por un río de curso lento. El río está contenido por su orilla, y no puede serpentear libremente; es decir, que no se encuentra en su última fase de desarrollo. El río es ligeramente escalonado (muchas islas).

*b.* — Meseta atravesada por la corriente de un gran río, que se encuentra en su segundo ciclo de evolución, en el que ha llegado a la fase de madurez. Obsérvese el meandro, abandonado, situado a nivel superior del actual río.

*c.* — Vertientes lobuladas. La vertiente central dirigida de nordeste a sudoeste es anticlinal (la parte de dentro del extremo curvado es más inclinada que el resto). El río que se ve en la parte sudeste, corre por el fondo de un sinclinal (la parte de fuera del extremo curvado es más pendiente que el resto).

*d.* — Falla, que separa la región superior, de inclinación nordeste-sudoeste, de la inferior, cuya inclinación es de norte a sur. Por la falla corre un río.

FIG. 109. — *a.* — Macizo montañoso, helado. En estado de madurez, con desagüe dendrítico y vertientes meridionales más pronunciadas. La textura (espaciado entre ríos) es más bien basta.

*b.* — Montañas gneissicas compuestas, fase de madurez, con inclinación casi paralela. Obsérvese las explanadas a lo largo del río.

*c.* — Montañas pizarrosas compuestas, con líneas de inclinación concurrentes.

*d.* — Altas montañas, erosionadas por glaciación. Obsérvese los circos, los lagos elevados, las cuencas, los espolones, los picos y las altas mesetas, reminiscencias de extensiones preglaciales.

FIG. 110. — *a.* — Volcán en fase de maduración casi completa. Con desagüe radial sobre una meseta plana.

*b.* — Dunas de arena. Bancos de arena en ambos lados y dunas irregulares con ojos, en el centro. Obsérvese la ligera escarpadura que corre de norte a sur, que marca el curso de un antiguo río.

*c.* — Hoyos en piedra caliza, en la parte inferior de la figura, cubiertos por una capa de arenisca perforada en algunos puntos de la mitad superior. Nótese la falta de ríos y la existencia de muchos lagos de reducidas dimensiones.

*d.* — Montañas morrénicas irregulares, con muchos lagos, hoyos, pantanos y sistema de desagüe incompleto.

importante o más es la lectura de un mapa en relación con la utilización que el hombre hace o puede hacer del terreno. Con algunos conocimientos de geografía se pueden deducir del estudio de un mapa muchos datos sobre la historia de los pueblos. La utilización de un terreno depende de las pendientes, del clima, del suelo, de los recursos sociales y políticos, de los factores económicos, etc. Los mapas topográficos ordinarios proporcionan muy poca información sobre estos particulares; es de esperar que algún día los mapas indiquen si el terreno está explotado y hasta qué punto.

Uno de los factores que limitan la explotación de un terreno es la pendiente; en general, raramente se cultivan vertientes con más de cuatro metros por hectómetro de pendiente. Aproximadamente, la pendiente límite para el heno y los frutales es la de 10 metros por hectómetro, mientras que para dehesas o pastos comunes pueden utilizarse terrenos aún más pendientes. Esto no significa que todos los terrenos llanos hayan de cultivarse, pero sí que pueden cultivarse muchos de ellos, mientras que no pueden serlo los muy inclinados. Claro está que tales límites dependen principalmente del clima y de la orientación de los campos. En los húmedos trópicos, no sólo se cultivan terrenos de enormes pendientes, sino que éstos son preferibles a los valles.

También la lluvia es un elemento definitivo en la limitación de terrenos cultivables. El clima, en este respecto, queda definido por el número de ríos: un río puede tener su nacimiento en una montaña cercana y correr por un desierto; solamente hay que tener en cuenta los ríos que tienen su origen en la hoja topográfica de la región de que se trate. Todos los ríos son intermitentes en sus aguas altas, pero si no son permanentes a los pocos kilómetros de su nacimiento, el clima de la región recorrida por el mismo será probablemente seco. La misma constitución del terreno revela la sequedad de un clima. La abundancia de conos de aluvión, de ventisqueros, bolsones, arroyos y playas son síntomas de sequedad. Un clima seco no excluye la explotación agrícola del suelo, pero ésta ha de ser limitada, a menos que se ponga en regadío.

En los climas húmedos, el mejor índice de la colonización del terreno está dado por la profusión de caminos. En las regiones en que abundan las granjas o las explotaciones forestales, los caminos son más bien escasos, mientras que en las zonas con cultivo de maíz, algodón, hortalizas y tabaco los caminos son mucho más profusos. En las regiones desérticas sorprende a veces la gran cantidad de caminos en relación con la escasez de poblados; su existencia obedece más que a nada a la facilidad de construcción y a la falta de puentes y a lo económica que resulta su conservación.

La *densidad de población* puede representarse por el número de caseríos de labor; si el número de casas es de tres por kilómetro cuadrado, el número de personas será probablemente de unas 30 por kilómetro cuadrado.

que es una elevada densidad de población rural. En las regiones forestales y ganaderas el número de hombres por caserío puede ser bastante mayor que en una casa de labor. La población en zonas con más de diez casas por kilómetro cuadrado puede calcularse a razón de cinco o seis personas por casa.

La *población de pueblos y ciudades* se calcula, aproximadamente, según la extensión de la superficie edificada. Una población de 1 kilómetro cuadrado tiene unos 600 a 800 habitantes. En las grandes ciudades la densidad de población es de 3.000 a 4.000 habitantes por kilómetro cuadrado. Sería muy de desear la formación de censos de densidad de población. Siempre hay que tomar la totalidad de la superficie ocupada por la población propiamente dicha y sus barriadas o suburbios, con exclusión de los parques extensos y de las partes ocupadas por el agua (ríos, estanques, etc.). Claro está que las cifras anteriores difieren mucho de unos a otros continentes; son aplicables en general para Norteamérica, pero resultan algo menores de las que corresponden a Europa y a Asia.

También deben representarse en los mapas las ciudades y edificios industriales, comerciales, oficiales, etc. (puertos, estaciones de ferrocarril, fábricas, minas, etc.). Un edificio de grandes dimensiones con una vía férrea junto es seguramente una fábrica. Un gran número de fábricas con pequeñas casas alrededor constituye una ciudad industrial. Las poblaciones mineras se reconocen muy bien aun cuando no se vea claramente el signo de la mina, por la regularidad de las casas para viviendas de los obreros. Los puertos y los centros ferroviarios se identifican perfectamente sobre los mapas. Los colegios y grupos escolares se asemejan mucho en su representación a los hospitales. Los barrios comerciales en el centro y en las barriadas de las ciudades están acomodados a la red de calles y se distinguen fácilmente en los mapas urbanos.

EJEMPLO DE INTERPRETACIÓN DE MAPAS. ALMA (MICHIGAN). — Como ejemplo vamos a estudiar la hoja de Alma, Michigan, cuya parte noroeste se reproduce en la figura 111.

Teniendo en cuenta la escala conviene comparar la superficie representada en el mapa con otras de igual tamaño que se conozcan directamente. A continuación se divide el mapa en partes de análogas características. Como se ve, la hoja representada en la figura 111 puede dividirse claramente en dos zonas: una, la de la derecha, de estructura homogénea, y otra, la de la izquierda, bastante más compleja.

Empecemos por la primera parte; el número de ríos es tal que indica un clima de pluviosidad media; la gran cantidad de ríos intermitentes no significa sequedad, sino los comienzos de ríos de escasa pendiente. Es curiosa la distribución de ríos en una especie de enrejado norte-sur y este-oeste, debida simplemente a la acción de los labradores que los encauzaron por

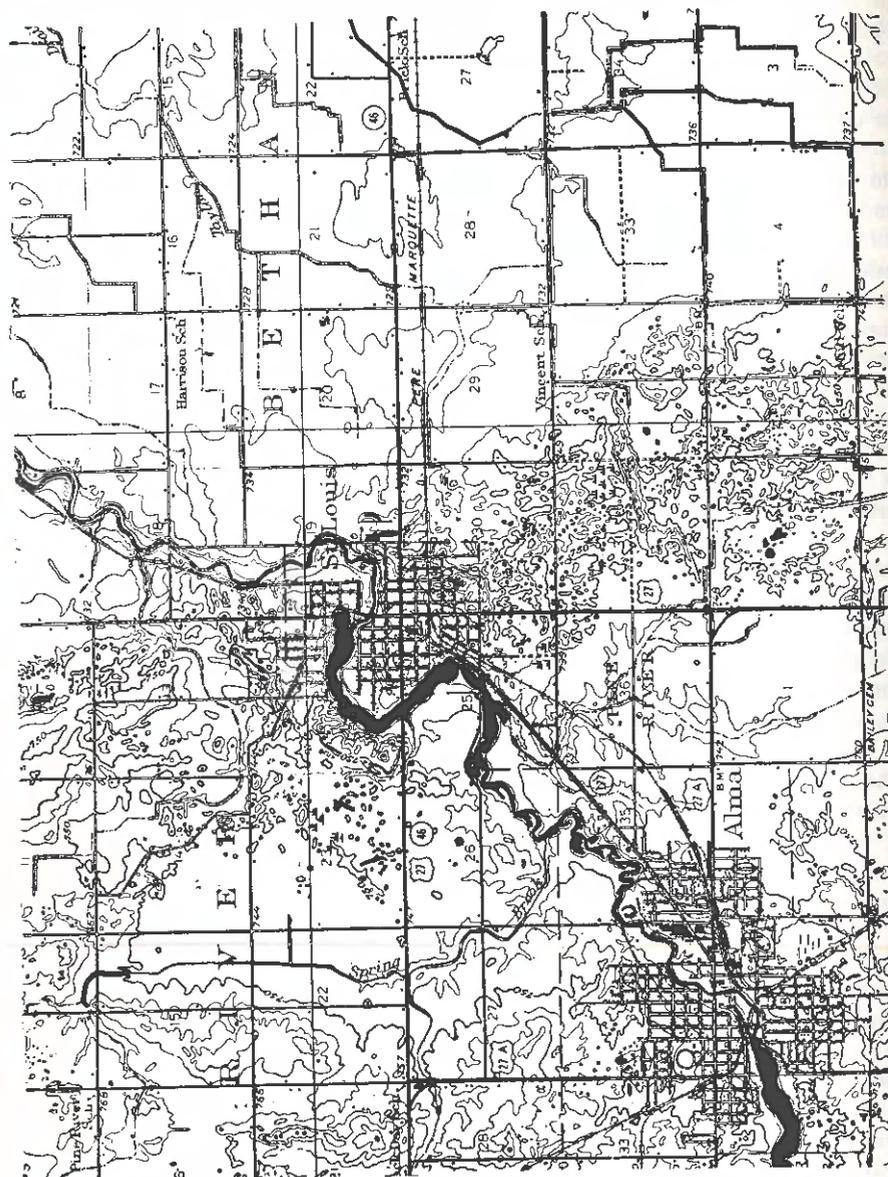


FIG. 111. — Parte de la hoja del Servicio Geológico de Estados Unidos, correspondiente a Alma (Michigan).

los linderos de sus propiedades. El único río considerable va serpenteando y su lecho tiene muy poca pendiente. La dirección de la corriente se puede deducir del relieve de los alrededores, de las cifras indicadoras de cotas y del ángulo que forman los afluentes: el río va encauzado entre taludes de unos 5 metros de altura.

Del examen de las curvas de nivel se desprende que la inclinación media del terreno es de 1 metro por kilómetro hacia el noreste; se trata, pues, de una zona muy llana, indicadora de un estrato de sedimentación relativamente reciente, probablemente constituido por el fondo de un antiguo lago. También una antigua zona costera sería muy llana —pero ello no es posible en los Estados Unidos— en una altitud de 200 metros.

La red tan tupida de caminos indica una gran intensidad en el laboreo y explotación agrícola: existen por término medio unas 3 casas de labor por kilómetro cuadrado, que a razón de 7 personas por casa suponen 21 habitantes por kilómetro cuadrado, que es una densidad de población bastante elevada. La extensión media de las parcelas es de 25 hectáreas, demasiado pequeña para el cultivo del trigo, pero suficiente para maíz, legumbres y cultivos de rotación.

En suelo de barro negro (fondo de lago) es excelente para verduras y hortalizas.

El número de escuelas rurales es, por término medio, una por cada 25 kilómetros cuadrados, o por 600 habitantes, de los cuales 100 son niños en edad escolar. La existencia de esta red de escuelas, la total ocupación del terreno, cuyo suelo es excelente, y el gran número de carreteras pavimentadas revela prosperidad, buena educación y posición independiente de los agricultores.

La ciudad de Alma ocupa unos 5 kilómetros cuadrados; según lo dicho anteriormente, debe tener una población de unos 6.000 habitantes (en realidad tenía 7.200 en 1940; la diferencia se debe en parte al crecimiento desde 1934, en que fue levantado el mapa que estamos considerando). Las diversas vías férreas que corren junto a largas edificaciones indican la existencia de numerosas fábricas. (En Alma hay varias refinerías de petróleo, fábricas de azúcar, fábricas de tractores y de envases; las diferentes industrias tienen unos 1.500 empleados y obreros.) Con toda seguridad puede deducirse que la principal ocupación de la ciudad consiste en industrias y negocios relacionados con la agricultura. También constituye un nudo de comunicaciones ferroviarias con almacenes, tinglados y grúas. La presa baja indicada por las curvas de nivel podrá o no utilizarse para obtención de energía (cosa que no se deduce del mapa), pero puede haber impulsado la industrialización del país. La distancia entre Alma y St. Louis es menor que la distancia media entre las poblaciones de esta región; la proximidad de ambas ciudades explica su rivalidad tradicional.

Alrededor de Alma, y al norte y sur de St. Louis, se ven muchos montículos, de 3 a 15 metros de altura, como si se hubieran salpicado sobre el campo. Puede deducirse de esta estructura que se trata de una morrena desplomada en esta región en el período glacial. Esta parte es indudablemente más pobre que las planicies de la zona oriental, hay menos casas de labor y la red de caminos es menos tupida. La mayor parte del terreno tiene mal desagüe; en muchos puntos la pendiente es superior a 1 m. por 20 m., que es excesiva para el cultivo.

La interpretación de mapas debe practicarse continuamente, empezando por regiones conocidas hasta terminar en mapas de países extranjeros.

#### CUARTA PARTE

### ROTULACION Y NOMBRES GEOGRAFICOS

#### CAPÍTULO XIII

#### ROTULACIÓN DE MAPAS

La rotulación constituye uno de los problemas más engorrosos de la cartografía. El obstáculo principal estriba en que el rotulado no forma parte de la representación gráfica de la superficie terrestre, pero es un complemento necesario para la identificación de los detalles y características representados en el mapa. Los rótulos ocupan y ocultan parte del suelo a veces en puntos fundamentales e impiden ver el mapa como una imagen real del terreno. En los mapas de escala reducida, los nombres de las ciudades abarcan a veces cientos de kilómetros de longitud aunque consten de los menores tipos de imprenta, y su colocación, para que entorpezcan lo menos posible, es uno de los problemas del cartógrafo. La rotulación ha sido una de las causas que más han retardado el desarrollo de la cartografía sinóptica.

HISTORIA. — Aun los mapas manuscritos más antiguos estaban cuajados de rótulos, tanto en caracteres chinescos como arábigos, o, como en los mapas aztecas, con imágenes de zorros, águilas, etc. En la Edad Media, los mapas lucían preciosos rotulados en estilo románico. En los primeros mapas grabados en madera, los rótulos de imprenta se estampaban aparte, a veces en color diferente, costumbre que no se reanudó hasta mediados del s. XIX. El estilo de la rotulación cambió radicalmente con la aparición de los mapas grabados en cobre preparados por los holandeses. Mercator introdujo la letra itálica inclinada para los pequeños detalles, y



FIG. 112. — En los mapas antiguos se empleaban mucho las letras de adorno y fantasía para rellenar huecos.

otras románicas, perfectamente proporcionadas, para los rótulos de mayor tamaño. Este sistema fue perfeccionado por sus sucesores, y su estilo es imitado aun hoy en día. La Royal Geographical Society emplea la rotulación de Hondius como modelo en sus mapas.

Los cartógrafos holandeses eran muy aficionados a rellenar las partes en blanco de sus mapas con letras de adorno formadas de líneas de esbeltez

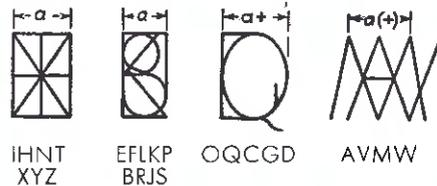


FIG. 113. — Las letras pueden clasificarse en normales, estrechas, anchas y raras o anormales.

Este estilo alcanzó su mayor perfección en los rótulos pequeños y tan claros del siglo XIX. Buen ejemplo de ello son, entre otros, los atlas de Cary en Inglaterra, y los mapas de Benjamín Tanner.

La introducción del grabado en cera, en 1841, permitió la impresión de rótulos, facilitando así la rotulación superpuesta, característica de los mapas norteamericanos. En los mapas más modernos se observa la tendencia a reducir el número de rótulos, intensificando en cambio la representación de accidentes y detalles naturales.

TIPOS DE LETRAS. — La escritura actual en los países latinos, sajones y anglosajones se deriva de las letras capitales romanas, que se escribían con un estilo sobre cera o grabadas sobre piedra. Ambos instrumentos producían líneas finas, verticales y horizontales que se retocaban en sus extremos para dar carácter a las letras. En la Edad Media, con plumas de caña o de ave se modificaron las letras romanas y se agregaron las letras *itálicas* inclinadas, más fáciles de dibujar. Las letras de grosor uniforme, palo seco, no alcanzaron su elegancia actual hasta mucho tiempo después.

En los mapas se emplean muchas variantes de esta clase de letras. Los tipos más corrientes son:

- Romanas de trazo variable y con bases.
- Itálicas* de trazo variable y bases, inclinadas.
- Góticas de trazo uniforme, sin bases.
- Romana fina, de trazo uniforme, con bases.
- Romana* fina cursiva, de trazo uniforme, con bases
- Gótico inclinado* o *itálico*, de trazo uniforme, sin bases, inclinada.
- Trazo variable, sin bases, como **Brasil**

y gracia poco comunes; esta clase de rótulos constituye una de las principales características de los mapas del siglo XVII. En el siglo XVIII, el estilo de la rotulación de los mapas se hace menos fastuoso; desaparecen los rasgos, tan atrevidos como elegantes, para dar paso a letras más serias, más claras y de menor tamaño.

Países, estados, condados, ciudades, capitales y principales entidades de población. (Todo con letras mayúsculas.)

A.B.C.D.E.F.G.H.I.J.K.L.M.N.  
O.P.Q.R.S.T.U.V.W.X.Y.Z. &

Villas y pueblos. (Con iniciales mayúsculas.)

abcdefghijklmnopqrstuvwxy

Océanos, golfos, puertos, estrechos, paso, bahías, grandes ríos y lagos. (Todo con letras mayúsculas.)

A.B.C.D.E.F.G.H.I.J.K.L.M.N.  
O.P.Q.R.S.T.U.V.W.X.Y.Z. &

Ríos pequeños, afluentes, arroyos, riachuelos, manantiales, calas y caletas, lagunas, marismas, glaciares, pantanos, saltos de agua y toda clase de cascadas, rápidos, géisers, etc. (Con iniciales mayúsculas.)

abcdefghijklmnopqrstuvwxy

Cordilleras, mesetas, líneas de acantilados, grandes valles, parques nacionales, reservas indias, reservas militares, reservas de animales de caza mayor o de aves, zonas primitivas, nombres de bosques nacionales, núcleos de población. (Todo en letras mayúsculas.)

A.B.C.D.E.F.G.H.I.J.K.L.M.N.O.P.Q.  
R.S.T.U.V.W.X.Y.Z.&

Valles pequeños, prados y praderías, barrancos cañones, gargantas, cañadas, picos, cráteres, colinas, cuevas, *espaldones*, islas, puntas, barras, cuencas, playas, llanos, pasos, desfiladeros, gargantas, penínsulas, meridianos y paralelos (Con iniciales mayúsculas.)

abcdefghijklmnopqrstuvwxy

Líneas telefónicas, emisoras de radio, vigías, estaciones de triangulación (cuando su nombre difiera del del accidente geográfico), ferrocarriles, túneles, puentes, balsaderas, campamentos, carreteras, veredas, vados, embalses, depósitos de agua, canales, pozos, zanjas, estaciones de guardabosques, molinos, minas, escuelas, ranchos, casas, barracones, monumentos fronterizos, edificios administrativos, centrales eléctricas, diques, obras hidráulicas, faros, dársenas, muelles, desembarcaderos, aeropuertos, estaciones de aforo, estaciones pesqueras, viveros forestales, notas marginales. (En general, escríbanse todos en letras mayúsculas.)

A.B.C.D.E.F.G.H.I.J.K.L.M.N.O.P.Q.  
R.S.T.U.V.W.X.Y.Z.&  
A.B.C.D.E.F.G.H.I.J.K.L.M.N.O.P.Q.R.S.T.U.V.W.X.Y.Z.&  
abcdefghijklmnopqrstuvwxy

Norma general para cuando se usan letras de un solo tipo: Para los nombres de accidentes naturales, letras verticales; para los nombres de accidentes hidrográficos, así como para los accidentes hechos por la mano del hombre, letra inclinada (cursiva.)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0      1 2 3 4 5 6 7 8 9 0  
1 2 3 4 5 6 7 8 9 0      1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

FIG. 114. — Letras más empleadas en los mapas de casi todos los países.

**Palo seco** moderno, sin bases.

Cursiva manuscrita, especie de romana, trazada con pluma roma.

Sombreadas, con doble trazo, como en **Desierto**

Se pueden diferenciar los detalles geográficos por los distintos tipos de letra empleados. Por ejemplo, el Servicio Geológico emplea en sus hojas topográficas la letra itálica para los ríos, arroyos, etc. (hidrografía); el palo seco para el relieve (hipsografía), y la romana y algún palo seco inclinado para las edificaciones y construcciones. Las letras que menos espacio ocupan son los palos secos, y en los mapas modernos cunde la tendencia al empleo de letras verticales e inclinadas, sin perfiles ni remates. Una buena combinación consiste en el uso de letras de palo seco verticales para edificaciones; letras de palo seco verticales más gruesas, para las montañas, y letras de palo seco inclinadas, para las aguas.

Como regla general, deben emplearse letras minúsculas cuando el nombre va fuera del detalle a que corresponde; por ejemplo, si el detalle es menor que el nombre (pequeñas poblaciones, etc.). Las letras mayúsculas se emplean cuando el nombre va dentro del detalle topográfico, lo cual significa que el detalle es mayor que el nombre. En estos casos no deben espaciarse las letras de un extremo al otro del detalle. A veces hay que prescindir de estas reglas por razones de uniformidad; por ejemplo, los nombres de las regiones o comarcas se escriben ordinariamente con mayúsculas, aun cuando haya veces en que se tenga que escribir el nombre fuera del país, como ocurre en el caso de rótulos de gran extensión en mapas de pequeña escala.

**TAMAÑO DE LETRAS.** — Del tamaño de las letras puede inferirse la importancia del detalle topográfico. Por ejemplo, en el mapa de la figura 115 CEYLON es de mayor tamaño que Sabaragamuwa. Sin embargo, hay un límite inferior bien definido para el tamaño de las letras. La letra mayúscula más pequeña, legible, tiene 5 puntos (1,3 mm. de altura), siendo la altura de las minúsculas correspondientes de 0,8 mm. En los mapamundis de tamaño pequeño, hay que emplear letras del tamaño mínimo aun para las grandes ciudades, pues, de no hacerlo así, el nombre Copenhague, por ejemplo, caería en parte sobre Rusia. Cuando no se dispone de espacio suficiente, se recurre a los rótulos COMPRESIDOS.

**PRÁCTICA DE LA ROTULACIÓN.** — En contra de una opinión muy generalizada, casi todos pueden con algún esfuerzo aprender a rotular decorosamente. Las reglas que se dan a continuación resumen las fases que hay que seguir para acabar rotulando bien.



FIG. 115. — Los mapas de la *Royal Geographical Society* son artísticos y sencillos. Casi todas las letras están escritas con pluma de ave.

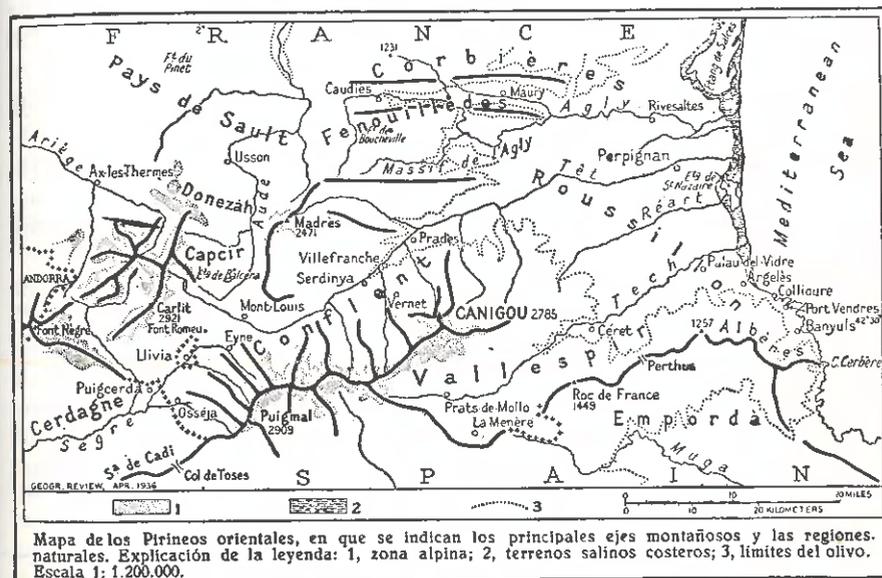
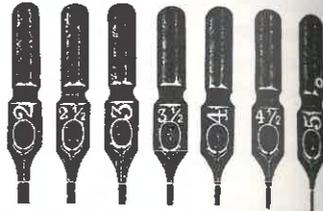


FIG. 116. — Los mapas de la *American Geographical Society* son exactos y concisos. Las letras de palo seco finas son sencillas y muy claras.

## REGLAS PARA ROTULAR BIEN

1. Hay que sentarse bien derecho y cómodamente, descansando el cuerpo sobre el brazo izquierdo; el papel debe colocarse en la posición más conveniente.

2. Se trazan con lápiz renglones dobles para que el rótulo resulte bien derecho y con sus letras de igual altura; estos renglones se trazan muy bien



Abcde Fghij Klmno Pqrst Uvwxyz  
 Abcd EfgHi Jklmn Opqrs Tuvw Xyz

FIG. 117. — Con las plumas de trazo grueso (redondillas) se hacen letras muy vistosas y claras.

y con gran finura, empleando un instrumento especial con dos puntas de lápiz; pero a falta del mismo se pueden utilizar dos lápices cortados por la mitad y unidos entre sí con una gomilla elástica, como se ve en la figura 118;



La abertura  $d$  se regula corriendo el taquito hacia arriba o hacia abajo

FIG. 118. — Dispositivo para trazar pautas de rotulación.

la separación entre las puntas de los lápices se puede regular con un taquito o con tiras de papel entre ambos lápices.

3. Las letras se hacen en varios trazos, cada uno de los cuales debe quedar perfectamente definido y recortado. En primer lugar se coloca el brazo en posición de descanso sobre el punto donde se supone que ha de ir el extremo o fin del trazo; después de marcar este punto se alarga la mano un poco más allá del punto donde ha de comenzar el trazo y se dirige y se mueve la pluma en la dirección debida.

4. Se hace el trazo moviendo todo el brazo, y no la mano solamente o la muñeca.

5. Después de cada trazo se levanta la pluma, moviéndola en la misma dirección del trazo.

6. Las letras que tienen curvas se pueden dibujar en dos o tres partes, pero sin pasar dos veces sobre la misma línea. Las letras se trazan, no se pintan.

7. Debe mirarse el punto a donde ha de llegar el trazo y no a la punta de la pluma.

8. La tinta llega a su punta por un corte que debe limpiarse a cada cinco minutos. Quítese el polvo del papel antes de rotular con tinta.

9. Las letras deben ir lo bastante separadas para que los espacios parezcan iguales, aunque no lo sean en realidad. Hay menos espacio entre OO que entre II. Entre cada dos palabras debe quedar el espacio correspondiente a la letra o. La distancia entre dos letras es menor que la anchura de la letra normal. Los principiantes suelen espaciar demasiado las letras.

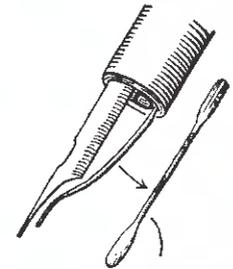
10. Debe mantenerse al rotular un ritmo constante y lento que produce una sensación de seguridad y descanso, aunque ello no signifique que se desatienda el trabajo, retirándole la máxima concentración posible.

A todo principiante hay que inculcarle la fiel observancia a la regla de dibujar moviendo todo el brazo y no sólo la mano o la muñeca; al principio le resultarán muy mal las letras, pero al final las hará con toda perfección. La regla del movimiento con el brazo entero y prolongado al terminar el trazo es de gran importancia.

Es mejor aprender a trazar las letras rectas e inclinadas, en vez de perder el tiempo en aprender los tipos romano e itálico; para los mapas corrientes basta con esta clase de rotulación.

COLOCACIÓN DEL ROTULADO. — La disposición del rotulado es una de las mayores dificultades que se presentan al delineante cartográfico. Como regla general debe tenerse en cuenta que el rótulo ha de indicar de modo inequívoco el detalle que designa y debe poder leerse con toda claridad, sin que el conjunto de rótulos empaste el mapa de tal modo que dificulte la lectura de los letreros.

La *dirección* del letrero indica también la dirección del detalle a que se refiere; el de un río ha de ser paralelo a sus orillas. Cuando el nombre se refiere a un punto, por ejemplo, una ciudad en un mapa de pequeña escala, o cuando el detalle que se rotula carece de dirección, como sucede al rotular Francia, por ejemplo, se dispone el rótulo horizontalmente. Decir *horizontal*, en un mapa, significa ser paralelo a los paralelos geográficos aunque éstos no se hallen representados en el mapa. En cambio, el rotulado no guarda re-



Alambre de cobre aplastado por los extremos

FIG. 119. — Mediante la retención de la tinta, se obtiene un flujo corriente de la misma.

lación alguna con los meridianos. En las proyecciones polares resulta más difícil la colocación de los letreros, que en este caso han de ir dispuestos alrededor del meridiano horizontal, de tal modo que los nombres no sobresalgan por la mitad superior del mapa. En los grandes mapas polares sueltos,

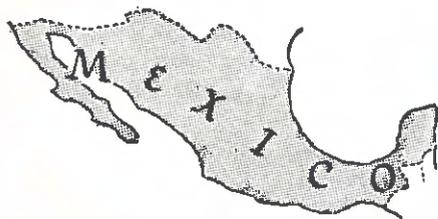


FIG. 120. — Los letreros se disponen según la dirección y el tamaño de la zona representada.

de una unidad de distancia en cada uno de los extremos, espaciando uniformemente las letras que componen el nombre, como se ve en la fig. 120. Para extender un rótulo de esta manera se escriben primero las dos letras de sus extremos, después la del centro, y así se sigue hasta terminarlo por completo.

**Nombre de ciudades.** En un mapa topográfico, una gran ciudad debe ocupar varios centímetros: su nombre, en mayúsculas, se distribuye uniformemente dentro del área ocupada por la ciudad. Las poblaciones pequeñas o las ciudades mayores en mapas de escala pequeña se rotulan fuera de su área con letras minúsculas. El mejor sitio para el nombre de una ciudad es debajo de esta misma perfectamente centrado; si no puede hacerse así, se dispone a la derecha, y si tampoco es posible hacerlo así, se coloca por encima. Cuando hay que disponer el letrero a la izquierda, conviene colocarlo por encima o por debajo, calculando de antemano su extensión para evitar que caiga alguna letra dentro de la misma población. Si los nombres de ciudades están demasiado apiñados, no es mala práctica la de curvar los letreros en un arco airoso, de modo que uno de sus extremos apunte directamente hacia la ciudad. Los puertos deben rotularse sobre el mar, y los nombres de las ciudades situadas a orillas de un río deben rotularse sobre la misma orilla en que aquéllas están asentadas.

fáciles de girar sobre el tablero, todos los rótulos deben tener su *cabeza* dirigida hacia el polo. Problemas análogos se presentan en los mapamundis construidos en proyección oblicua.

El espaciado o tamaño del rótulo ha de corresponder a la extensión del terreno representado; todo nombre referente a una superficie y colocado dentro de ésta ha de extenderse desde uno a otro extremo de la misma. De ordinario se deja un margen



FIG. 121. — Los nombres de ciudades deben colocarse, a ser posible, centrados bajo aquéllas; de no poderse hacer así, se colocan a la derecha o por encima. Si el nombre ha de ir a la izquierda se dispone un poco hacia arriba o hacia abajo del signo representativo de la ciudad.

**Rotulado de ríos.** Cuando el nombre va dentro del río, debe ser todo de mayúsculas. Los nombres de los ríos se escriben sin espaciar, pero han de leerse en la misma dirección de la corriente. Lo mejor es disponer el rótulo en la orilla norte del río; si éste corre exactamente de norte a sur, conviene rotularlo en la orilla occidental, porque de otro modo las letras itálicas inclinadas pueden caer sobre el río. En general hay que evitar que los rótulos penetren en el detalle correspondiente, pero a veces resulta muy difícil evitarlo, como en el caso del río Mississippi en los mapas de escala reducida. Los nombres de lagos, lagunas, etc., deben ir por entero dentro o fuera de los detalles que designan. Igual norma hay que seguir cuando se trata de islas, penínsulas, etc.

Los *picos de las montañas* son difíciles de rotular, sobre todo en los mapas con sólo dos tonos, blanco y negro, ya que en muchos casos un mapa de esta clase tiene gran profusión de montañas. Es una buena práctica la de rotular los picos en forma de arco alrededor de éstos por encima de los mismos, consignando su cota por debajo. Los nombres de las cordilleras deben seguir la dirección de éstas; las letras han de ser estrechas y de trazo fuerte, de modo que hagan resaltar el relieve sin enmascararlo.

En los mapas modernos existe muy marcada la tendencia a reducir los nombres al mínimo. No se cree necesario, por ejemplo, rotular en todos los mapas de los Estados Unidos el nombre de éstos, ni el de los océanos Pacífico y Atlántico, lo que es de suponer que toda persona que haya de consultar estos mapas conoce sobradamente el nombre del continente y de los mares que lo limitan. Los mapas especiales para estudios de cierta envergadura no deben llevar más nombres que los que interesan en el uso especial del mapa. Por ejemplo, en un mapa de producción de petróleo no es preciso rotular las provincias ni los ríos.

**ABREVIATURAS.** — El empleo de abreviaturas facilita grandemente la rotulación, ya que evita en muchos casos la superposición de letras sobre el signo a que se refiere el rótulo. Como regla general se consideran como buenas aquellas abreviaturas que no requieren clave para su interpretación. Cuando se emplean abreviaturas especiales deben consignarse al margen del mapa, sobre todo las que se refieren a nombres extranjeros.

**DISPOSITIVOS PARA LA ROTULACIÓN MECÁNICA DE MAPAS.** — Aun en los primeros mapas grabados en madera el rotulado se hacía con tipos de imprenta que se estampaban sobre el mapa. Los tipos estampados en cera constituyen la base de los grabados en cera.

**Rótulos pegados.** Durante varios siglos se han rotulado los mapas manuscritos pegando nombres previamente compuestos, impresos o grabados aparte. El procedimiento más sencillo para ello consiste en imprimir los nombres en papel fino engomado por detrás con duco; se recorta después cuidadosamente el nombre y se pega el papel sobre el mapa, pasando un

pincel impregnado en acetona sobre la goma. Con este método se tiene la ventaja de que el papel opaco tapa líneas del mapa que podrían interferir con el rótulo.

También se emplean desde hace varios años los llamados rótulos *flotantes*. Se imprime el nombre sobre un trozo de tela del Japón transparente y una vez colocado en su sitio se humedece con un pincel, empleando un líquido



FIG. 122. — En el normógrafo Wrico se emplean plantillas perforadas.

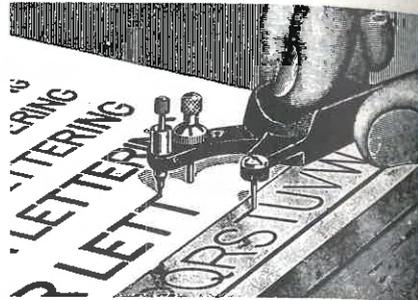


FIG. 123. — El normógrafo Le Roy utiliza la misma guía, en relieve, para las letras verticales y para las horizontales.

aglutinante que se filtra por los poros del tejido, quedando éste firmemente adherido al papel del mapa. El papel tela así pegado apenas si es visible y puede dibujarse sobre el mismo sin la menor dificultad. Este método está patentado, por lo cual no puede practicarse sin pagar los derechos correspondientes. Recientemente han comenzado a usarse los rótulos en papel celofana (*celotipos*) en todos los casos en que el plano o mapa original está dibujado sobre papel transparente para la obtención de copias helio o azográficas. Se dibuja el rótulo en el reverso de un papel celofana que se cubre con un pegamento a base de parafina; se recorta el letrero y se pega en su sitio. Las letras quedan perfectamente adheridas, pero hay que evitar el colocar los mapas en locales caldeados, ya que de hacerlo así se fundiría la parafina y se desprenderían las letras.

Existen en el comercio diferentes dispositivos (Wrico, Le Roy, Ames, etcétera) para rotular mediante patrones taladrados y plumas especiales llamados en general *normógrafos*; su uso en los mapas queda reducido exclusivamente al título y a los grandes rótulos. Es difícil el manejo de estos normógrafos cuando se trata de escribir palabras largas con sus letras espaciadas, y para los nombres de poblaciones, pues aun los instrumentos más pequeños resultan demasiado grandes para este uso, a menos que el dibujo original sea dos o tres veces mayor que el tamaño a que haya de hacerse la tirada. Es muy raro que un delineante profesional utilice estos normógrafos.

pero en cambio su uso es frecuente por parte de los ingenieros o topógrafos que en alguna ocasión tienen que dibujar sus propios planos o mapas.

NOMBRES GEOGRÁFICOS

Los nombres geográficos, o nomenclatura geográfica, interesa al cartógrafo porque sin ellos no pueden identificarse los detalles y lugares representados en los mapas. Resulta realmente imposible referirse a puntos determinados de un mapa sin emplear los nombres correspondientes.

La toponimia, o ciencia de la nomenclatura de los lugares, requiere para su estudio grandes conocimientos de geografía, filología e historia. Pocos delineantes cartográficos se hacen cargo de la complejidad y carácter especial de los problemas toponimicos.

Muchos Estados tienen organizados centros, academias o comisiones que se ocupan del estudio de las cuestiones toponimicas, interviniendo con mayor o menor autoridad en el uso y adopción de nombres geográficos.

PRINCIPIOS GENERALES DE NOMENCLATURA GEOGRÁFICA. — Cada país sigue normas especiales para el empleo de los nombres geográficos.

En España, siempre que es posible, se adoptan los nombres *latinizados*, o, mejor, dicho, *hispanizados*. Por ejemplo, al rotular un mapa de Europa se escribe Alemania, en vez del nombre de esta nación en alemán (Deutschland), Hungría en vez de Magyarország, etc.; el río Danubio, por ejemplo, se rotula así y no Donau (Alemania, Austria) ni Duna (Hungría) ni Dunav (Bulgaria) ni Dunarea (Rumania).

Cuando no se dispone de nombre castellano para el país, comarca, río, monte, etc., de que se trate, se emplea el propio del idioma correspondiente si éste emplea letras latinas. Cuando los países representados no usen el alfabeto latino, o empleen un sistema de escritura no alfabético, se sigue el método de transcripción o el de transliteración.

El método de transliteración consiste en cambiar las letras de un alfabeto no latino por otras letras o combinación de letras latinas que representan aproximadamente el mismo sonido que aquéllas, como sucede con los nombres escritos en ruso, búlgaro o árabe. Cuando se trata de nombres escritos en idiomas con

1	А	а	а	а	18	Р	р	р
2	Б	б	б	в	19	С	с	с
3	В	в	г	г	20	Т	т	т
4	Г	г	д	д	21	У	у	у
5	Д	д	е	е	22	Ф	ф	ф
6	Е	е	ё	ё	23	Х	х	х
7	Ж	ж	з	з	24	Ц	ц	ц
8	З	з	и	и	25	Ч	ч	ч
9	И	и	й	й	26	Ш	ш	ш
10	Й	й	к	к	27	Щ	щ	щ
11	К	к	л	л	28	Ъ	ъ	ъ
12	Л	л	м	м	29	Ы	ы	ы
13	М	м	н	н	30	Ь	ь	ь
14	Н	н	о	о	31	Ъ	ъ	ъ
15	О	о	п	п	32	Э	э	э
16	П	п	q	q	33	Ю	ю	ю
17	И	и	r	r	34	Я	я	я
			s	s	35	Ѳ	Ѳ	Ѳ
			t	t	36	ѳ	ѳ	ѳ
			u	u				
			v	v				
			w	w				
			x	x				
			y	y				
			z	z				

FIG. 124. — Alfabeto ruso, derivado del griego. Es frecuente encontrar en mapas antiguos letras ya en desuso.

gran número de letras mudas (como el siamés, el mogol o el tibetano), o en idiomas no alfabéticos como el chino, se sigue el método de transcripción, que consiste en substituir los sonidos del idioma original por letras latinas o combinación de letras que reproduzcan lo más aproximadamente posible la fonética de aquéllos.

PROCEDIMIENTO GENERAL. — Hay que poner mucho cuidado en la obtención de nombres para el rotulado de mapas; en general no debe adoptarse, sin la debida contrastación, la nomenclatura de un mapa para el rotulado de otro. Además los nombres no son inmutables, sino que cambian por varias razones: 1) cambio de idioma oficial, por cambio de soberanía; 2) cambio de ortografía, ya sea por evolución, por corrupción o por disposiciones legales; 3) cambio en los sistemas de transcripción o transliteración, y 4) cambio de nombres en el país correspondiente. Por todo ello hay que consultar con frecuencia la situación política de los países interesados, las leyes referentes a la nomenclatura geográfica propia, y los datos necesarios sobre lingüística. No basta con hacer uso de los informes adecuados, sino que hay que comparar las diversas fuentes de información.

En los mapas de escala pequeña correspondientes a grandes extensiones únicamente aparecen los detalles de mayor importancia, como regiones, ciudades, grandes ríos, cordilleras, mares y golfos. Los nombres precisos para estos mapas se toman de mapas semejantes y de atlas, diccionarios geográficos, etc.

En los mapas de escala grande hay que consignar los nombres que no se encuentran en los de escala pequeña y para los cuales es recomendable el consultar la toponimia del país de que se trate.

## CAPÍTULO XIV

### COMPOSICIÓN Y DIBUJO DE MAPAS

La mayor parte de los mapas de escala reducida tienen una superficie de forma irregular que ha de disponerse dentro de una hoja o marco rectangular. No siempre es fácil el encajar debidamente un mapa en su hoja; siempre quedan espacios en blanco que pueden rellenarse con el título de la hoja, anotaciones, rosa de los vientos, alguna figura alegórica, etc. Los cartógrafos holandeses del siglo XVII eran maestros en la distribución y composición de las hojas; aun en la actualidad se sigue el mismo estilo de Janszoon y de Blaeu en la formación de nuestros mapas.

TÍTULO. — El título de un mapa comprende: el nombre de la región o país que representa; la clase de mapa; si es posible, su autor; la escala; el año en que se dibujó; notas necesarias, etc.

El denominador de la escala debe ser un número entero. En los mapas ordinarios basta con una escala gráfica, ya que la escala numérica puede quedar muy alterada y deformada en las reproducciones fotográficas.

Es preferible colocar el título dentro de un marco sencillo o más o menos decorativo. Dentro de este marco se centra el título, para lo cual, y con objeto de determinar la longitud del mismo y el tamaño de las letras, se traza un eje vertical y se dibuja a lápiz y a la ligera el rótulo; se trazan después las líneas horizontales que han de servir de pauta, y se cuentan las letras: cada espacio entre cada dos letras se cuenta como una letra. Se dibuja primero la letra central sobre el eje, después las letras de la derecha, y finalmente las de la izquierda, escribiendo hacia atrás. Se centra la escala gráfica sobre el mismo eje. Una vez terminado todo el título se dibuja el marco.

CLAVE, LEYENDA, ETC. — La *Leyenda*, *Clave*, *Referencias*, *Notas*, según quiera llamarle cada cual, puede ir dentro del marco del título, o fuera del mismo si es muy extensa. No es necesario incluir en la *Clave* o *Leyenda* aquellos detalles que un observador medianamente familiarizado con mapas puede deducir sin explicación alguna. Por ejemplo, los símbolos de carreteras, vías férreas, etc., raramente necesitan explicación. Las abreviaturas poco

corrientes deben consignarse en la *Leyenda*, pero no es preciso reseñar las usuales.

**ORLA.** — Casi todos los mapas se encierran dentro de una orla rectangular que puede consistir en una simple línea, pero que casi siempre está formada por dos o más rectas paralelas. Se obtiene una buena orla con una línea doble cuyo espacio interior tenga por lo menos 25 mm. de anchura; entre las dos líneas pueden escribirse los números correspondientes a paralelos y meridianos. Para ahorrar espacio se acostumbra interrumpir la línea interior de la orla cuando llega hasta allí algún detalle saliente del mapa; pero la línea de fuera no debe cortarse, pues de hacerlo así se originarían ciertas dificultades para el grabador, sobre todo cuando los mapas han de publicarse dentro del texto de un libro o atlas.

También son corrientes las orlas decorativas. Un buen sistema para dibujar orlas sencillas y llamativas consiste en marcar los grados con trozos alternativamente blancos y negros (véase fig. 115). La longitud de estos trozos varía con la longitud de los grados. A veces, y sólo para efectos decorativos, se hace la orla con trozos blancos y negros todos de igual longitud, sin relación alguna con los grados de meridianos y paralelos (véase fig. 125). En el siglo pasado era costumbre el uso de orlas con muchos adornos, pero actualmente se tiende a la sencillez en su dibujo.

**PARALELOS Y MERIDIANOS.** — El trazado de meridianos y paralelos sólo es necesario cuando favorece una mejor comprensión del mapa. En los mapas ordinarios pueden suprimirse, indicándose sólo en la orla. Pero si se emplea una proyección con paralelos de gran curvatura es esencial a veces el trazado de la red completa para que se pueda apreciar la deformación. Con frecuencia se omiten los paralelos y meridianos sobre tierra firme y se dibujan sobre los mares solamente.

Los paralelos y meridianos se dibujan con un tiralíneas muy fino, después de limpiar muy bien y de espolvorear el papel, y se trazan de intersección a intersección sobre una regla recta o una plantilla curva.

**ROSAS DE LOS VIENTOS.** — La rosa de los vientos, reminiscencia de los mapas portulanos, se emplea mucho para indicar el Norte, hasta las líneas indicadoras de los rumbos de dichos mapas se imitan en los mapas decorativos. Aun cuando la rosa de los vientos, o la flecha que señala el Norte, son elementos de adorno muy apropiados, no son necesarios sino cuando el mapa no está orientado hacia el norte, o cuando no están dibujados los paralelos ni meridianos.

En la mayoría de las proyecciones, la dirección norte varía sobre el mapa, por lo cual es conveniente dibujar varias rosas de los vientos.

En los mapas de escala grande es costumbre indicar el norte verdadero con una estrella, y el norte magnético con media flecha, consignando la declinación exacta.

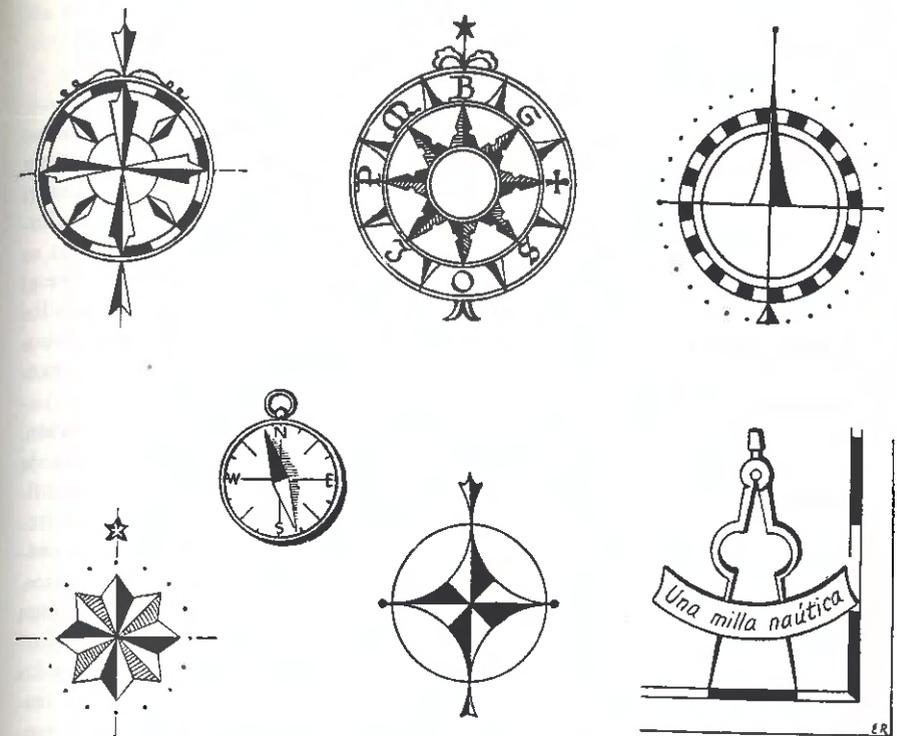


FIG. 125. — Las rosas de los vientos y las flechas y estrellas, se emplean, como elemento decorativo, desde el siglo XIII. También para las escalas gráficas se hace uso de compases de dibujo más o menos estilizados.

**RECUADROS.** — Los espacios en blanco de los mapas pueden utilizarse para emplazar recuadros en que se represente una parte importante del mapa general a escala mayor que el de este último, o un mapa a escala más pequeña que ponga de manifiesto la situación del mapa principal dentro de aquél. Un recuadro debe considerarse como un pequeño mapa independiente, por lo cual ha de tener su propia orla, su meridiano central, su título, etcétera. Se exceptúa de esta regla el caso en que el recuadro comprenda una parte del borde del mapa, cortada para ahorrar espacio; en este caso el mapa del recuadro debe considerarse como una parte desprendida o destacada del mapa principal. Los mapas en recuadros separados deben tener la misma escala y sus paralelos y meridianos han de tener la misma dirección que en el mapa principal.

## DIBUJO DE LOS MAPAS

El dibujo de un mapa se efectúa en varias fases. En primer lugar se reúne el material necesario para la formación del mapa; los mapas de escala reducida se toman de otros ya existentes; los mapas a escala grande pueden prepararse a base de levantamientos originales o de fotografías aéreas. A continuación se estudia la escala y la proyección más convenientes; la escala se determina, de ordinario, por el tamaño de la página de un libro o por el tamaño corriente de una hoja topográfica. En cuanto a las proyecciones, los cartógrafos están demasiado dispuestos a aceptar mapas ya publicados y a copiarlos antes que construir su propia proyección. Con mucha frecuencia las ventajas que reporta la construcción de una proyección adecuada compensa sobradamente el tiempo que el cartógrafo emplea en su preparación.

Los mapas se dibujan en un tamaño mayor que aquel en que han de reproducirse. La reducción fotográfica del grabado hace que el tamaño definitivo sea menor que el del original. Esta reducción varía de 15 veces en los mapas sencillos, hasta el doble en los más completos. Un delineante poco experto dibuja el mapa original en un tamaño muy exagerado, porque una vez reducido no son perceptibles las pequeñas irregularidades de las líneas trazadas. Pero no es aconsejable exagerar demasiado el tamaño original, por la facilidad con que se puede perder el sentido de la proporción, resultando las copias reducidas faltas de equilibrio y armonía entre sus diferentes partes.

El tamaño y la forma del mapa se toman, de ordinario, de otros ya existentes. Para *cuadrar* el área deseada se cubre el mapa con un papel tela de modo que el meridiano central quede vertical. Trazando una diagonal, se pueden dibujar rectángulos mayores o menores de iguales proporciones que el mapa

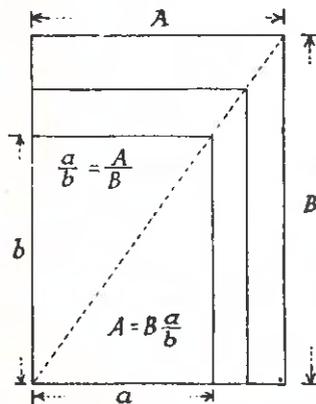


FIG. 126. — Las proporciones del mapa original, de tamaño exagerado, se pueden determinar gráficamente por medio de una diagonal, o numéricamente, con la regla de cálculo.

mismo. Elegido el tamaño aproximado del mapa, se corta el papel de modo que queden unos cuantos centímetros de margen.

**DIBUJO CON LÁPIZ.** — Para dibujar un mapa se empieza por construir la proyección (suponiendo que no se trata de una simple copia) en un papel aparte y después se pasan los paralelos y meridianos pinchando los puntos

de intersección con un alfiler o punzón muy fino. Conviene emplear un lápiz duro, ya que estas líneas no deben desaparecer después de borrar con goma. A continuación se dibujan los detalles hidrográficos (costas, ríos y lagos). Las costas se han de dibujar con gran exactitud por ser muy conocidas (ya que figuran en los mapas de escala grande) y cualquier falta se nota en seguida. La misma precaución hay que tomar en el dibujo de ríos y lagos, por servir de referencia en la situación de ciudades, montañas y otros detalles.

Con la ayuda de las líneas de costas, ríos y algunas líneas límites, se puede determinar exactamente la extensión del mapa, de modo que pueda dibujarse la orla de antemano. Los lados verticales de la orla han de ser paralelos al meridiano central. Conviene dibujar la orla al empezar el trazado para asegurar la mejor disposición o *encaje* del mapa.

Después de las líneas límites y del contorno del mapa se dibujan las vías férreas, las carreteras y las poblaciones. Aun tratándose de mapas a escala pequeña, hay que cuidar que las poblaciones queden dibujadas en la orilla del río en que realmente se encuentran. Ninguno de estos detalles se rotula todavía. A continuación se dibujan las montañas, ya sea en sus contornos, o con sombreado, o por el método morfológico.

Finalmente se procede al rotulado, empezando por los nombres de regiones, montañas y grandes divisiones políticas por ser las más difíciles de colocar; después se rotulan las poblaciones, por tener que escoger sitio adecuado para sus nombres; por último se rotulan los ríos, que excepto cuando se trata de pequeñas corrientes, pueden llevar el nombre en cualquier sitio a lo largo de su curso.

Primero se bosquejan los nombres con lápiz y después se trazan las pautas con lápiz bien afilado. Los delineantes expertos no dibujan los nombres pequeños con lápiz, porque ello supone el retintado sobre grafito, perjudicándose la finura de las líneas; en cambio los nombres grandes deben dibujarse primero con lápiz. Con el título, la escala, los recuadros, la clave y demás rótulos termina el dibujo a lápiz del mapa.

Una vez dibujado todo el mapa a lápiz queda en condiciones de ser pasado de tinta. Primero se pasa una goma para quitar el exceso de grafito, con lo cual se asegura una buena penetración de la tinta en el papel, evitándose que se pueda borrar con facilidad. Se borra el lápiz hasta que las líneas queden muy desvanecidas, pero claramente visibles. (Se puede pulverizar una goma con un rallador de pan, y el polvo obtenido puede emplearse muchas veces.) Se limpia perfectamente el papel con un plumero (de plumas de ganso o de gaviota es el mejor) de modo que no quede partícula alguna de polvo.

**RETINTADO.** — El retintado de un mapa se hace, de ordinario, en orden inverso al dibujo en lápiz. Se quitan las chinchetas de modo que pueda

colocarse el papel en las posiciones más convenientes para el dibujo con tinta. Se empieza por retintarlo, después los signos convencionales y por último los paralelos, meridianos, orlas y detalles complementarios, como la rosa de los vientos, por ejemplo. Es importante seguir este orden porque los nombres tienen presencia y *via libre*, mientras que los paralelos, meridianos y las líneas límites se cortan donde otro signo cualquiera necesite espacio para su representación.

Una vez terminado el retintado se borran los trazos de lápiz, pero sin apretar mucho la goma, para evitar que pierdan vigor los trazos de tinta. Siempre es necesario revisar el dibujo concienzudamente, repasando con tinta o retocando con pintura blanca los rasgos defectuosos. Se ribetea el mapa, se monta sobre cartón, se cubre con papel celofana y se conserva bien plano. Los mapas de colores requieren un tratamiento especial, del que se tratará en el capítulo XVI, que se refiere a los procedimientos de reproducción de mapas.



FIG. 127. — Las cartelas o banderolas, de forma airosa y tipografía escogida, realzan mucho la buena presentación de los mapas.

## CAPÍTULO XV

### MATERIALES E INSTRUMENTOS DE DIBUJO

Buenos instrumentos, y bien dispuestos y ordenados, ahorran la mitad del tiempo en el dibujo de los mapas. La mejor goma de borrar vale poco si está debajo de la mesa, y la plumilla más fina de nada sirve si está llena de tinta cuajada.

**PAPEL.** — El papel empleado para mapas delicados debe tener un buen satinado, sin fibras sueltas que entrapen las plumillas, y ha de ser lo bastante fuerte para resistir el borrado de las gomas. De la mayor importancia es que el papel no sufra alteraciones de tamaño ni de forma al variar la humedad. Solamente los mejores papeles de algodón impregnado en gelatina o el papel de hilo cumplen estas condiciones.

Además de los papeles gruesos especiales, unos de grano más bien grueso y otros quizá demasiado lisos, empleados para mapas de dimensiones limitadas, por fabricarse solamente en determinados tamaños, los más empleados y que sirven para cualquier tamaño son los papeles de bobina, que tienen el peligro de que se pueden contraer desigualmente al largo y al ancho, dando así lugar a deformaciones. También resulta difícil colocar perfectamente plano un papel que ha sido fabricado en bobina; lo mejor es arrollarlo en sentido contrario alrededor de un canuto de cartón. Existe en el comercio un gran número de excelentes papeles de dibujo en rollos.

**Papeles de dibujo transparentes.** Se hacen estos papeles a base de hojas y tallos de maíz, y se emplean para croquis, copias y para cubiertas de mapas colorados. Los papeles transparentes se dilatan considerablemente en los días húmedos, por lo cual no deben emplearse para los trabajos de precisión. No es buena práctica la de terminar un mapa en papel transparente, pues el grabador fotografía el mapa bajo una luz muy fuerte oblicua y las líneas proyectan una sombra (penumbra) sobre la placa que se halla bajo el papel, con lo cual aparecen las líneas más gruesas que en el original. En especial, el entintado mecánico resulta muy defectuoso en los papeles transparentes.

**Papel vitela.** Es un papel semitransparente, ligeramente impregnado con aceite, que evita la dilatación y la contracción del papel con los cambios

de humedad. El papel vitela se usa con frecuencia para preparar mapas en colores, en los que cada color se dibuja en una hoja distinta. No es fácil dibujar sobre vitela porque las líneas resultan desiguales y la pluma no se pone realmente en contacto directo con el papel, por lo cual muchos delineantes cartográficos prefieren usar papel fino de dibujo en vez de vitela. Por otra parte, la vitela se pone amarilla al cabo de algunos años y el papel amarillo no se presta bien para las reproducciones. Algunas marcas modernas de vitela conservan perfectamente su blancura.

El *papel tela* es excelente para el dibujo de planos de ingenieros, arquitectos, etc., pero raramente se emplea en mapas delicados, porque ensucia mucho las plumillas; en cambio se usa mucho para trabajos con trazo grueso, sobre todo en planos técnicos y para copias helio o azográficas. Se recomienda mucho el empleo del papel tela cuando el mapa ha de ser manejado con mucha frecuencia.

**PAPELES ESPECIALES.** — Existen varias clases de papeles especiales para el dibujo de mapas. Hay papeles para perfiles longitudinales, para perfiles transversales y papeles de coordenadas; estos papeles se encuentran en el comercio, tanto opacos como transparentes, y sirven también para obtener copias heliográficas, y cuando están impresos en azul no salen en las copias las líneas impresas, sino solamente el dibujo.

Los *papeles carbón* se emplean para calcos, pero hay que probarlos primero, pues la mayor parte de estos papeles son grasos y las líneas obtenidas al calcar no se pueden borrar con facilidad. Muy buenos resultados se logran preparándose uno mismo el papel carbón tiznando una de las caras de un papel fino con un lápiz blando, con grafito o con carboncillo. El papel carbón se emplea para copiar mapas impresos por las dos caras y que no se prestan a ser copiados por transparencia.

El *papel celofana, tracilin*, etc., se emplea cuando se requiere una transparencia perfecta, como en el caso de dibujar detalles de una fotografía aérea. Es muy fácil dibujar sobre celofana con tinta especial. También se usa el papel celofana para cubrir y resguardar dibujos.

La *cartulina Ross* se emplea cuando se han de representar las montañas con sombreado plástico. En el capítulo siguiente trataremos con más detalle de este papel.

También se usan con frecuencia las hojas de celuloide, tanto transparentes como opacas; sobre ellas se pueden trazar líneas muy finas con lápiz y con tinta. Por ser lavables, pueden usarse repetidamente estas hojas de celuloide, pero desgraciadamente no puede garantizarse su indeformabilidad.

El *papel montado sobre muselina* se emplea para mapas de estados, ciudades o para mapas manuscritos de valor considerable. El montar el papel sobre tela no evita que se puedan deformar.

Los líquidos oleaginosos «transparente», «translux» y análogos comuni-

can cierta transparencia a los papeles que pueden usarse para obtener directamente copias heliográficas de dibujos hechos en papel corriente y no sobre vitela. Estos líquidos se aplican solamente después de ultimado el dibujo.

Los *papeles heliográficos* se emplean cuando hay que obtener sólo varias copias de un mapa, en cuyo caso se hace el dibujo sobre papel transparente vitela, papel tela o sobre celuloide. Se coloca el mapa en una prensa de copiar, en contacto con un papel sensibilizado, y se expone a la luz del sol durante 4 ó 5 minutos; así se obtiene una copia negativa, de ordinario en papel azul que se fija y se lava, quedando así fijado el dibujo resultante. Repitiendo estas operaciones con la copia negativa se pueden obtener copias positivas. Las copias en papel azul se pueden blanquear con un líquido especial.

También pueden obtenerse directamente copias positivas con papel ozalid, que no requiere lavado, fijándose simplemente con vapor de amoníaco.

Los dibujos indeformables se hacen sobre placas de zinc o de aluminio, pintadas de blanco al óleo, sobre vitela montada en un cristal, o sobre hojas especialmente preparadas con diferentes sustancias plásticas.

**LÁPICES.** — Los lápices se hacen con polvo de grafito mezclado con tiza muy fina y con sustancias aglutinantes; la masa resultante se embute en madera de cedro. El grafito es blando, y se endurece tanto más cuanto más tiza se le agregue. Un buen lápiz debe dar trazos uniformes y bien negros, y no ha de gastarse con demasiada rapidez ni romperse con facilidad. No es fácil conseguir estas propiedades casi contrarias, habiendo únicamente unas pocas marcas de lápices que dan resultados satisfactorios en el dibujo de mapas.

Los lápices se fabrican en varios grados de dureza, que llegan desde el 9 *H* (el más duro) al 6 *B* (el más blando), pasando por el *HB* (medio). El papel mismo determina el grado de dureza que hay que emplear: un papel blando requiere un lápiz también blando; con un papel bastante satinado debe usarse un lápiz *HB* para borradores o croquis, y uno de 2 *H* a 4 *H* para el dibujo definitivo. Tratándose de papel pergamino hay que emplear lápices de un par de grados de dureza. Lápices más blandos que el *HB* no suelen usarse en el dibujo de mapas. Una combinación más que suficiente es la compuesta de lápices *HB*, 2 *H*, 4 *H* y 6 *H*, de los cuales los más blandos durarán mucho menos que los duros. Muchos delineantes prefieren el empleo de lapiceros metálicos provistos de minas de grafito, que no requieren el uso de afilalápices ni de cortaplumas. Se fabrican minas especiales para estos lapiceros, pero aun las mejores han de estarse afilando continuamente.

Los lápices de madera se afilan con un cortaplumas, con un papel fino de lija o con una lima de acero, que es el modo más recomendable para esta operación. Los sacapuntas automáticos son muy prácticos, pero sola-

mente los muy buenos sacan una punta lo bastante larga y afilada para su uso en el dibujo de mapas.

Los *lápices de cera, de colores*, se emplean para colorar los mapas originales. Se emplean lápices de color azul claro para dibujar mapas que se hayan de reproducir por el método de la media tinta. El azul no sale en la fotografía, por lo cual los trazos de este color no salen en los mapas impresos.

**GOMAS DE BORRAR.** — Muchas gomas de borrar contienen arena o polvos esmeril, por lo cual destruyen la superficie lisa del papel de dibujo. Por esta razón sólo deben emplearse gomas blandas y de buena calidad para borrar las líneas de lápiz. Las gomas duras solamente se usan para borrar tinta. Cuando sólo hay que borrar una pequeña parte del dibujo en tinta, se emplea un rascador de acero, consistente en una lámina muy fina de este metal con agujeros de diferentes tamaños (una hoja de afeitar da buenos resultados). Una goma plástica moldeada con la mano para que forme una punta es verdaderamente práctica.

**PLUMAS.** — Las plumillas de dibujo más empleadas son las de marca Gillot números 290 (blandas), 291 (duras), 303 y 304. Para trazar líneas muy finas se usa la Gillot número 1000, pero no es recomendable para dibujos que hayan de reducirse después por grabado. Es de gran importancia emplear portaplumas en que éstas queden bien firmes. Para uso continuado y con objeto de asegurar un flujo uniforme de tinta, conviene agregar a la plumilla un retentor, que consiste en una tirita de metal, que puede cortarse de un bote corriente de lata; su anchura debe ser de 1,5 mm. aproximadamente, y se coloca en el portaplumas de modo que casi toque, sin llegar al contacto, la plumilla. Mejor todavía es el empleo de un alambre de cobre de unos 25 mm. de longitud, aplastado por sus dos extremos. Al limpiar la plumilla, se echa a un lado el retentor (véase fig. 119).

Cada pluma ha de tener su propio portaplumas, que debe conservarse en un vaso de cristal en cuyo fondo se dispone un trozo de tela de seda para que absorba la tinta sobrante.

La tinta llega a la punta de la pluma por una hendidura muy fina, que si se obstruye con alguna minúscula partícula de carbón no deja correr bien la tinta, que no llega al papel con regularidad. Por esta razón hay que conservar la pluma constantemente limpia, para lo cual de cinco en cinco minutos debe mojarse en agua y secarse con un trapito o una gamuza.

Para el trazado de líneas gruesas, pueden emplearse las llamadas plumas de bola, pero todo buen delineante debe proveerse de algunas plumas especiales, como las *Payzant* o las de marca *Le Roy* u otras análogas, que dan líneas más regulares y más seguras que las ordinarias.

También muchos delineantes emplean las plumas romas o de punta plana, con las cuales se obtienen rotulaciones muy elegantes.

Para rótulos muy pequeños, se puede cortar la punta de una pluma Gillott del núm. 290. Para rótulos muy gruesos se emplean con buen resultado las plumas *Esterbrook*, *Drawlet* u otras parecidas. Para trabajos delicados se emplea una pluma muy pequeña llamada *pluma de ave*, que no requiere el aditamento de retentor de tinta; estas plumas son más duras que la Gillott del núm. 290.

No tratamos aquí de los dispositivos mecánicos para rotulación (normógrafos), de cuyas ventajas e inconvenientes ya hablamos en el capítulo anterior.

**TINTA CHINA.** — La tinta china se vende en China y en Japón en forma de barritas que se frotan con el fondo de un platillo de dibujo, diluyendo con agua el finísimo polvo obtenido. Actualmente, como más se vende es ya disuelta en agua, y consiste en polvo impalpable de carbón (negro de humo) en suspensión, en un líquido compuesto de varios ingredientes. Este líquido tiene igual densidad que el carbón, por lo cual no se va éste al fondo. La tinta china se conserva siempre negra, es excelente para la fotografía y una vez seca es resistente al agua. Se seca muy pronto, quizá demasiado pronto, cuando se trata de líneas muy finas. Los frascos de tinta china, mientras no se usan, deben estar bien tapados. Es conveniente adquirir un frasco grande de tinta china, con el cual se echa una pequeña cantidad en un frasco más pequeño, que se lava y se vuelve a llenar cuando es necesario. Esta práctica es mejor que la de agregar agua, que estropea la tinta.

En el comercio se venden tintas chinas de colores la mayor parte de las cuales tienden a coagularse al cabo de poco tiempo. Para dibujar sobre papel ferroprosuati, se emplean tintas densas resistentes al agua.

**Pintura blanca de retoque.** — Las líneas de tinta que no son necesarias se pueden hacer desaparecer: a) cubriéndolas con pintura blanca; b) raspándolas con una hoja de afeitar, y c) borrándolas con líquidos especiales. El primer método es el mejor si se emplea un pincel muy fino. La pintura blanca evita que salgan en la fotografía las líneas cubiertas por la misma, aunque sea en capa muy fina casi transparente a la vista. Conviene no tapar con la pintura más que los trazos negros de que se trate. Esta tinta impermeable despidе al agua, por lo cual resbala del trazo negro cubierto si el papel de alrededor está húmedo.

**COLORES DE ACUARELA.** — Los delineantes cartográficos emplean colores de acuarela para cubrir una superficie con una capa de color uniforme. Los colores ordinarios de acuarela, en tubos o en pastillas, se emplean por los artistas para usos muy distintos del anterior. Por contener estos colores gran cantidad de aglutinante, se adhieren muy bien al papel y no se extienden. Para aguadas muy tenues, se usa con frecuencia una tinta, muy diluida, de anilina que puede conservarse en pequeños frascos, siempre dispuesta para su empleo.

**PINCELES.** — Los delineantes para pintar emplean pinceles de marta muy finos. Un pincel del núm. 2 sirve para pintar con tinta china y con blanco de retoque; los pinceles del núm. 6 ó del núm. 8 se emplean para colorar superficies bastante extensas. Deben limpiarse los pinceles después de usados porque hay colores que corren sus cerdas tan finas.

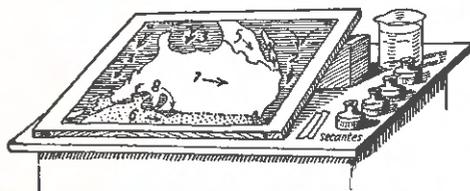


FIG. 128. — Lavado de mapas con colores de acuarela transparentes. a) Se mezclan las pinturas en cantidad suficiente; b) Se fija el dibujo sobre un tablero inclinado; c) Se divide el mapa en secciones y se elige la dirección en que hay que hacer el lavado; d) Se limpia muy bien el papel; e) Pintese siempre hacia abajo; f) Se hace avanzar el "frente húmedo"; g) No debe cambiarse la inclinación del tablero hasta que la aguada esté completamente seca; h) Quitese el exceso de pintura con papel secante.

ceder así, que pintar una capa sobre otra. Los paralelos y los meridianos ayudan con frecuencia a dividir el mapa en secciones. Se llena el pincel bien, de modo que la pintura fluya con facilidad, no dejando que se seque nunca el borde de la aguada mientras se está extendiendo el líquido. No debe enderezarse el papel hasta que la aguada esté seca, para evitar que pueda correrse hacia atrás. No es conveniente mojar el papel de antemano porque de este modo se esponjaría el papel y la aguada no se extendería con uniformidad. Para que el color resulte perfectamente igual hay que proceder con tanta rapidez como cuidado. Es muy difícil corregir una aguada desigual. Los sitios oscuros pueden clarearse con una goma de borrar, y los demasiado claros se oscurecen con un pincel muy poco mojado.

**SUJECIÓN DEL PAPEL.** — Los delineantes sujetan su papel al trazar la orla o al construir una proyección, pero casi siempre tienen suelto el mapa sobre el tablero. Para sujetar el papel emplean chinchetas, pesas o tiras de esparadrapo, sobre las cuales pasa un rodillo.

**PASTA DE PEGAR.** — La mejor pasta para pegar es el *cemento de caucho*, que es caucho disuelto en benzol; esta pasta se prepara en tubos o en latas, siendo preferibles los primeros. Este pegamento se aplica a dos superficies, y cuando están casi secas se ponen en contacto y se aprietan entre sí. La pasta sobrante puede quitarse con los dedos o, mejor todavía, con una goma de borrar blanda. El cemento de caucho no esponja ni arruga el papel.

Para pintar una superficie se inclina el mapa ligeramente y se pinta hacia abajo. Antes de empezar a pintar se divide la superficie en secciones, cada una de las cuales se pinta rápidamente. Por ejemplo, al pintar de azul el mar se considera el mar libre como una sección, y las radas, golfos y bahías como otras tantas secciones; se pinta cada sección por separado y se deja una línea blanca entre cada dos adyacentes, que se rellena después con un pincel casi seco; mejor es proceder

pero tiene el inconveniente de que al cabo de pocos años se descompone y puede producir manchas grasientas. Por esa razón la *cola* líquida en tubos es preferible a las pastas, mucilagos y cementos.

**ESCUADRAS Y CARTABONES.** — Las reglas corrientes de meple con cruceta en un extremo son suficientes para el dibujo de mapas; las reglas en T con la cruceta giratoria sólo se emplean muy raras veces. Para el trazado de mapas basta, en general, con una escuadra pequeña y otra grande de ángulos 60° y 30°, y con un cartabón mediano (ángulos agudos de 45°). En el comercio se encuentran escuadras de celuloide de unos 2,5 mm. de espesor, que valen más que el precio, relativamente alto, que cuestan. En el equipo de un delineante cartográfico debe figurar una *regla de acero* dividida en centímetros. También conviene disponer de una escuadra de hierro para cuadrar la orla, así como de *plantillas curvas* para el trazado de meridianos y paralelos, pero muchos prefieren el empleo de una *regla metálica flexible*.

**ESTUCHE DE DIBUJO.** — Casi todos los fabricantes de instrumentos de dibujo preparan estuches con compases y tiralíneas. Un dibujante cartográfico debe disponer de un estuche con un buen compás, un compás de puntas, otro de alargadera, una bigotera para círculos de pequeño radio, y un buen tiralíneas.

Es de gran importancia el contar con un buen tiralíneas; se llena éste con el cañón de una pluma de ave, teniendo cuidado para que no se adhiera tinta en los lados ni por fuera de las cuchillas que forman el tiralíneas. Se trazan las líneas con el tiralíneas en posición vertical. Las cuchillas de tiralíneas no deben estar apretadas una contra otra para que la tinta pueda fluir con facilidad. Si el tiralíneas se apoya con alguna fuerza sobre el papel, puede obstruirse con fibras arrancadas de este último. Cuando se ve que la línea se interrumpe o que resulta demasiado gruesa se limpia el tiralíneas. Si no es posible dibujar rayas muy finas se afila el tiralíneas sobre una piedra de amolar de grano muy fino. Una buena lente ayuda mucho para comprobar el buen afilado de los tiralíneas y de cualquier otro instrumento o herramienta.

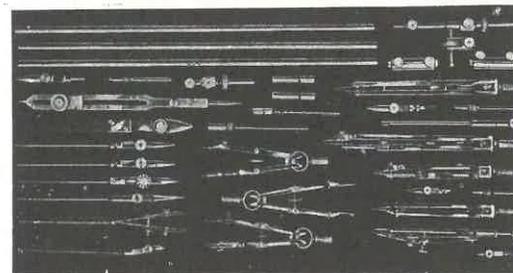


FIG. 129. — Estuche de dibujo.

También debe disponer un delineante cartográfico de algunos instrumentos más de dibujo; en primer lugar figura el *tiralíneas doble* o *tiralíneas de paralelas* (fig. 131), que consiste en dos tiralíneas unidos entre sí para el trazado de líneas paralelas muy próximas. Este tiralíneas es muy práctico, pero debe manejarse con

cuidado para que las dos puntas ejerzan igual presión contra el papel si se quiere que las dos líneas paralelas resulten exactamente iguales. El tiralíneas debe mantenerse siempre en posición vertical. Para el trazado de líneas paralelas que sirvan de pauta para el rotulado se emplea un instrumento análogo, pero con lápices en vez de tiralíneas.

*Tiralíneas demasiado apretado contra la regla*

*Tiralíneas inclinado hacia afuera de la regla*

*Tiralíneas demasiado pegado al borde de la regla: la tinta pasa por debajo*

*Parte exterior de las cuchillas del tiralíneas, llena de tinta, que corre por debajo de la regla*

*El tiralíneas no corre paralelamente al borde de la regla*

*La regla o la escuadra se mueve sobre la línea fresca de tinta*

*Tinta insuficiente para terminar la línea*

FIG. 130. — Faltas más corrientes cometidas por los principiantes en el uso del tiralíneas.



FIG. 131. — Tiralíneas loco y tiralíneas doble.

Se necesitan también varias escalas de madera, metal o celuloide para medir distancias; el delineante cartográfico emplea una escala de sección triangular con seis escalas distintas. Resulta muy conveniente el uso de una tira de papel milimetrado como escala, ya que el papel se adapta perfectamente al dibujo, reduciéndose así al mínimo el error de paralaje; pero debe compararse la longitud de la tira de papel milimétrico con una buena regla graduada, porque en esta clase de papeles pueden observarse errores hasta de 1 cm. por metro. Las escalas más usuales tienen de 30 a 45 cm. de longitud, pero conviene disponer de una buena regla metálica de 1 m. de largo para los mapas grandes.

*Regla para el trazado de paralelas.* Esta regla se emplea para trazar paralelas y para rayar con líneas paralelas muy próximas entre sí. Las oficinas cartográficas de cierta importancia cuentan con instrumentos especiales para este objeto, como el representado en la figura 132.

Hasta hace poco tiempo, no podía faltar en el despacho de todo cartógrafo un gran pantógrafo, pero en la actualidad ha perdido importancia su uso debido a que la mayor parte de las reducciones y ampliaciones se hacen fotográficamente. El principio del pantógrafo está fundado en la regla del paralelogramo, que puede deducirse de la simple observación de la figura 29. No conviene ampliar más de cuatro veces con el pantógrafo, por aparecer exageradamente aumentadas las pequeñas irregularidades del dibujo.

*Cámaras de ampliación.* Para la ampliación de mapas se emplean cámaras fotográficas especiales. El cristal esmerilado se substituye por un cristal ordinario que se cubre con un papel transparente sobre el cual se dibuja la imagen del mapa, bien iluminado y situado por delante del objetivo. Es fácil arreglar la cámara de modo que se obtengan reducciones en vez de ampliaciones. También es posible ampliar o reducir mapas con espejos o prismas, de tal modo que en una habitación oscura aparezca la imagen del mapa sobre el papel en que se quiere dibujar.

*Otros instrumentos.* De uso práctico para el delineante cartográfico son además: una *regla de cálculo* para las ampliaciones y reducciones; un *pulverizador* para fijar y resguardar los dibujos en lápiz y en carbón; para quitar las partículas de goma de borrar y el polvo se suele emplear una pluma de ganso, cuyo otro extremo puede afilarse para llenar los tiralíneas de tinta. También constituyen elementos muy convenientes para el delineante cartográfico un *afilalápices*, una *cesta de alambre* alargada para papeles y mapas y una cajita con papel de lija o con una lima fina para la punta de los lápices.

*TABLERO DE DIBUJO.* — El delineante debe tener a su fácil alcance todo lo necesario para el dibujo de mapas, atlas, croquis de campo, etc. Para trabajos delicados y para rotular, el delineante debe estar sentado convenientemente; es natural que no pueda rotular bien si está apoyado sobre un punto alejado del dibujo; por lo menos, cuando está pasando de tinta un dibujo tiene que cambiar continuamente la posición del papel, por lo cual ni originales ni instrumento ninguno deben estorbar el libre movimiento del

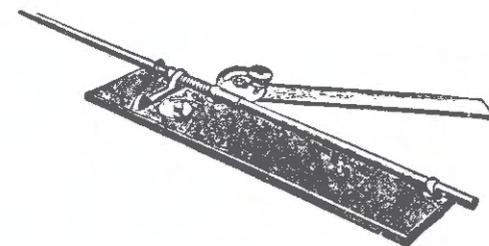


FIG. 132. — Dispositivo para el trazado de paralelas.

papel. Por esta razón el tablero de un delineante cartográfico no es igual que el de un arquitecto, un ingeniero o un topógrafo. La figura 133 representa un tablero ideado por el autor de este libro, que ha sido aceptado como muy práctico. Por detrás del tablero va fijado un bastidor para colgar

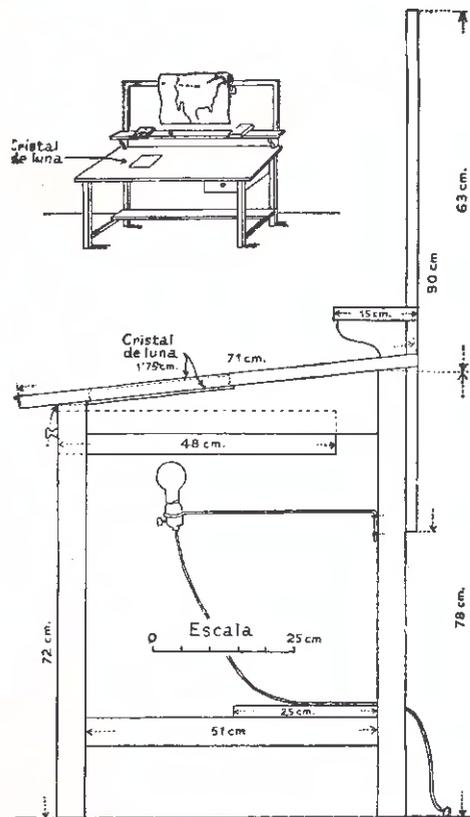


FIG. 133. — Vista de conjunto y de lado de un tablero de dibujo para delineantes cartográficos.

sobre el tablero, se colocan encima algunas bolsitas llenas de perdigones. En la parte superior del bastidor se dispone una luz de mercurio.

Para hacer copias lleva el tablero un rectángulo cortado de  $20 \times 25$  cm. que se cubre con un cristal grueso, de los llamados *lunas*, a ras exactamente con el resto del tablero. Por debajo de esta luna se instala una lámpara eléctrica; debajo del tablero se coloca un segundo cristal para evitar que se

caliente demasiado el primero. El papel de dibujo (a ser preferible de poco grosor) se sujeta al mapa original con esparadrapo y se mueve sobre el cristal como mejor convenga para la delineación. Este sistema es mucho más sencillo que el tan conocido de la *mesa de copiar*, con la tapa entera de cristal y varias lámparas por debajo.

Todos los instrumentos anteriores deben formar parte del equipo de dibujo de toda escuela profesional. Para los técnicos que no hayan de dibujar mapas para su publicación, es suficiente con el siguiente material:

- 1 lápiz HB.
- 1 lápiz 2H.
- Plumas Gillott de los núms. 290, 303 y 304.
- 3 portaplumas.
- 1 caja de dibujo con un compás, un tiralíneas y un compás de división
- 1 goma blanda de borrar.
- 1 cartabón de celuloide de 20 cm. de longitud en su lado mayor.
- 1 regla de madera con cruceta (regla de T).
- 1 frasco de tinta china.
- 1 pincel de pelo de marta del núm. 4.
- 2 hojas de papel fino bastante satinado de gran tamaño.
- 2 hojas de papel igual al anterior, pero más grueso.
- 1 cortaplumas.
- 1 rollo de esparadrapo o de papel engomado transparente.
- 1 transportador de papel.
- 1 caja de tubos de acuarelas de colores.
- 1 caja de lápices de color.
- 1 caja de tintas de colores: sepia, azul, rojo y verde.
- 1 cuaderno de papel de dibujo transparente.
- 1 frasco de blanco de retoque.
- 1 rollo de papel milimétrico.

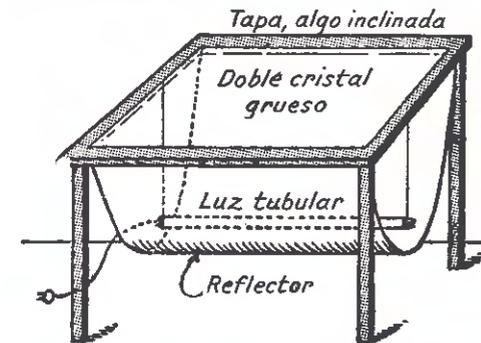


FIG. 134. — La copia de mapas y las aguas de color se hacen mejor con una mesa de tapa transparente.

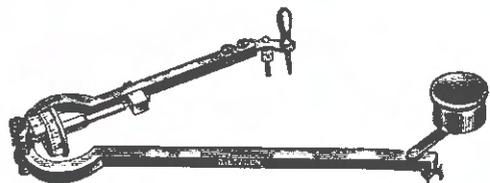


FIG. 135. — Los planímetros se emplean para medir superficies en los mapas.

ca, aceite, pinturas, brochas, pinceles, trementina, puntas de París, y algunas herramientas de mano. En el capítulo XXX trataremos del uso de estas últimas.

Si hay que preparar relieves topográficos, debe disponerse de una sierra eléctrica de *vaién*. Las sierras redondas pueden adquirirse en las tiendas de artículos para dentistas. También han de figurar entre el material necesario en este caso, cartones, yeso, plastilina, jabón verde, goma la-

## CAPÍTULO XVI

### REPRODUCCIÓN DE MAPAS

Hasta 1830, los mapas se reproducían por el procedimiento del grabado en cobre. Se dibujaba el mapa invertido (como visto en un espejo) sobre una plancha pulimentada de cobre y las líneas y letras se grababan en el cobre con un buril. Se llenaban de tinta de imprenta las partes grabadas, limpiando después muy bien el resto de la plancha. Al comprimir esta plancha sobre papel húmedo se obtenía una copia del mapa. Al cabo de unas 3.000 impresiones se volvía a grabar la plancha. Las líneas resultaban muy finas y perfectamente delimitadas, y el papel de tan buena calidad daba un aspecto de gran distinción a los mapas.

En el siglo XIX, una serie de inventos, como la litografía, el grabado en cera, el fotograbado, la tricromía, simplificaron el trabajo de la cartografía, dando lugar a mapas más baratos, pero la gran demanda y las enormes tiradas no siempre fueron acompañadas de la mejor calidad.

Los mapas para su reproducción pueden prepararse de alguno de los modos siguientes:

1. Línea.
2. Línea y tono.
3. Medios tonos.
4. Colores lisos.
5. Colores mezclados (rebajados).

La reproducción puede hacerse por uno de los procedimientos que siguen:

1. Fotograbado.
2. Litografía.
3. Grabado en cera.

El grabado moderno es una industria muy complicada, por lo cual sólo expondremos muy a la ligera sus principales características.

FOTOGABADO. — Este es el método más usado para el grabado de mapas pequeños, sobre todo de los que aparecen en los libros. Un dibujo que haya de ser reproducido por fotograbado de línea debe estar hecho con tinta china y en un tamaño de vez y media a dos veces mayor que el que haya de tener la copia. Todas las líneas deben estar perfectamente pasadas de tinta negra, y la distancia mínima entre las más próximas no debe ser menor de 2 a 3 décimas de milímetro. Los puntos deben ser más bien grandes; con mucha frecuencia se pierde en la reproducción el punto de la *i*. Hay que tener cuidado con no borrar demasiado por encima del dibujo, ya que la tinta puede debilitarse hasta el extremo de que no salgan las líneas en el fotograbado.

Para hacer un fotograbado se empieza por fotografiar el dibujo al tamaño que haya de tener la copia; se extiende el negativo, en una cámara oscura, sobre una placa de cinc sensibilizada y se saca una copia, por contacto, a la luz de una lámpara. Se cubre la plancha de cinc con bicromato de albúmina, que tiene la propiedad de endurecerse y hacerse insoluble al exponerse a la luz. Las líneas negras del dibujo resultan transparentes en el negativo fotográfico; al pasar la luz a través de las mismas se forman líneas insolubles en la plancha de cinc sensibilizada. La albúmina no atacada se elimina por lavado, y las líneas se refuerzan quemando en ellas una resina resistente a los ácidos; la plancha queda dispuesta para su tratamiento al agua fuerte, que consiste en cuatro o cinco corrosiones en ácido nítrico.

Una vez grabada la plancha con suficiente profundidad se limpia bien, se cuadra y se monta sobre un taco de madera. Las partes de gran superficie que no hayan de salir en la impresión se recortan, o se rebajan más aún, pues que de no hacerlo así pueden tomar alguna tinta del rodillo. Se tiran unas cuantas pruebas, y ya queda la plancha en condiciones de utilización. De ordinario, la tirada definitiva se hace en talleres distintos de los propios de fotograbado. Las líneas salientes del cliché quedan impresas en el papel, como los tipos corrientes de imprenta, y los tacos en que las planchas van montadas entran en la composición de los textos a la vez que las líneas de tipo propiamente dichas.

También puede emplearse una placa de cobre en vez de la de cinc; la preparación es la misma, excepto las sustancias químicas utilizadas, que difieren para uno y otro metal. Las líneas que se obtienen en el cobre son mucho más finas que en el cinc, por lo cual pueden ir bastante más cercanas unas de otras, e incluso cortarse formando retículas que no conviene intentar en el cinc, sobre el cual con gran facilidad se puede producir un empaste de líneas al proceder de este modo. El costo del fotograbado sobre cobre es, aproximadamente, doble que sobre cinc.

Si hay que hacer una gran tirada no debe emplearse la plancha original, sino copias galvánicas, llamadas de ordinario galvanos.

SOMBREADOS Y TONOS. — A veces es de la mayor importancia el que ciertas extensiones de un mapa resulten con un sombreado o una coloración uniformes. Con los grabados de línea sólo pueden obtenerse líneas y puntos negros (o de otro color *pleno* como el rojo o el azul). Para producir el efecto de tonos grises se recurre al grabado de líneas y puntos muy próximos entre sí.

1. *Tonos dibujados a mano.* Cuando un sombreado o un tono consiste en una serie de puntos pueden éstos hacerse a mano sobre el dibujo original. Estos puntos pueden disponerse en renglones regulares, pero por requerir este método una gran precisión y mucho cuidado es preferible situar los puntos irregularmente, pero siempre con la misma densidad en toda la superficie de que se trate. Esta «regularidad e irregularidad» da una impresión más acentuada de uniformidad.

Los tonos preparados con rayas paralelas se hacen mejor que nada con un rodillo de puntos o de paralelas, que es un dispositivo que no faltó en ningún taller de fotograbado. También pueden hacerse estas líneas paralelas con una regla de T, pero la operación requiere en este caso mucho cuidado y con mucha facilidad puede estropearse el rayado. No debe abusarse del reticulado: una red muy espesa de rayas cruzadas puede fácilmente empastarse a menos que la plancha empleada sea de cobre.

2. *Tintas o tonos con celofana.* En un método más moderno se emplea una hoja de celofana, que con los tonos ya impresos sobre la misma se pega sobre el mapa. Las tintas van aplicadas sobre la superficie de la celofana y pueden quitarse con toda facilidad; en los puntos en que no sean necesarias se raspan sencillamente. Téngase en cuenta que los tonos se reducen fotográficamente y aparecerán más finos sobre el mapa impreso. Sobre las partes negras pueden aplicarse hojas de celofana con líneas blancas. En el procedimiento *Zip-a-tone*, las líneas van en el fondo de la celofana, por lo cual no pueden borrarse ni rasparse, pero su efecto es más seguro porque están en contacto directo con el papel.

3. *Entintado por el método del pasado de trama.* En este sistema, el grabador da los tonos a la plancha de cinc o de cobre antes del mordido con el ácido, colocando sobre la plancha una trama de dibujo o agrisado diferente para cada tono que se quiera obtener. A través de los claros de estas tramas se pasa con un rodillo de mano una tinta resistente al ácido. Para que las tintas no pasen de los límites previstos en el dibujo, se preserva la parte interesada con una pintura protectora amarilla llamada *gutagamba*. Después se lava esta pintura con agua que no afecta a la tinta, y se siguen pasando los tramados necesarios. Después del tratamiento con el ácido nítrico, las rayas o puntos entintados permanecen inalterables y dan una impresión igual a la de las demás líneas.

Para preparar un dibujo para la aplicación del pasado de trama, todo

lo que el delineante tiene que hacer es colocar un papel transparente o una tela fina sobre el dibujo y marcar sobre el mismo las partes que hay que entonar, indicando el número de la trama correspondiente de la serie de que disponga el grabador. Si el tono ha de estar constituido por rayas paralelas, ha de indicarse también la dirección en que deben trazarse estas líneas.

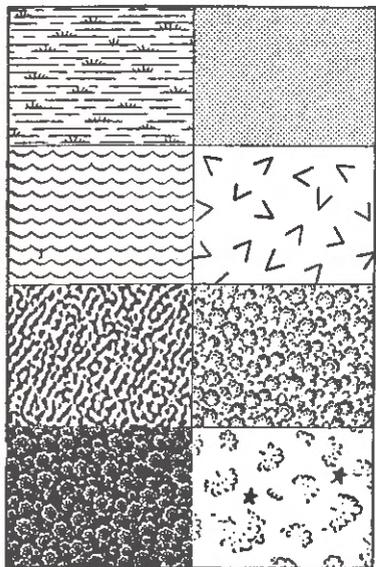


FIG. 136. — Las distintas clases de terreno se figuran en los mapas mediante signos normalizados.

Hay que tener muy en cuenta que el pasado de trama no se aplica al dibujo original, sino a la plancha misma, reducida ya al tamaño de la tirada, de modo que los tonos aparecerán lo mismo que en el catálogo de tramas. Estos catálogos suelen estar impresos en papel muy satinado, donde los tonos resultan más finos que sobre los papeles corrientes empleados en la edición de libros. Esta es la causa de no pocas sorpresas desagradables.

No hay inconveniente alguno en aplicar varios tipos de tramas en un mismo mapa, que pueden ir una encima de la anterior. El operador experto puede variar la intensidad del tono de la tinta corriendo ligeramente un extremo de la hoja con un tornillo micrométrico y pasando de nuevo por encima el rodillo con tinta. Más seguro es hacer un pasado para cada tono.

El pasado de trama es bastante costoso. El medio tono que se obtiene es en

realidad un tono gris uniforme que no puede lograrse con ningún otro procedimiento; esta media tinta se consigue con unos 40 puntos por centímetro (1.600 por centímetro cuadrado).

4. *Hojas de simple y de doble tono.* Se llama así a unas hojas de papel de dibujo sobre las cuales se marcan los puntos con tinta invisible. Se dibuja el mapa en estas hojas como sobre papel ordinario y aplicando con un pincel un revelador aparecen los puntos en negro en los sitios necesarios. Para el tono doble se emplean dos hojas que se tratan con dos reveladores.

MÉTODO DEL FOTOGABADO DIRECTO O DE MEDIOS TONOS. — Un clisé pluma imprime en negro, pero no da tonos grises. Por consiguiente, las fotografías y los dibujos lavados no pueden reproducirse con fotograbados de línea. Sólo se reproducen las medias tintas cuando éstas son descompuestas en muchos puntos; de modo que cuanto mayores sean éstos, más oscuro resultará el medio tono, y viceversa. Esto se consigue fotografiando el dibujo u origi-

nal a través de una trama formada por dos placas de cristal, cada una de las cuales lleva grabada una red de líneas paralelas muy finas. Estas dos placas van pegadas una contra otra con las líneas de una perpendiculares a las de la otra. Esta trama se coloca en la cámara por delante de la placa negativa. Al fotografiar un dibujo a través de ella, la luz reflejada por aquél se descompone en infinidad de rayos; las partes más claras impresionan la placa fotográfica con más intensidad que las oscuras. El número de líneas de estas tramas varía de 16 a 120 por centímetro; la más corriente es de 50 líneas por centímetro. Para tramas más finas se requiere el empleo de un papel de grano pequeñísimo.

Una vez obtenido el negativo a través de la trama, se somete a un proceso idéntico al del fotograbado sobre cobre. El cinc se emplea únicamente con tramas poco finas. El gris que se obtiene de este modo es algo más oscuro que el original. Las partes más blancas de este último aparecen de tono gris claro por efecto de la trama; en una reproducción con medios tonos no hay parte alguna completamente blanca a menos que se retoque. Una copia de esta clase se ve como si se mirara el original a través de un papel transparente. Las letras negras finas resultan más oscuras en los grabados directos, y los extremos de las líneas aparecen algo difusos, a causa del efecto de la trama. Por todas estas razones, se usan muy raramente los directos en los mapas, excepto para el sombreado plástico. Las figuras 1 y 29 están reproducidas por este procedimiento.

PAPEL ROSS. — Este papel tiene una superficie satinada con minúsculas protuberancias (especie de granos salientes). Si se dibuja con lápiz sobre un papel de esta clase, solamente quedan pintados de negro los granos salientes (más o menos, según la presión de la mano), y la superficie afectada por el trazado queda automáticamente disgregada en puntos muy finos. Con este dibujo puede hacer el grabador una plancha en cobre, obteniéndose así el efecto de una media tinta sin el empleo de trama alguna, de modo que las partes blancas del original resultan también blancas en la reproducción. Al contrario de lo que sucede al emplear tramas, las copias impresas por el método que estamos describiendo ofrecen un contraste más marcado que con la trama y resultan más oscuras que el original.

El papel Ross se usa para mapas con relieve en sombreado plástico, o

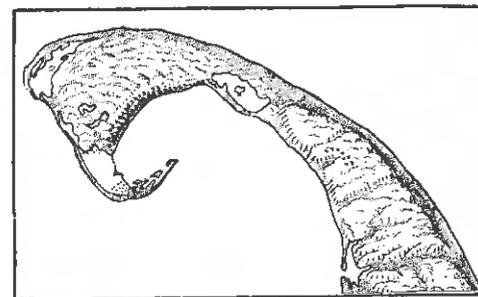


FIG. 137. — Grabado de un mapa dibujado con tinta y lápiz negro sobre papel granulado (Ross).

para mapas representados siguiendo el sistema morfográfico. Los nombres, ríos, costas, etc., pueden pasarse de tinta sobre papel Ross y resultarán más claros y mejor delimitados en la reproducción.

El esquema o esbozo de un mapa en papel Ross debe hacerse con lápiz azul; las copias tienen que hacerse con papel de calcar azul, porque la menor traza de negro puede salir en la fotografía. Un dibujo hecho en papel Ross no puede reducirse mucho a menos que se emplee una clase de grano muy grueso. Una gran ventaja del papel Ross es que puede emplearse también como encerado (pizarra); sobre una superficie ennegrecida se pueden trazar líneas blancas con toda facilidad. En manos expertas, el papel Ross se presta bien para la preparación de mapas en blanco y negro. El mayor inconveniente de esta clase de papel es que el esmalte de su superficie ensucia las plumas.

**SUPERPOSICIÓN DE LOS MEDIOS TONOS.** — Se emplea este método para evitar que los bordes de las líneas negras resulten poco limpios, como sucede en las impresiones con grabados directos. Se hacen dos dibujos, uno con todas las líneas y el otro con las montañas y demás medios tonos con lápiz o lavado. El grabador prepara un negativo pluma del dibujo primero, y un negativo directo del segundo, y después obtiene una prueba por contacto de cada negativo sobre *la misma* plancha de cobre sensibilizada que después se trata con el ácido del modo ordinario; la reproducción resultante presenta líneas negras perfectamente recortadas y superficies también negras sobre medios tonos, pero los tonos blancos y muy claros aparecen grisáceos por efecto de la trama.

**COLORES LISOS.** — Muchos mapas se reproducen en colores lisos, es decir, en colores que pueden ir unos sobre otros, pero sin variación de tonalidad ni de intensidad dentro de cada color. Los mapas para reproducción en colores lisos se preparan de distintas maneras.

1. Se hace un dibujo distinto en tinta negra para cada color. Cada dibujo se graba aparte y se imprimen uno sobre otro. Los dibujos se hacen ordinariamente sobre vitela, que es inalterable, en forma y tamaño, con la humedad. Todos los dibujos pueden hacerse sobre papel de la misma clase y han de llevar señales especiales para asegurar una exacta superposición. La combinación de colores se hace usualmente sobre una mesa con tapa de cristal iluminada por debajo.

2. Si el dibujante quiere ver el efecto final, sólo se hace un dibujo en todos los colores del mapa definitivo. De este mapa hace el fotógrafo tantas copias como colores tenga aquél, y en cada una de éstas se pasan con tinta china negra todas las líneas del color deseado para cada una. Se tratan después estas pruebas con una solución ácida de bicromato potásico hasta que sólo quedan las líneas retintadas.

3. Como no es cómodo trabajar sobre papel fotográfico, se saca una

prueba para cada color, en papel heliográfico, que se pasa de tinta. Tanto las fotografías sobre papel sensibilizado como las copias heliográficas son ordinariamente de mayor tamaño que el de la tirada definitiva. El dibujo original se puede hacer con un lápiz bien afilado y con lápices de colores.

4. Del dibujo original se hacen tantas negativas como colores del tamaño que haya de tener la tirada definitiva, y sobre cada negativa todas las líneas (que aparecen transparentes) se hacen opacas excepto las de un color. El dibujo original debe estar retintado por completo y no pueden emplearse más colores que el rojo, sepia, verde oliva y negro.

5. Si sólo se emplean en el original colores puros como rojo, verde, morado y amarillo, el fotógrafo puede usar los filtros que intercepten todos los colores menos uno, y los negativos así obtenidos se pasan directamente al grabador. No es preciso que los colores sean idénticos a los que después han de llevar los mapas impresos.

En los mapas con colores lisos conviene preparar una plancha pauta, ordinariamente la placa en negro, que contiene el contorno y las líneas más importantes, que sirve de gran ayuda para delimitar las tintas en los demás colores. Ordinariamente todas las líneas principales del mapa se imprimen sólo en negro; los demás colores se emplean para las tintas hipsométricas, para diferenciar la tierra del mar o para distintos países colindantes.

**TRICROMÍA.** — En casi todos los mapas de colores se emplean todos los tonos y matices de color, que se reproducen de ordinario por el método llamado *tricromía*, basado en la propiedad de los tres colores rojo, azul y amarillo, de dar por su mezcla todos los colores del espectro. Se empieza por hacer tres negativos del dibujo o mapa; uno a través de un filtro morado, otro por un filtro verde, y el tercero con un filtro de color naranja. Cada uno de estos filtros se emplea con un filtro de media tinta. El filtro morado deja pasar todos los colores menos el amarillo, resultando así en el negativo todas las partes amarillas; el filtro amarillo da una imagen de los verdes, y el naranja, de los azules. De este modo se tienen tres negativos de media tinta, de cada uno de los cuales se hace una plancha de cobre. Se hace una tirada de cada plancha con su propio color, obteniéndose una reproducción fiel del color original, pero menos brillante a causa del efecto de la trama. Para intensificar esta reproducción, se suele agregar una cuarta plancha en negro hecha con el filtro amarillo. Al preparar los colores para la tricromía hay que tener en cuenta que el filtro naranja filtra los azules de modo imperfecto, por lo cual para obtener el tono propuesto hay que preparar este color de modo que sea bastante más fuerte que el definitivo de la tirada.

**LITOGRAFÍA.** — En 1796, descubrió Alois Senefelder que una cierta piedra caliza de Kelheim (Baviera) tenía la rara propiedad de que, trazando líneas sobre ella con una tinta grasa o con un lápiz, mojándola con agua y

pasando por encima un rodillo con tinta grasa de imprenta, esta tinta se adhería únicamente a las líneas dibujadas y era repelida por la piedra limpia y húmeda. Dando a la piedra una mano de goma arábiga se mejoraban notablemente los resultados. Apretando la piedra así tratada sobre un papel se obtenía una impresión excelente. Estas impresiones pueden repetirse miles de veces. Últimamente se ha encontrado que, en vez de las piedras litográficas, tan costosas como pesadas, da el mismo resultado un plancha de cinc o aluminio finamente graneada, con la ventaja adicional de que puede emplearse una rotativa de gran velocidad, en vez de las máquinas planas litográficas.

Pocos mapas se dibujan directamente sobre piedra, porque ello supone hacer el original del mismo tamaño que las reproducciones y dibujar al revés como en un espejo. Generalmente, lo que se hace es dibujar el mapa sobre papel en tamaño mayor que el definitivo, obteniendo después una fotografía en tamaño reducido. Se coloca el negativo sobre un papel sensibilizado con bicromato de gelatina y se obtiene por contacto una impresión, del mismo modo que en el fotograbado. Se empapa después el papel en agua y se le pasa un rodillo impregnado en tinta grasa, que se adhiere solamente a las líneas. Estas líneas así tratadas se pasan a una piedra litográfica o a una plancha de cinc, que se moja, se impregna de tinta y se pasa a la prensa. El entintado, el medio tono y la impresión en colores se hace en litografía exactamente igual que en fotograbado.

Se llama *planografía* a una modalidad más sencilla de la litografía, en que se sensibiliza la plancha de cinc, y se obtiene una copia directa por contacto con el negativo. Una plancha planográfica es semejante a una placa de fotograbado sin corroer.

**MÉTODO DE IMPRESIÓN OFFSET.** — En este sistema el cilindro que lleva la plancha de cinc imprime primero sobre un cilindro intermedio de caucho y éste lo hace después sobre el papel. De este modo es posible emplear un papel más fuerte y más absorbente, sobre el cual aparecen las líneas mucho más finas. El dibujo sobre la plancha de cinc es directo y no invertido (especular), de modo que al invertirse sobre el cilindro de caucho hace que este último imprima una imagen directa del dibujo original.

El método de impresión offset constituye una evolución y un perfeccionamiento notables del procedimiento litográfico primitivo. Las planchas graneadas de cinc y de aluminio pueden tener grandes dimensiones (algunas llegan a los 2 m. de anchura). Unos aspiradores-impulsores automáticos (chupones-sopladores) alimentan de papel a los cilindros de la prensa; docenas de rodillos vibradores distribuyen la tinta con gran uniformidad en capas finas sobre la plancha, y ésta se humedece también con perfecta regularidad y firmeza mediante una serie de rodillos especiales. El cilindro de caucho toca con la plancha con tal precisión, que las líneas más finas no sufren altera-

ción alguna al cabo de decenas de millares de impresiones. El cilindro que lleva el papel pasa las copias ya tiradas a una cadena de descarga con un sistema de secado. En algunas máquinas, las copias se secan tan pronto que en la misma tirada se puede imprimir un segundo color. Una sola plancha puede dar 50.000 copias o aún más en muy pocas horas. Las hojas grandes pasan con tal precisión, que los colores superpuestos quedan perfectamente distribuidos. Los desajustes son más frecuentes en la preparación de las planchas monocromáticas que en la tirada propiamente dicha.

Corregir una plancha de esta clase es una operación tan difícil y costosa que a veces es preferible hacer una plancha nueva. Sobre los negativos se hacen retoques delicados con tinta opaca y cortando las líneas con punzones muy afilados. Casi todos los mapas que no van en el cuerpo de un libro se reproducen actualmente por este método. Las líneas resultan más finas que en el fotograbado y el procedimiento es más barato y más rápido que este último.

Al contrario de lo usual en el fotograbado, el litógrafo hace por sí mismo la tirada de las reproducciones, y señala el precio de todo el trabajo. En cambio, no entrega al cliente la piedra o la plancha de cinc, pues se aprovechan para otras reproducciones. Los retoques y las enmiendas son difíciles de ejecutar en litografía. Es fácil agregar algo, pero quitar líneas o puntos requiere el raspado de la piedra hasta la profundidad a que haya penetrado la grasa.

**GRABADO EN CERA.** — Este ingenioso procedimiento, iniciado en Norteamérica, en 1841, por Sydney Edwards Morse, consiste en extender sobre una placa bruñida de cobre una capa muy fina de cera, sobre la cual se graban las líneas con un estilete, hasta llegar al cobre, sin llegar a arañar al metal. Se espolvorea la cera con grafito muy fino, para hacerla conductora de la electricidad, y se sumerge toda la placa en un baño electrolítico, que deposita una película de cobre sobre la cera. Se desprende esta cascarilla metálica de la cera, se refuerza y se monta sobre un taco de madera, teniendo así una plancha con el dibujo en relieve análoga a las planchas de fotograbado.

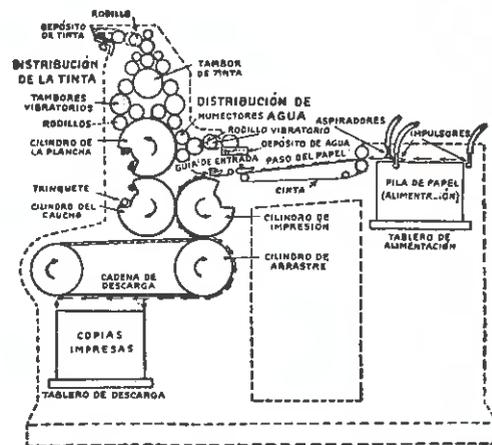


FIG. 138. — Con una prensa *offset* se hacen tiradas muy rápidamente, con gran finura y con poco costo. Un cilindro de caucho traslada el dibujo de la plancha al papel del cilindro de impresión.

La gran ventaja del grabado en cera estriba en la facilidad con que pueden estamparse sobre la cera rótulos compuestos con tipos de imprenta. Las medias tintas se graban muy bien en la cera con una máquina de rayar. Por esta razón los mapas hechos con este método llevan casi todos los nombres superpuestos y ofrecen un aspecto más bien *mecánico*. Para hacer tiradas en colores, se superponen rayados entintados de rojo, azul, amarillo y negro.

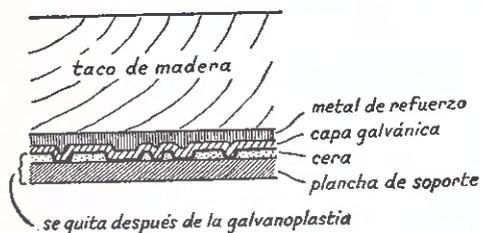


FIG. 139. — Grabado en cera.

Es muy raro que un grabador sea también geógrafo o cartógrafo; lo corriente es que sea un obrero especializado. Los mapas actuales grabados en cera presentan el mismo aspecto que los de hace un siglo, mecánicamente perfectos, pero sin arte. No obstante, este procedimiento es susceptible de gran perfección en manos más expertas.

El grabado en cera es algo más costoso que los anteriores. Para preparar un mapa que haya de grabarse en cera basta con bosquejarlo en lápiz, dejando que el grabador haga el resto. Con la cera no se emplean los métodos del medio tono ni de la tricromía.

Existen otros procedimientos para reproducir mapas, como el de la fotogelatina (huecograbado), etc.; pero el cartógrafo ordinario raramente ha de tener ocasión de aplicarlos.

**MÉTODOS DE COPIA DIRECTA.** — En estos métodos se reproduce un dibujo a igual tamaño que el original, sin fotografía alguna y en limitado número de copias. Estos procedimientos son muy útiles para el ingeniero, el arquitecto y el topógrafo más que para el cartógrafo, aunque su conocimiento, no sólo puede servir de ayuda a este último, sino que puede ofrecerle nuevas posibilidades. Son varios los centenares de patentes que amparan estos métodos, de los cuales sólo describiremos los más importantes.

1. *Hectógrafo*. Se prepara el mapa con tinta de escribir, o mejor aún, con un tinte de anilina, y se cubre con una hoja de gelatina húmeda. La gelatina absorbe parte de la tinta y puede producir varias docenas de copias antes de gastarse. Con este método pueden reproducirse escrituras a máquina y copias en papel carbón.

2. *Papel ferroprusiato*. Hace algunos años, no era posible imaginarse un trabajo de construcción (obras) sin un gran número de copias en papel

ferroprusiato; en la actualidad, este sistema está casi desbordado por el método de copias en blanco y negro. El mapa se dibuja sobre papel tela o papel transparente y se coloca sobre el papel ferroprusiato en un bastidor o prensa especial. Este papel lleva una película de sales de hierro sensibles a la luz. Por efecto de la luz del sol o de una lámpara de arco se descomponen estas sales y se vuelven de color azul al mojarse. Como por las líneas de tinta no pasa luz no se alteran las sales del papel y el dibujo aparece en blanco. Las copias en papel ferroprusiato obtenidas del negativo de un mapa se emplean frecuentemente como pruebas o *separatas* para la separación de colores.

3. *Copias en sepia (método de Vandyk)*. Este procedimiento es análogo al anterior, pero el baño sensible a la luz está compuesto de una emulsión de sales de plata y hierro en gelatina que produce una copia negativa muy clara en tono sepia obscuro, que a su vez puede utilizarse para obtener copias positivas. Estas copias se emplean con frecuencia como pruebas para mapas que duran un poco de tiempo sin revelado ni fijación. Si se quiere que no se desvanezcan se revelan con agua y se fijan con hiposulfito diluido.

4. *Copias en blanco y negro*. El papel para esta clase de copias se sensibiliza con un compuesto de nitrato que se blanquea por efecto de la luz, pero que forma una línea oscura debajo de las líneas cubiertas de tinta del original dibujado en papel tela o en papel transparente. Esta clase de papel se humedece con un revelador especial, pero no hay que lavarlo y por lo tanto no se deforma tanto como el papel azul o el sepia.

5. *Copias ozalid*. Este método es semejante al anterior, pero el revelado se hace con vapor de amoníaco.

6. *Mimeógrafo (multicopista)*. Se prepara el mapa dibujado con un estilete sobre un estarcido fibroso cubierto de cera que se coloca sobre un rodillo de tinta que se filtra a través del tejido en los puntos donde la cera ha sido cortada con el estilete. Con un solo *cliché* así preparado pueden obtenerse varios centenares de copias sobre papel absorbente mimeográfico.

7. *Litocopias*. Se llaman así a las copias obtenidas sobre un papel especial de propiedades *litográficas*, es decir, que repele la tinta de imprenta cuando está húmedo, y no solamente repelen esta tinta las partes mojadas (partes blancas entre las líneas negras), sino que se esponjan, resultando las líneas negras como grabadas y retienen la tinta como en la litografía de impresión profunda. También pueden obtenerse copias con medios tonos o sombreados por este procedimiento.

*LIBRO SEGUNDO*

**CARTOGRAFÍA ESPECIAL**

*QUINTA PARTE*

LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS  
SOBRE EL TERRENO Y DESDE EL AIRE

La Cartografía tiene por objeto el recoger datos y mediciones de determinadas partes de la superficie terrestre y representarlas a tal escala reducida que sean apreciables los detalles que más interesen en cada caso. Esta quinta parte de que vamos a tratar a continuación se refiere a los métodos empleados para tales mediciones y a los levantamientos topográficos en general. Claro está que esta parte no pertenece propiamente a la Cartografía, pero creemos oportuno consignarla aquí porque un cartógrafo, y hasta un delineante cartográfico, deben conocer tales métodos topográficos, por lo menos para comprender su alcance. No puede decirse que un delineante cartográfico o un cartógrafo dominen su profesión si no tienen bastantes conocimientos sobre Topografía y Geodesia. Los capítulos siguientes contienen el minimum de los conocimientos que todo geógrafo debe poseer sobre estas materias. Además, la práctica en el campo de la topografía ayudará considerablemente al cartógrafo a relacionar mentalmente el mapa con el terreno representado.

## CAPÍTULO XVII

## LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS

Un punto cualquiera de la superficie de la Tierra puede referirse a otro dado conociendo la distancia y el rumbo del segundo al primero. Estos conceptos de distancia y rumbo son muy sencillos cuando se trata de tan pequeñas extensiones que pueden considerarse como planas. El problema es mucho más complicado cuando las superficies son tan grandes que hay que tener en cuenta la curvatura de la Tierra. Las mediciones de direcciones y distancias en un plano constituyen la Topografía clásica, mientras que la Geodesia efectúa tales observaciones habida cuenta de la curvatura terrestre.

**DISTANCIAS.** — Cuando el topógrafo habla de distancias se refiere a distancias medidas sobre un plano horizontal, que son las que después han de representarse en los mapas.

Para la medición de distancias se emplean diferentes unidades; unas derivadas de las dimensiones del cuerpo humano, como el pie; otras del caminar del hombre, como el paso, y otras, de las dimensiones de la Tierra, como el metro y la milla náutica. Los países que han adoptado el sistema métrico decimal emplean como unidad fundamental para las distancias el metro. En aquellos que aún usan las medidas inglesas, las unidades principales de longitud son el pie y la milla.

El método más rudimentario para medir distancias es a pasos, y sólo se emplea para mediciones aproximadas; pero tratándose de distancias cortas entre puntos dados este método da resultados muy aceptables. Además, los pasos de las diferentes personas son muy desiguales, por lo cual sólo son utilizables los datos de número de pasos cuando se conoce la longitud del paso, que suele medirse sobre una cinta de 100 metros; una vez conocida la relación entre paso y metros, se reducen fácilmente aquéllos a estos últimos. Los pasos deben sucederse con uniformidad y a velocidad normal: es una equivocación el dar pasos demasiado largos para medir distancias. Los pasos se cuentan de dos en dos o de cuatro en cuatro. Cuando las distancias son grandes puede usarse un podómetro. Los pasos resultan siempre un poco más largos en cuesta abajo y algo más cortos en cuesta arriba. Más dife-

rencia aún tiene lugar entre las medidas a pasos en caminos, praderas o monte bajo.

Los agrimensores usaban primeramente una cadena de 20 metros para la medición de distancias; en la actualidad emplean con más frecuencia cintas de acero de 30 metros. También se emplean reglones de 5 metros de longitud. Para mediciones de gran exactitud, como cuando se trata de bases de triangulación, se emplean cintas de metal invar, repitiendo la medida varias veces en uno y otro sentido. El error más considerable que se comete en las mediciones directas de distancias se debe a la inclinación del terreno o de la cinta. Los reglones se colocan horizontalmente y el extremo que queda al aire se proyecta sobre el suelo mediante una plomada. Las cintas se curvan hacia abajo por su propio peso, y hay que mantenerlas tensas con una cierta fuerza bien determinada para que la medida sea correcta.

Un mismo objeto observado dos veces, la segunda a doble distancia que la primera, se ve la mitad de largo en la segunda vez. En este principio está basado el método *estadimétrico*: se mira una regla graduada (mira) sostenida verticalmente a través de un anteojo en cuyo retículo hay dos líneas horizontales; mientras más lejos está la mira, mayor parte de la misma queda comprendida entre los dos hilos del retículo. En la figura 140 se ve que  $D:S = f:i$ . Los anteojos se hacen ordinariamente de modo que  $f:i = 100$ , resultando así que  $D = S$ . La mira está dividida en centímetros y cada división equivale a 1 metro de distancia.

La medición se complica cuando el terreno no es horizontal, pero hay tablas, ábacos y reglas de cálculo para deducir con rapidez el valor del desnivel (distancia vertical) y de la distancia horizontal que se llama reducida al horizonte.

El sonido se propaga en el aire con velocidad de 232 metros por segundo, mientras que la luz lo hace tan velozmente que puede considerarse su

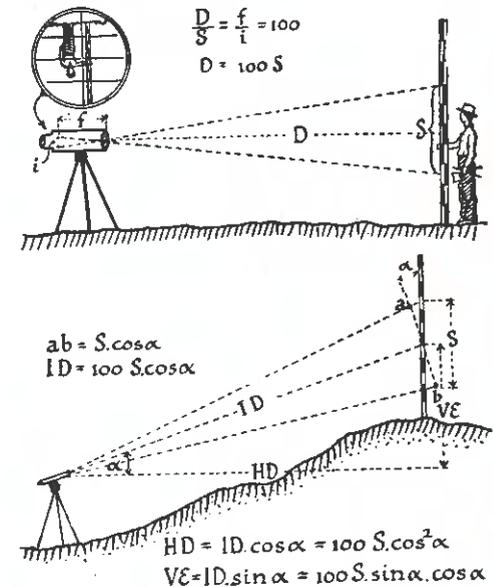


FIG. 140. — En el método estadimétrico se miden las distancias leyendo sobre la mira la parte que se ve con el anteojo entre los dos hilos del retículo.

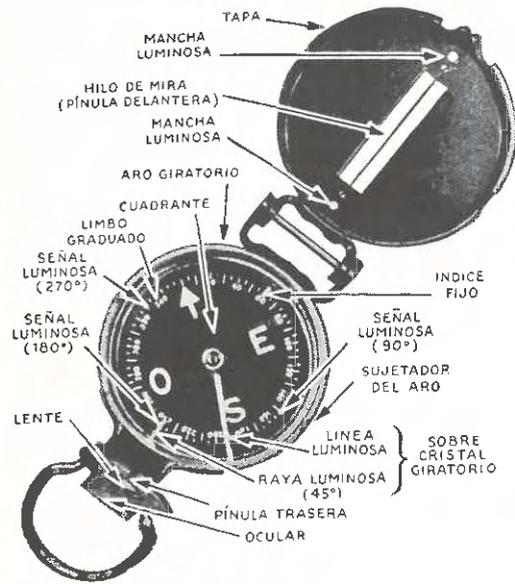


FIG. 141. — Una buena brújula de mano, con pinulas, da una precisión de 1° aproximadamente.

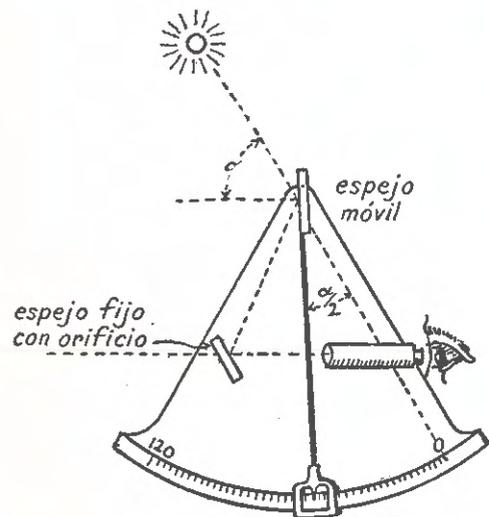


FIG. 142. — El sextante se emplea principalmente en los buques para medir la altura del Sol o de otras estrellas. También puede emplearse para medir ángulos horizontales.

propagación como instantánea dentro de todas las distancias que se presentan en la práctica. La diferencia entre el resplandor y el sonido de una explosión más o menos grande sirve para medir la distancia a que aquélla se produce, teniendo en cuenta la velocidad del viento y demás condiciones atmosféricas. Las distancias en el mar se miden frecuentemente por el eco de un rayo dirigido (radar), pero con más exactitud mediante una señal acústica que emite una estación de radio y es contestada o devuelta por una estación costera de posición conocida (estima u orientación radioacústica).

El topógrafo no puede observar todos los puntos del terreno que está midiendo y ha de rellenar a ojo todos los espacios comprendidos entre los puntos observados para que el mapa resulte lo más completo posible. Teniendo en cuenta el tamaño de los árboles, casas, torres, personas, etc., se puede apreciar la distancia que nos separa del punto en que se hallan con un 10 por 100 de error nada más.

**RUMBOS O DIRECCIONES.**—Las direcciones de la visual de un punto a otro se refiere de ordinario al norte o una dirección establecida de antemano. El ángulo contado desde el norte en el sentido de las agujas del reloj se llama *acimut* si se trata del norte verdadero, *rumbo* si éste es el norte magnético, y en gene-

ral *dirección*. Estos ángulos se miden con una brújula, un sextante, una alidada, un teodolito o con algún otro instrumento especial.

**Brújula.** El instrumento más sencillo para la medición de ángulos horizontales es la brújula de pinulas, con la cual puede apreciarse hasta el medio grado, pero hay que procurar no estacionarse cerca de objetos de hierro o de acero, sobre todo si se trata de objetos muy largos, como railes, alambradas, etcétera. No es fácil la lectura de una brújula, y es difícil mantenerla con la aguja quieta. La aguja imantada se orienta hacia el norte magnético, cuya variación respecto al norte verdadero varía de año en año. La variación (declinación magnética) se suma o se resta, según su signo, al rumbo magnético cuando se quieren obtener acimutes verdaderos. Por variar la declinación con el tiempo, debe tomarse siempre su valor más reciente.

**Sextante.** Es un instrumento náutico que sirve para medir la altura del Sol sobre el horizonte, pero que puede utilizarse también para medir ángulos horizontales. Livingstone lo usó en África, y es muy apropiado para exploraciones o levantamientos expeditivos. En la figura 142 se ve el fundamento del sextante.

**Teodolito.** Instrumento de precisión para la lectura de ángulos verticales y horizontales que constituye el elemento principal del equipo de un topógrafo. Por no corresponder al carácter de este libro no describiremos con detalle el teodolito, con sus ajustes tan precisos y sus correcciones tan delicadas. Para leer ángulos horizontales se nivela primero el instrumento mediante dos niveles de alcohol perpendiculares entre sí. El anteojo va unido a un círculo vertical provisto de nonio que puede girar sobre otro círculo horizontal graduado. Amordazando este último y haciendo girar el anteojo

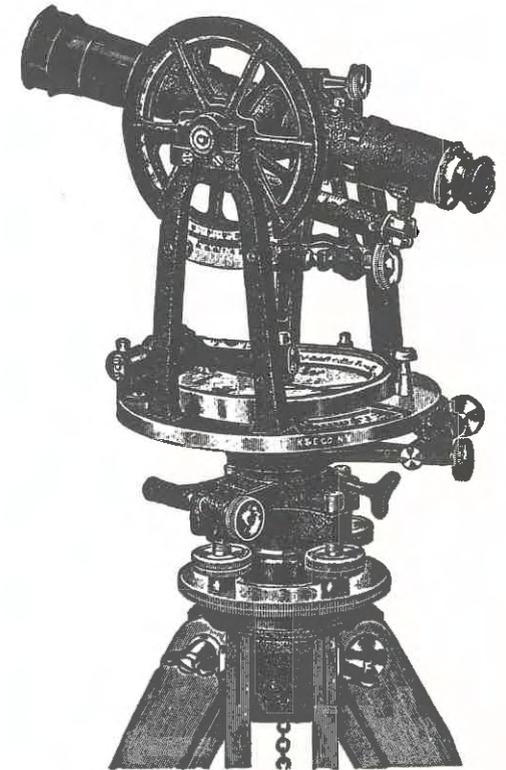


FIG. 143. — Con un teodolito pueden medirse, con gran precisión, ángulos verticales y horizontales.

con su círculo en una y otra dirección la diferencia entre las dos lecturas da el ángulo entre tales direcciones.

Los ángulos verticales se leen sobre el círculo vertical, pero es preciso leer a partir exactamente del horizonte, para lo cual lleva el anteojo unido firmemente un nivel de alcohol de gran sensibilidad.

**Nivel de alcohol.** Consiste este nivel en un tubo de vidrio ligeramente curvado y casi lleno de una mezcla de éter y alcohol. El hueco que queda se llena con vapor de éter que forma la burbuja del nivel. Cuando la burbuja se encuentra en el centro del tubo, el nivel está horizontal. Cuanto mayor es el radio de curvatura del nivel, más sensible es este último.

**Nonio.** El nonio es una pequeña escala auxiliar que sirve para leer fracciones de las menores divisiones de la escala principal. Se emplea el nonio en los instrumentos de precisión, tanto para distancias como para ángulos. El nonio para la medición de distancias tiene sus divisiones, generalmente menores que las de la escala principal en 1/10 parte de las mismas;

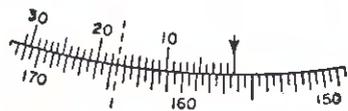
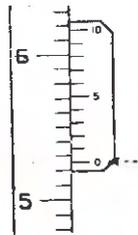


FIG. 144. — Los nonios sirven para leer con gran exactitud longitudes y ángulos. La flecha se halla sobre la parte móvil o nonio propiamente dicho.

va unido de ordinario a la parte móvil del instrumento. En la figura 144 se ve un nonio lineal y otro circular; en los dos casos se comprende fácilmente la manera de leer los nonios. En el primero, se lee a partir de la última división de la escala principal, 52 en este caso, y después se ve cuál es la división del nonio que coincide con una división de la escala principal, y esta división representará las décimas, es decir, que la lectura completa será 52,6. En los nonios circulares está dividido el círculo principal en medios grados; el nonio, cuya longitud es igual a 29 divisiones del círculo principal, está dividido en 30 partes iguales; el nonio apreciará, por consiguiente, trigésimas partes de una división de la escala principal, es decir, 1 minuto. La última división contada sobre la escala principal, en el caso de la figura, es  $156^{\circ}$  y la división del nonio que mejor coincide con otro de la escala principal es la 17; luego la lectura completa será  $156^{\circ} 17'$ .

MÉTODOS DE LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS

**ITINERARIOS DE BRÚJULA.** — Este es el método más sencillo, pero no el más fácil para hacer trabajos topográficos de campo. Un itinerario consiste

en una serie de alineaciones rectas sobre la superficie terrestre, cuyas longitudes y rumbos se determinan directamente en el campo. Los primeros levantamientos se hicieron por este método; así se hicieron los mapas portulanos, tomándose los rumbos con brújula y las distancias a ojo. Este mismo procedimiento emplearon los primeros exploradores, aunque quizá más perfeccionado, contando los pasos de sus caballos; en las expediciones moder-

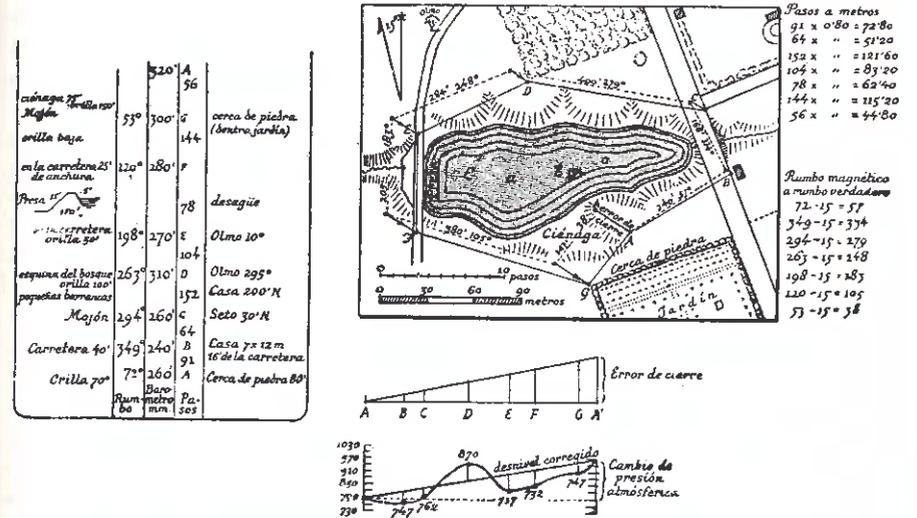


FIG. 145. — Los itinerarios con brújula de bolsillo y podómetro sólo se aplican a los reconocimientos. En el campo se toman datos nada más, y el mapa se dibuja en gabinete.

nas se determinan las distancias con el velocímetro (odómetro). El método en sí mismo es poco preciso y sólo se usa para reconocimientos. Si un operador que ha hecho el levantamiento de una zona con brújula y a pasos llega a otra zona colindante donde termina el itinerario sin volver a la primera no se tiene comprobación sobre la bondad del trabajo a menos que ambas zonas estén situadas por otro procedimiento. A tal sistema se llama de *itinerario abierto*; en el itinerario cerrado se vuelve al punto de partida, donde se comprueba el resultado del levantamiento. Siempre que sea posible deben hacerse los itinerarios cerrados.

Los itinerarios de brújula y a pasos se anotan en un cuaderno sin trazar mapa alguno, ya que la marcha de una columna o de una expedición no da tiempo para ello. Se empieza por dirigir una visual con la brújula a un punto que se considere conveniente como segunda estación. Se lee el rumbo con todo cuidado en grados enteros a partir del norte magnético, de  $0^{\circ}$  a  $360^{\circ}$  en el sentido de las agujas del reloj, y se anotan las lecturas en la pri-

mera columna del cuaderno, empezando por abajo, tal y como se ve en la figura 145. Para tener en cuenta los desniveles se lee al mismo tiempo el barómetro, anotando la lectura en la segunda columna. Se mide a pasos la distancia en línea recta desde el punto A al siguiente B y se anota en la última columna de la derecha. Se repiten estas operaciones para cada turno, hasta que se vuelva al punto de partida. Se logra una mayor precisión mirando desde cada estación al punto siguiente y al anterior. Como estos itinerarios tienen por objeto la formación de un mapa, se van tomando detalles a derecha e izquierda de las mismas. Si se contornea un lago o se sigue el curso de un río, debe anotarse para cada estación su distancia a la orilla, como se ve en el ejemplo de la figura 145. También puede hacerse una triangulación *grosso modo*; si se pasa cerca de alguna casa, montículo u otro detalle interesante, se le dirige una visual desde una estación, anotándose el rumbo en la libreta, y cuando se vea desde otra estación se vuelve a visar, y al desarrollar el plano la intersección de ambas visuales dará la posición del detalle observado. También es de la mayor importancia el dirigir visuales a detalles laterales, aunque las distancias se estimen a ojo. Muchos levantamientos hechos con brújulas fracasan porque los principiantes se enfrascan de tal modo en la observación del itinerario que olvidan su verdadero cometido: el de tomar todos los datos necesarios para dibujar un mapa de la zona recorrida.

Se hace una relación de los tramos y se convierten los pasos en metros; para ello se cuentan los pasos que pueden darse sobre una cinta de 100 metros de longitud sobre un terreno ordinario. Por ejemplo, si se dan 125 pasos en 100 metros, se divide el número de pasos por 1,25 para tener el de metros, o se multiplica dicho número por 0,80 m., que es la longitud del paso. Conviene preparar una escala para tomar sobre ella las distancias. También es conveniente transformar las lecturas magnéticas en acimutes verdaderos, sumándole o restándole la declinación local.

El mapa se prepara en el gabinete o en el campo. Se escoge la escala y se fija sobre el tablero un papel de tamaño adecuado. Se determina aproximadamente la forma y tamaño del mapa y se sitúa la estación A en su correspondiente posición. Con la regla en T se traza una línea vertical que indicará el norte a partir del punto A hacia arriba; sobre esta recta se toma la primera lectura de la brújula con un transportador. Sobre la línea así trazada se toma la primera distancia en pasos (medida sobre la escala adoptada), y así se tiene el punto B. Se traza ahora otra vertical en el punto B con la regla en T, se toma el rumbo y la distancia correspondientes al punto C, que queda así fijado; se continúa de este modo hasta cerrar el itinerario, que si se ha observado con exactitud terminará en el mismo punto de partida A. Claro está que las lecturas de la brújula pueden ser erróneas en un grado o más, y también los pasos pueden variar, sobre todo en terrenos

accidentados o con matas, por lo cual siempre hay un *error de cierre*. Cuando este error es demasiado grande, por ejemplo, si es superior al 5 ó 10 por 100 de la longitud del itinerario, hay que repetir toda la operación. Si el error es pequeño puede repartirse entre todo el itinerario del modo indicado en la figura 145; por cada estación se traza una paralela al error de cierre y se lleva al punto final A' a coincidir con el de partida A. El punto C se corre sobre la paralela trazada por el mismo en menor longitud que el A, el punto F menor aún, y así sucesivamente. La longitud en que hay que correr cada estación depende de la distancia; los tramos o ejes del itinerario, reducidos de ordinario a una cuarta o a una décima parte, se toman sobre una línea recta, y en su extremo se levanta una perpendicular sobre la cual se toma el error de cierre. Por los puntos B, C, D, etc., se levantan perpendiculares cuyas longitudes corresponden al error de compensación para cada uno de ellos. Todo sucede como si el itinerario se materializase con un alambre doblado en cada estación y se llevase un extremo (A') sobre el otro (A). No importa qué vértice se lleva sobre su correspondiente; si A se lleva sobre A', el error de cierre deberá tomarse a la izquierda y el triángulo quedará invertido respecto a su posición cuando el vértice A' se lleva sobre el A.

Una vez compensado el error de cierre y dibujado el itinerario, se rellena el mapa con los detalles tomados a uno y otro lado de aquél. Todo el rotulado, la escala, etc., deben ir perpendicularmente al Norte verdadero.

Cuando el terreno es montañoso se hacen lecturas barométricas en cada estación, para lo cual conviene disponer de un aneroides que indique directamente metros de altitud. Si se conoce la cota exacta del punto de partida se gira el índice de modo que marque su altitud, pero si no se conoce se deja el barómetro como esté al llegar a la estación; la lectura será diferente de la del día anterior, teniéndose una comprobación en la variación de presión atmosférica dada por el mapa diario del tiempo. Es posible que la lectura barométrica al terminar el itinerario sea diferente de la hecha al iniciarlo: el error de cierre en altura que así resulta se compensa de modo análogo a como se hizo la compensación del error de cierre lineal, como se ve en la figura 145. Se traza para ello un perfil según las alturas leídas en el barómetro, y si al volver al punto de partida la lectura es diferente, se une el punto final con el de arranque, obteniéndose una nueva línea inclinada, respecto a la cual se toman las altitudes corregidas, medidas sobre la escala vertical de la izquierda.

Todo cartógrafo debe hacer prácticas de itinerarios con brújula para aprender a enjuiciar sobre la selección de detalles representables y para acostumbrarse a la apreciación de distancias, cosa esta última de gran importancia y utilidad.

**PLANCHETA.** — El levantamiento con plancheta es el trabajo topográfico más importante que puede realizar un cartógrafo. Este procedimiento es bastante más exacto que el itinerario con brújula y a pasos y tiene la enorme ventaja de que el mapa se traza en el campo mismo. Es muy curioso el

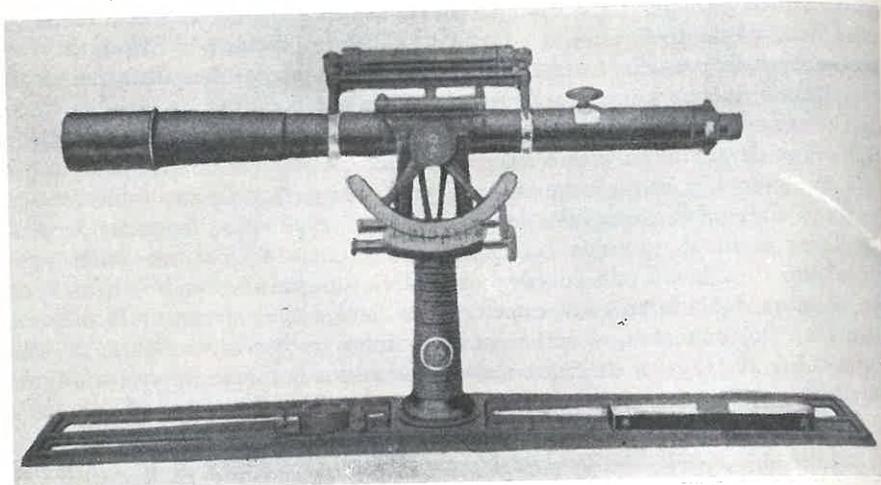


FIG. 146. — Con la plancheta se rellena perfectamente una red de triangulación. El anteojo-alidada con retículo estadimétrico supone un adelanto incalculable sobre la primitiva alidada de pínulas (una regla con dos agujas).

ver cómo el paisaje que se contempla se va transformando en mapa; y como la relación entre uno y otro salta a la vista, es raro que se cometan errores.

La plancheta consiste en un tablero de dibujo montado sobre un trípode. Sobre el tablero se fija una hoja de papel bien liso. El mejor tipo de trípode es el rematado por una articulación de rótula que permite colocar el tablero horizontalmente con la ayuda de un nivel esférico de burbuja. El trípode lleva dos tornillos: cuando se aprieta el de arriba, el tablero puede hacerse girar en sentido horizontal; una vez orientado el tablero se fija firmemente el tablero apretando el tornillo inferior.

Sobre el tablero se toman las direcciones mirando por una alidada, la más sencilla de las cuales consiste en una simple regla con dos agujas verticales clavadas en sus extremos; pero la observación resulta mucho más precisa empleando un anteojo-alidada, con el cual no solamente pueden medirse las distancias con cierta exactitud, sino también los ángulos verticales, además de permitir el trazado de las curvas de nivel.

Las distancias se miden con una mira (fig. 140) de 3 metros de longitud y dividida en decímetros y centímetros; como estas divisiones tienen que verse desde lejos, la mira se pinta en colores alternados, blanco, rojo y negro.

Primero se dirige el anteojo hacia la mira y se enfoca ésta con toda precisión; después se enfoca el retículo, para lo cual suele disponerse la palma de la mano unos centímetros por delante del objetivo del anteojo, sobre la cual se destacan limpiamente los hilos del retículo cuando están bien enfocados; se mueve después el anteojo un poco arriba y abajo, hasta que uno de los hilos del retículo coincida con una división exacta de la misma. En terrenos con arbolado son muchas las veces que sólo puede leerse con medio retículo, y en estos casos hay que multiplicar por 2 la lectura, con la consiguiente pérdida de precisión. Es evidente que una mira de 3 metros no puede leerse a más de 300 metros, pero en caso necesario puede leerse con medio retículo hasta 600; pero esta observación puede ser errónea en más de 15 metros.

*Lecturas inclinadas.* Una alidada de anteojo es un instrumento excelente para medir distancias horizontales y desniveles. A ser posible debe dirigirse la visual a la mira de modo que el centro del retículo caiga a una altura igual a la de la plancheta; si la visual a la mira no es horizontal, hay que sumar o restar la diferencia. Casi todas las alidades de anteojo están provistas de un círculo *Beaman* con el cual se determinan fácilmente los valores de *HD* y *DE*; la lectura de mira (sin multiplicarla por 100) se multiplica por los números que señala el índice para obtener *DE* y la cantidad que hay que restar a *ID*.

*Levantamiento con plancheta.* En primer lugar hay que formarse una idea general del terreno dando un paseo a pie o a caballo o consultando mapas ya existentes de la zona de que se trate. Se escoge un buen punto de partida (estación *A*) desde el cual se domine una extensión considerable de terreno en todas direcciones. Se señala este punto con una estaca larga que pueda ser visible desde otras estaciones. Se coloca el trípode sobre el punto *A*, se nivela el tablero, se amordaza el tornillo superior y se gira el tablero de modo que el lado mayor del papel apunte hacia la longitud mayor del terreno, y entonces se aprieta el tornillo inferior, quedando así el tablero perfectamente fijo. Se traza sobre el mismo una línea que indique el norte magnético (muchas planchetas llevan una pequeña brújula). Se elige una escala de modo que la superficie que se va a levantar quepa toda dentro del papel; esta es una de las razones que aconsejan el reconocimiento previo del terreno. Se ve la distribución aproximada del mapa sobre el papel y se marca la estación *A* con un alfiler. Se dice al peón portamiras lo que tiene que hacer y se convienen las señales que han de hacerse con las manos cuando se halle a distancia; el portamiras, por su parte, ha de escoger los puntos de modo que tenga buena visibilidad y debe mantener la mira perfectamente vertical e inmóvil hasta que el operador le haga señales para que se traslade a otro punto; en cada punto ha de dejar clavada una estaca corta, de las cuales llevará un número prudencial. Una vez que desde *A* se han tomado todos los puntos posibles por radiación, se escoge

la segunda estación *B*, extremando el andado al hacer las lecturas correspondientes a la misma; el portamiras se traslada a la estación *A* y el operador a la *B*, donde clava una estaca larga, colocando el tablero horizontal; aprieta el tornillo superior y dirigiendo la alidada hacia *A* hace girar el tablero hasta que la estaca de *A* se vea con el anteojo invertido. Así se tiene nuevamente orientado el tablero, y ya puede apretarse el tornillo inferior. Se envía entonces al portamiras a que recorra otra parte del terreno, repitiendo las operaciones hechas en la primera estación sobre los nuevos puntos en que vaya colocando la mira. Una buena costumbre consiste en recorrer previamente el terreno, levantando un itinerario con brújula y eligiendo los puntos más convenientes para la observación con plancheta.

Mientras el peón portamiras va de un punto a otro, el operador *croquiza* la parte de terreno comprendida entre tales puntos. Si, por ejemplo, el peón coloca la mira en una esquina de una casa, se toman las otras esquinas visándolas con el anteojo, pero sin leer las distancias. La corrientes de agua se dibujan tomando muy pocos puntos. Es muy conveniente hacer reseñas de los puntos con letra muy pequeña y con un lápiz muy afilado. Algunos operadores tienen una letra tan menuda que para su lectura hay que recurrir a una lupa. Otros llevan un cuaderno de reseñas y van numerando los puntos para que sirvan de referencia los números del mapa.

Las curvas de nivel se trazan también en el campo. Se toman las lecturas de *HD* y *DE* correspondientes a los montículos, lomas, vaguadas y a todos los puntos en que cambie la pendiente o la orientación del terreno. En las laderas largas y de pendiente uniforme basta dibujar las curvas de nivel de cinco en cinco nada más; pero en terrenos quebrados deben dibujarse una a una en el tablero todas las curvas de nivel. Un topógrafo bien entrenado adquiere pronto un sentido muy aguzado del relieve y con pocos puntos observados puede completar las curvas de nivel. Pero los principiantes encuentran muchas dificultades en esta labor, especialmente en terrenos con árboles, donde algunos de éstos con bastante altura pueden ocultar pequeños detalles, pero interesantes, que ayudan a representar el relieve.

Muchos puntos se determinan por intersección de dos visuales desde otras tantas estaciones por una especie de triangulación elemental. Como la distancia entre cada dos estaciones es de gran importancia, se deben hacer las lecturas recíprocas siempre que sea posible. También es conveniente mirar desde cada estación a un punto notable que caiga dentro de la hoja, anotando el rumbo para tener así una comprobación sobre el cierre de todo el levantamiento. Es recomendable también el comprobar de vez en cuando el norte magnético; si se observa alguna discrepancia debe anotarse como referencia, pero sin cambiar la orientación del tablero, ya que este error puede ser sólo aparente debido a perturbaciones magnéticas locales. Con la alidada pueden leerse los ángulos con unos cuantos minutos de aproximación,

mientras que con la brújula no puede apreciarse menos del medio grado. El trabajo de campo no queda completo si no se toma toda la información necesaria acerca de los nombres de ríos, caminos, montañas, etc.

La descripción que acabamos de hacer sobre los levantamientos con plancheta es suficiente para los delineantes, cartógrafos y estudiantes. Los topógrafos profesionales emplean métodos de más precisión, registros más completos y comprobaciones más exactas.

**TRIANGULACIÓN.** — Los principios en que se funda la triangulación fueron expuestos por primera vez en 1524 por Gemma Frisius, y la teoría geométrica se remonta a la Antigüedad; la primera aplicación práctica de que

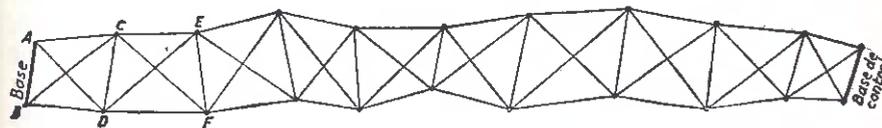


FIG. 147. — En la triangulación sólo se miden algunos lados; los demás puntos se determinan por ángulos.

tenemos noticia tuvo lugar en 1610, por Willem Janszoon Blaeu. En el capítulo IV nos ocupamos ya de la triangulación de Francia, llevada a cabo por César F. Cassini, primera de estas operaciones, con carácter de gran envergadura y que fue seguida muy de cerca por casi todos los Estados europeos. En la actualidad se halla triangulada menos de la mitad de la tierra firme de nuestro Globo.

Un punto cualquiera puede fijarse desde otro conocido por la distancia entre ambos y por el acimut de la línea que los une. Si el punto que se trata de fijar es visible desde el conocido puede leerse su dirección con muy pocos minutos de error con un teodolito; en cambio, para medir la distancia con gran precisión se pueden tardar varios días y se requiere mucho personal, aparte el mucho gasto que ello supone, sin que los resultados ofrezcan demasiada garantía de precisión. A esto se debe que un geodesta prefiera leer docenas de ángulos, a medir directamente una sola distancia.

Con las triangulaciones sólo se mide con toda precisión una sola distancia, que es la *base*, y sobre ella se construye toda una red de triángulos. La base se mide, de ordinario, sobre una faja larga y recta de terreno, como una carretera, una vía férrea, etc., y puede tener de 5 a 20 km. de longitud (fig. 147). Desde los extremos *A* y *B* de la base se leen las direcciones de otros puntos lejanos, como *C* y *D*, situados, en algunos casos, a muchos kilómetros de distancia. Como un triángulo se puede resolver cuando se conoce un lado y dos ángulos, pueden determinarse perfectamente los puntos *C* y *D*. Desde *C* y *D* se fijan los puntos *E*, y *F*, así sucesivamente, con sólo observar ángulos, sin necesidad de medir distancia alguna.

Claro está que en estos grandes triángulos esféricos la suma de los tres ángulos excede de los  $180^\circ$ ; deben reducirse tales triángulos a su plano, compensando las distancias en su respectivo *exceso esférico* ( $abm \operatorname{sen} \gamma$ , donde  $a$  y  $b$  son las longitudes de dos lados,  $\gamma$  el ángulo comprendido, y  $m$  una constante que depende de la latitud). Esta red de grandes triángulos instituye una triangulación de primer orden; pero los puntos así determinados están demasiado separados entre sí para los mapas ordinarios, por lo cual hay que formar otra triangulación de segundo orden, cuyos vértices están dentro de la primera o a los lados de la misma. En la triangulación de tercer orden, los vértices están aún más próximos entre sí. La triangulación de cuarto orden se hace ordinariamente con plancheta y mira estadimétrica.

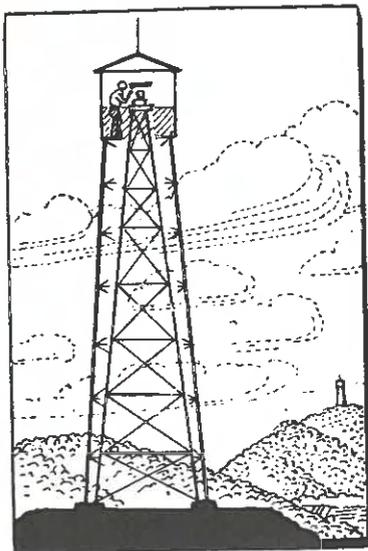


FIG. 148. — En las torres de triangulación, el teodolito y el observador van sobre trípodes independientes.

El orden general que se sigue en una triangulación es el que damos a continuación:

*Reconocimiento para el mejor emplazamiento de bases y de vértices.* Las bases se miden sobre planicies, carreteras, vías férreas, etc.; los vértices se eligen entre los puntos más altos entre sí.

*Medición de bases.* Sobre una línea previamente determinada se construyen soportes o se clavan postes bien sólidos, entre los cuales se atiranta, con cierta tensión, un hilo de invar de 30 ó 60 m. de longitud. Se repite la medición en uno y otro sentido hasta que no se obtenga la diferencia apreciable entre dos resultados consecutivos.

*Torres de observación.* Cada país usa modelos diferentes de torres para la observación de vértices de triangulación: unas son de madera y otras de acero. La figura 148 representa una de acero usada en los Estados Unidos, consistente en un trípode interior para el teodolito, independiente del trípode exterior donde van el observador, el libretista y el encargado de las señales luminosas. La altura máxima de la torre es de 40 metros, y puede levantarse en unas 5 horas. A medida que va avanzando la triangulación se van desmontando las torres que van quedando atrás y se transportan para ser de nuevo levantadas más adelante.

*Medición de ángulos con el teodolito.* La observación de ángulos se hace con toda escrupulosidad. Los ángulos de la triangulación de primer

orden se leen con 1,5 segundos de aproximación, los de segundo orden con 3 segundos, y los de tercero con 6 segundos. Esta es la regla general; cada país tiene fijadas sus normas e instrucciones particulares sobre la apreciación y los errores tolerables en esta clase de observaciones. La observación en las triangulaciones de primero y segundo orden se hace, de ordinario, de noche, por ser menor la refracción atmosférica que de día. Además de las lecturas correspondientes a los vértices principales, se hacen durante el día observaciones a puntos secundarios que quedan determinados por intersección. Cada uno de estos vértices secundarios debe ser visado desde tres vértices principales para tener la comprobación necesaria.

*Base de comprobación.* A medida que se alarga una red de triangulación, va disminuyendo la precisión, por lo cual es conveniente medir una base de comprobación. Para comprobar los resultados de la triangulación, a cada 8 ó 10 cuadriláteros se hacen observaciones de longitud y latitud. Ordinariamente se observan cuatro estrellas, cuya posición da la latitud, el meridiano y la longitud. Con el astrolabio de  $60^\circ$ , basta con la observación de dos estrellas convenientes. Desgraciadamente, las observaciones astronómicas dependen de la verticalidad de la plomada; las grandes masas montañosas o las formaciones geológicas de gran tamaño pueden desviar la dirección de la plomada, de modo que las mediciones pueden quedar afectadas de error hasta de 20 ó 30 segundos en casos extremos. No obstante, la desviación de la plomada puede determinarse por métodos geodésicos. Las estaciones donde se hacen estas correcciones se llaman *estaciones Laplace*.

La *compensación y el cálculo* se hacen por fórmulas especiales y con aplicación del método de los mínimos cuadrados. La suma de los ángulos de cada triángulo ha de ser igual a  $180^\circ +$  exceso esférico. Los lados de triángulos y de cuadriláteros deben corresponder a los ángulos, y el arco ha de comprobarse con estaciones intermedias y estaciones Laplace.

La *latitud y longitud* de cada vértice se calculan a la vez que la distancia y el acimut de cada lado del triángulo. Antes de este cálculo hay que fijar la forma de la superficie terrestre a que aquél tiene que referirse. El elipsoide internacional aceptado en el Congreso Geodésico Internacional de 1924 es de Hayford, cuyas características damos a continuación, juntamente con las del esferoide de Clarke:

Esferoide internacional (de Hayford):	Esferoide de Clarke (1866):
Radio ecuatorial, 6.378.388 m.	Radio ecuatorial, 6.378.206 m.
Radio polar, 6.356.912 m.	Radio polar, 6.356.584 m.
Achatamiento, 1/295	Achatamiento, 1/297

Para el cálculo de latitudes y longitudes de los vértices de la triangulación debe haber una estación cuya posición se toma como punto de *referencia* o *partida*.

Todos los servicios geográficos de los países civilizados disponen de listas de vértices permanentes, con sus coordenadas, así como de las longitudes y acimutes directos e inversos de los lados de las triangulaciones de primer y segundo orden.

**Señalamiento de los vértices.** En las cimas de los montes o cerca de los cruces de carreteras se ven señales, consistentes en pilares de fábrica o, en chapas de bronce empotradas en piedra o en bloques de hormigón, que sirven para indicar vértices de triangulación, estaciones de nivelación o señales de acimutes, etc. Las señales de triangulación llevan un pequeño triángulo en su centro.

**ENLACE DE LA TOPOGRAFÍA CON LA GEODESIA.** — Todos los países disponen de su propia red geodésica, de diferentes órdenes en la cual se apoyan los trabajos topográficos que, por su limitada extensión, no requieren tener en cuenta la curvatura de la Tierra, considerando las coordenadas como planas y no como esféricas.

### NIVELACIÓN

En los reconocimientos y exploraciones se determinan las altitudes con un barómetro aneróide, en los trabajos con plancheta se hace tal determinación con una alidada, en la triangulación con un teodolito, pero en los levantamientos de precisión se usa un instrumento especial: el nivel de burbuja. La importancia de la nivelación es muy poco menor que la de la triangulación; ordinariamente, son distintos los Servicios encargados de estas dos clases de operaciones.

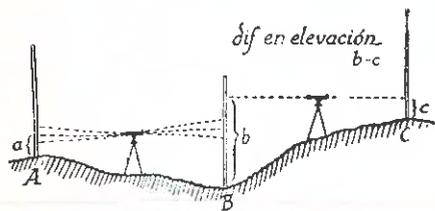


FIG. 149. — En la nivelación, se consigue una gran precisión leyendo atrás y adelante, lo que elimina el efecto de posibles ligeras desviaciones de la horizontalidad exacta.

El instrumento para nivelar consiste en un anteojo unido a un nivel de burbuja extremadamente sensible. En algunos modelos el nivel va «a caballo» sobre el anteojo, y se le llama por ello «nivel caballero»; en los aparatos empleados en los itinerarios de gran precisión, nivel y anteojo son solidarios entre sí y tanto la mira como la burbuja pueden verse a la vez mediante un

juego de espejos; estos instrumentos se hacen de metal invar, que no se dilata con el calor. Las divisiones de la regla de nivelación son más pequeñas que las de las miras estadimétricas. Desde cada estación se lee atrás y adelante; en la estación siguiente, la mira de frente se convierte en mira de espalda. La longitud de cada eje, en un itinerario de nivelación, no debe pasar de 150 metros. En las nivelaciones de gran precisión se recorren en uno y otro sentido trozos de pocos kilómetros, y el error de cierre debe ser menor de 1 mm. por kilómetro (Conferencia Internacional Geodésica de Hamburgo, 1912). La precisión de las nivelaciones es francamente asombrosa: un itinerario de ida y vuelta que atravesase un continente cierra con centímetros de error solamente. Una red principal de nivelación no debe tener ningún punto a más de 80 km. de una señal permanente. En las nivelaciones de segundo orden, la máxima distancia a una de estas señales queda reducida a 20 km., y en las de tercer orden a mucho menos aún.

NIVELACIÓN EN ESPAÑA (1). — Los trabajos de nivelación empezaron en España el año 1871 con instrumentos Kern y miras de madera provistas de nivel esférico, plomada manillas y planta-soporte de hierro de forma triangular.

Como superficie de referencia (cota cero) se toma la del mar en Alicante, prolongada teóricamente bajo las tierras. Además se establecieron otras señales, perfectamente determinadas, que sirven de puntos de partida para otras nivelaciones.

El Instituto Geográfico y Catastral ha hecho redes de nivelación de alta precisión que siguen las carreteras y vías férreas principales; en esta red se apoyan otras de mediana precisión, y en éstas, otras de precisión menor llamadas de *altura*.

En un principio se adoptaron los siguientes límites de precisión: 1 mm. como error máximo de observación a 100 m. de distancia;  $5\sqrt{k}$  mm. el error de cierre en un polígono o en una doble nivelación de  $k$  kilómetros de longitud. Pero en la Conferencia Internacional de Geodesia (Hamburgo, 1912) se acordó que la precisión en las nivelaciones de alta precisión debían ser:

Error probable accidental . . .	1 mm. por kilómetro
Error probable sistemático. . .	0,2 mm. por kilómetro

y, según ese acuerdo, el Instituto Geográfico y Catastral realiza sus nivelaciones con instrumentos muy perfeccionados que se enlazan con los mareógrafos instalados en la costa.

(1) Nota del Traductor.

Las señales principales empleadas en España consisten en un cilindro de bronce fundido de 10 cm. de longitud y 3 cm. de diámetro, que lleva en su cabeza una placa circular de 8 cm. de diámetro y 6 mm. de espesor, con las iniciales N. P. (nivelación de precisión) grabadas, así como su número de orden. Esta pieza de bronce va empotrada verticalmente en piedra o sillar de algún edificio, de modo que la cara superior del disco quede rasante con el suelo. Para la información pública, a cierta altura sobre el suelo, y fijada a la pared del edificio en que se halle la señal de N. P., va una placa ovalada, con una línea horizontal saliente y la cota de esta línea sobre el nivel del mar por debajo del rótulo «Instituto Geográfico y Catastral».

## CAPÍTULO XVIII

### CROQUIZACIÓN

En la segunda mitad del siglo pasado, el arte de la *croquización* panorámica, tan en boga en la antigua escuela de los geógrafos, cayó casi en desuso total. La fotografía, con rapidez y sin esfuerzo alguno, reproduce una vista panorámica mejor que el mejor de los *croquis*. Sin embargo, un buen croquis hecho a mano tiene sobre la fotografía algunas ventajas, como son:

1. Estimular la observación profunda del terreno, pues muchos detalles importantes, que pueden pasar inadvertidos a un fotógrafo, son descubiertos por la atención que el topógrafo tiene que prestar a su trabajo de croquización.

2. Con el croquis puede omitirse parte de los primeros planos, destacando y aun dando más tamaño a detalles distantes, mientras que en la fotografía aparecen grandes detalles de cerca, a veces sin la menor importancia, como son árboles, o casas, y en cambio resultan casi imperceptibles detalles de valor, pero situados a gran distancia. La cámara fotográfica ayuda más al naturalista que al geógrafo.

3. En el paisaje, dibujado a mano, se pueden escoger detalles interesantes, mientras que la fotografía lo reproduce todo de modo automático, de tal modo que en ciertas ocasiones, como en terrenos con arbolado, la vegetación lo tapa todo.

4. Sobre el croquis pueden ponerse notas aclaratorias. Donde el arte falla, la palabra triunfa.

5. Un croquis puede reproducirse en fotograbado de línea, mientras la fotografía requiere el medio tono, que siempre resulta más confuso que el primero.

Muchos geógrafos eminentes fueron a su vez excelentes paisajistas; pero no es preciso ser un artista para hacer buenos croquis de campo. Siempre es conveniente observar ciertos principios o normas con los cuales quien quiera puede hacer un buen dibujo panorámico.

El equipo adecuado para levantar un croquis de campo consiste en un

papel de dibujo de 20 × 40 cm. sujeto a una carpeta de cartón, un lápiz, una goma de borrar, y una regla corriente de 30 a 40 cm. de longitud. El tamaño de la carpeta depende del gusto de cada cual. Las gafas de sol amortiguan el reflejo del papel blanco.

Un croquis de campo se realiza en las siguientes fases:

1. *Tamaño del croquis.* Se limita mentalmente la anchura del panorama y se toma un punto como centro del croquis.

2. *Línea central y línea de horizonte.* Se traza una línea vertical central sobre el papel, y una línea horizontal bien definida en el propio paisaje. (La orilla lejana de un lago o una carretera constituyen una buena línea horizontal de referencia).

3. *Determinación de la escala del croquis.* Se coloca la regla horizontalmente a la distancia del brazo extendido (fig. 150) y se mide la anchura del paisaje que se trata de dibujar. Si esta anchura ha de representarse en un papel de 40 cm. de ancho, se calcula la escala correspondiente. Conviene escoger una escala tal que un centímetro leído sobre la regla corresponda a medio centímetro en el papel. Cuando se mira a los diferentes puntos del panorama debe girarse el cuerpo entero, ya que de no hacerlo así, la mano derecha, con el brazo extendido, estará más cerca de la vista cuando se mira hacia la izquierda que cuando se mira a la derecha.

4. *Puntos principales.* Se mide la distancia horizontal al punto central, y la vertical a la línea de horizonte, de unos cuantos puntos impor-

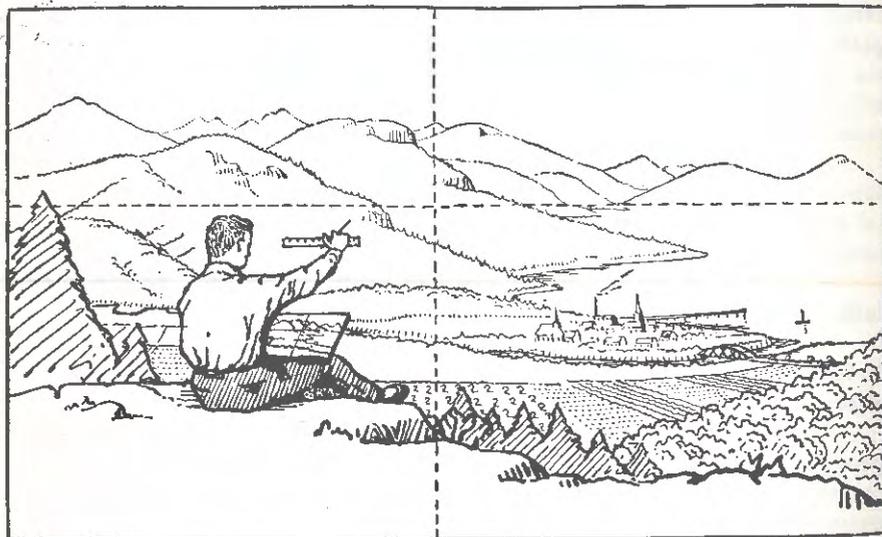


FIG. 150. — Establecimiento de líneas de referencia para un croquis de campo.

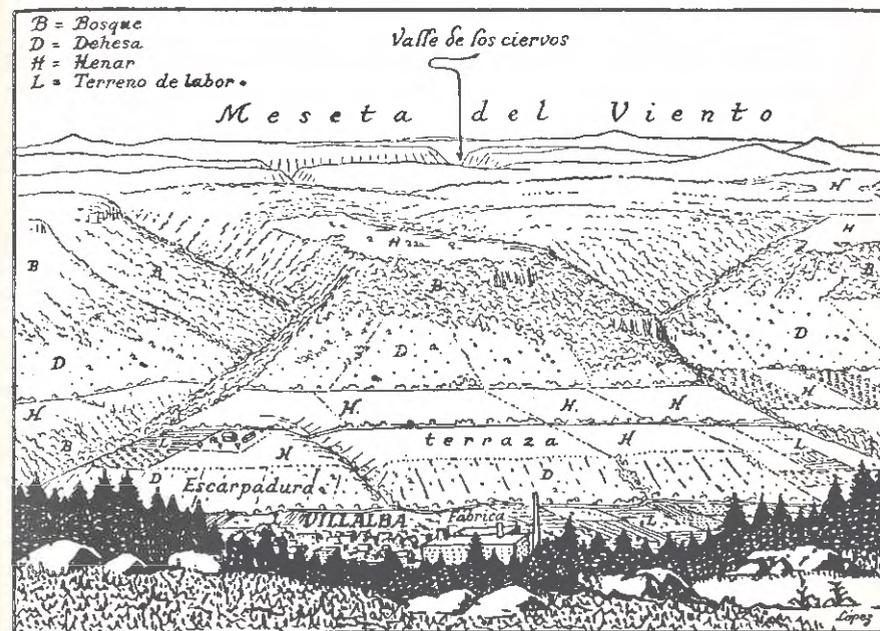


FIG. 151. — Croquis de campo con los cultivos.

tantes, y se sitúan éstos en el papel. Todo el cuidado que se ponga en esta fase del trabajo quedará compensado en las sucesivas.

5. *Dibujos de relleno.* La regla general para rellenar el croquis es la de proceder de los detalles más importantes a los menos interesantes. Si se empieza por un pico de papel y se siguen añadiendo detalles, lo probable es que resulte un dibujo desproporcionado e incompleto. Deben trazarse las menos líneas posibles. Las diferentes clases de detalles se distinguen con trazos también diferentes; por ejemplo, las rocas peladas se representan con trazos rectos y cruzados, y los bosques con los signos propios del arbolado. Hay que emplear un cierto número de signos convencionales. Los terrenos de labor, los frutales y los árboles de cualquier clase deben representarse con su signo propio. Unos cuantos tejados y alguna torre indicarán una población.

6. *Exageración de la escala vertical.* Es un hecho bien conocido de todos el que las montañas muy alejadas tienen que representarse más altas de lo que realmente son, para que se vean en el dibujo con su verdadera apariencia. En terreno llano hay una faja distante, en el horizonte, de 2° ó 3°, que representa una zona más grande que todo lo que hay por delante. La vista tiene una gran agudeza para observar esta estrecha zona, y todos los

paisajistas la exageran involuntariamente. Uno de los defectos de la fotografía es que las montañas lejanas no quedan bien destacadas. En los croquis de campo está permitido dibujar esta faja algo más ancha y hacer resaltar más intensamente los detalles alejados. Esta exageración está especialmente recomendada en los casos en que el croquis se toma desde una elevación del terreno, y no se practica cuando no hay que incluir detalles lejanos.

7. *Dibujo de las depresiones.* Las depresiones, hondonadas, barrancos, etc., se pueden representar en el croquis de varias maneras. Casi todas las vistas panorámicas tomadas a mano parece que están formadas por telones de teatro, cada uno de los cuales tapa al que está detrás; es de la mayor importancia el representar estos telones de modo que se distingan todos perfectamente.

Las distancias se materializan por el distinto grosor de las líneas. Las montañas del horizonte se dibujan con trazo muy fino o con rayas cortas sucesivas, y los trazos se van haciendo más llenos a medida que se aproximan al observador. Los detalles de tamaño conocido se ven más pequeños con la distancia. Es conveniente dibujar unos cuantos árboles, casas, personas o animales, para dar la sensación de distancia y determinar de modo sensible la escala del panorama. La línea ondulada representativa de la cresta de las montañas debe ser más tenue al aumentar la distancia.

8. *Rotulado.* Todo croquis de campo debe estar profusamente ilustrado. Los nombres de los ríos y los lagos pueden escribirse dentro del dibujo mismo; en cambio, los nombres de las montañas se suelen poner por encima de las mismas con flechas indicadoras. Para un posible aprovechamiento ulterior del croquis en la formación de mapas, debe anotarse la anchura de la zona representada. Como medida aproximada puede decirse que la anchura de los dos puntos extendidos es de unos 15°.

9. *Entintado.* Los croquis se dibujan, en el campo, ordinariamente con lápiz y se pasan después de tinta. Los rótulos son los primeros que se pasan en tinta; después, las montañas más lejanas (para lo cual es recomendable la pluma Gillott núm. 290); a continuación se retinta la zona central (pluma Gillott núm. 303 ó 404), y finalmente, la parte más cercana, con la misma pluma, pero más apretada sobre el papel, o colocada al revés de modo que su punta quede más ancha.

10. *Colorido.* Una vez pasado de tinta el croquis, ya puede reproducirse en fotograbado. Si se quieren emplear colores, se dan unos toques con aguadas ligeras; nunca deben emplearse colores intensos. La bruma, o simplemente la calina del aire, hace que los tonos amarillos y rojos del campo se desvanezcan, y por ello se ve el horizonte lejano de coloración azul y gris. El verdadero color de un panorama se aprecia mejor echando la cabeza a un lado. La fotografía en colores constituye una excelente ayuda para colorar debidamente un croquis.

Las zonas más lejanas se pintan de azul muy claro, y el color va haciéndose más intenso a medida que disminuye la distancia; pero nunca deben emplearse aguadas espesas, ni aun en los primeros planos. Es frecuente ver principiantes que tienen que lavar con una esponja sus primeros croquis en color.

*TRANSFORMACIÓN DE FOTOGRAFÍAS EN DIBUJOS A PLUMA Y LÁPIZ.* — Las fotografías poco claras resultan aún peores cuando se reproducen en medio tono; por esta razón se retocan de ordinario con lápiz y pluma para su reproducción en fotograbado.

Para ello se empieza por pasar la fotografía a un papel de dibujo. Con frecuencia es mejor ampliar la fotografía, ya sea en la cámara correspondiente, o por el método de la cuadrícula. Después se hace un dibujo a lápiz en el que se destaquen claramente los elementos esenciales de la fotografía; los elementos secundarios o accidentales, como los árboles de los primeros planos, que debieron soslayar tomando la fotografía desde otro punto, pueden suprimirse en el dibujo o, sencillamente, bosquejarse a la ligera. Por lo demás se hace el dibujo y se completa como si se tratara de un croquis de campo cualquiera.

Se da mucha vida a las vistas panorámicas ennegreciendo las sombras de los detalles y modulando las mismas con ligeras pinceladas, muy finas, de pintura blanca. Efecto análogo se obtiene empleando papel de grano grueso (Ross).

*Bosquejos en pizarra.* La habilidad para dibujar rápidamente un croquis o bosquejo del terreno sobre una pizarra o encerado es de gran utilidad para el topógrafo y el cartógrafo. Estos esquemas han de ser sencillos y no se necesita estar superdotado para dibujar buenos bosquejos de mapas sobre una pizarra. A continuación damos algunas instrucciones para el mejor uso de los yesos o tizas de colores en los dibujos sobre pizarra.

El color celeste se emplea para las aguas; para las montañas es preferible el amarillo a blanco, porque es más brillante y puede verse a mayor distancia; el rojo es mejor para las edificaciones, y el verde para la vegetación.

El sombreado de las montañas puede realizarse rápidamente y de modo satisfactorio pasando por la pizarra un trocito plano de tiza. Para hacer con facilidad y rapidez un punteado (línea de puntos), se toma por un extremo una barra larga de tiza y apoyándola sobre la pizarra se inclina en un ángulo opuesto a la dirección en que hay que trazar la línea de puntos, y se obliga al yeso a avanzar a saltos; la distancia entre los puntos se regula con la mayor o menor velocidad con que se mueve la tiza. Para trazar líneas dobles se mueven dos yesos a la vez, uno junto al otro. Para cubrir una cierta superficie se frota sobre la pizarra una tiza por su parte plana (tendida), o se extiende el color con una goma o difumino. Para trazar líneas negras

sobre fondo blanco, se hace uso también de la goma especial de borrar sobre pizarra. Las letras romanas o itálicas pueden hacerse con una tiza con uno de sus extremos cortado en forma de chaflán. La tiza se presta a ser usada de muchos modos, según la iniciativa y el gusto de cada cual.

**Mapas sobre encerados.** No es nueva la idea de emplear cartogramas o mapas esquemáticos para la enseñanza de la Geografía. En los primeros mapas escolares que se conocen en la Historia, hechos por los árabes en los siglos IX a XIII, se empleó la pizarra, para acostumar a los alumnos a determinar la situación relativa de los países representados. Posteriormente, en los textos de mediados del siglo XIX era frecuente ver cartogramas en los que los límites de naciones y continentes estaban impresos con formas geométricas; en ellos se representaban los paralelos en arco, pero resultaba el mapa tan complicado, que no servían para el objeto a que se destinaron. Sin embargo, la idea general es buena y los mapas en pizarra facilitan considerablemente la enseñanza de la Geografía.

El objeto de estos cartogramas es presentar de modo claro y conciso los detalles geográficos fundamentales, tales como la situación de cordilleras, zonas de vegetación, ríos, regiones climáticas, centros urbanos, regio-

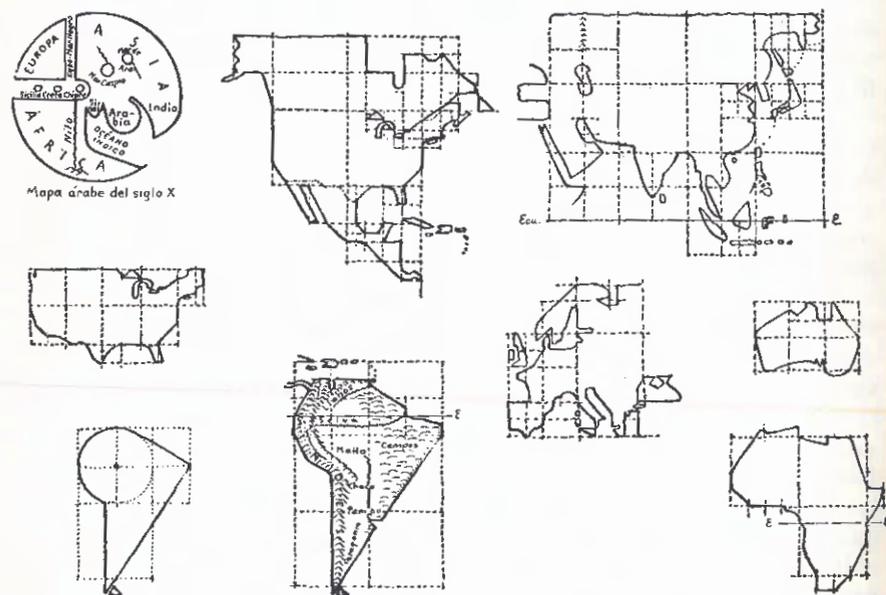


FIG. 152. — Los mapas esquemáticos sobre pizarras o encerados constituyen un excelente medio para la enseñanza de la Geografía. Los mapas de esta figura están basados en una proyección sinusoidal. Las líneas horizontales son paralelos, pero las verticales no son meridianos.

nes agrícolas, etc. Los límites de los continentes se dibujan conforme a una proyección sinusoidal, que con sus paralelos horizontales y sus meridianos concurrentes dan los contornos más sencillos y conserva la exactitud de las superficies. En la figura 152 se ven varios mapas escolares sobre encerado; los contornos se dibujan sobre una retícula de cuadrados, divididos en mitades, en cuartos y hasta en octavas partes, en aquellos sitios donde es necesario disponer de más subdivisiones. Los cuadrados no representan paralelos y meridianos, y sólo se trazan para conveniencia del dibujo. En realidad, las líneas horizontales son verdaderos paralelos, ya que representan la dirección Este-Oeste; pero las líneas verticales no son meridianos, porque no se dirigen de Norte a Sur, sobre todo en las más altas latitudes. Para rellenar estos mapas conviene emplear tizas de colores; azul, ondulado, para los ríos; sepia para las montañas, verde para la vegetación, rojo para las poblaciones y vías de comunicaciones; de este modo, no solamente se mejora el aspecto de los mapas, sino que se facilita su estudio y comprensión.

## CAPÍTULO XIX

## AEROTOPOGRAFÍA (FOTOGRAMETRÍA)

Nunca en la historia de la Topografía pudo encontrar el hombre un instrumento más poderoso para el levantamiento de mapas que la fotografía aérea. La cámara fotográfica puede representar desde un aeroplano la superficie terrestre con más precisión, con más detalle y en una minúscula fracción de tiempo del necesario para obtener el mismo levantamiento por los métodos de la Topografía clásica. La aerotopografía, por ser un sistema nuevo de representación del terreno, es más bien una nueva topografía que una parte de la Cartografía; si nos ocupamos aquí en su descripción y método, es por la gran influencia que ha de tener en los mapas del porvenir.

**HISTORIA.** — Sería muy difícil precisar quién fue el primero en hacer una fotografía desde el aire. Tan pronto como se inventó la instantánea, se ocurrió la idea de colgar una cámara fotográfica de un balón o una cometa. Un francés, Laussedat, está considerado como el primero en haber hecho un levantamiento fotográfico en 1858, y en la guerra de 1871, los franceses emplearon fotografías aéreas para los servicios de información. Los fundamentos de la fotogrametría estaban bien establecidos antes de inventarse el aeroplano, y fue muy perfeccionada por los ingleses en el Himalaya y por los suizos en los Alpes tomando fotografías desde los picos de las montañas. Hasta hace pocos años no lograron los topógrafos canadienses tomar vistas panorámicas de las Montañas Rocosas desde los picos casi inaccesibles de las mismas. En 1920, el Servicio norteamericano Geodésico y de Costas levantó desde el aire el mapa del delta del Mississippi, y en 1928, el Servicio Hidrográfico de la misma nación levantó, por fotogrametría aérea, el mapa de la isla de Cuba. En 1925, la expedición Hamilton Rice fotografió la selva impenetrable de río Negro y el río Uraricoera. Estas fotografías fueron tomadas por el capitán Stevens, que después conquistó la fama con su ascensión, en globo, a la estratosfera.

En estos últimos años, muchas Compañías particulares se han dedicado a levantamientos aerofotogramétricos. Las fotografías aéreas tienen gran aplicación, no sólo en Topografía, sino en Geología, Hidrología, Arqueología,

en los servicios forestales, en el estudio del tráfico en carreteras, y hasta para el reconocimiento de campos de golf.

En pleno desarrollo y progreso técnicos de la fotogrametría aérea estalló la segunda guerra mundial, y la fotografía desde aeroplano adquirió aún mayor importancia. Millones de kilómetros cuadrados fueron levantados en un tiempo increíblemente corto. Para el futuro, se han formado proyectos para fotografiar todos los países de la Tierra, trabajo que constituye la mayor empresa cartográfica de la Humanidad.

**FOTOGRAFÍAS DESDE AEROPLANO.** — Estas fotografías pueden ser de dos clases.

1. *Verticales*, en las cuales la cámara apunta hacia abajo, ordinariamente a través de un orificio practicado en el piso del avión, con su eje lo más exactamente vertical posible.

2. *Oblicuas*, que pueden ser altas, en que se ve el horizonte; o bajas, en las que el horizonte no es visible.

Existe gran diferencia entre las fotografías verticales y las oblicuas; estas últimas son más familiares a todo el mundo, porque hay gran semejanza entre una vista tomada desde un aeroplano, y la tomada desde el pico de una alta montaña: en ellas se ve una gran extensión de terreno, montañas, y los diversos cultivos del suelo aparecen con toda claridad. El cartógrafo puede inspirarse en este retrato de la Tierra, como el pintor lo hace al mirar su modelo desde un ángulo nuevo. Pero en una fotografía vertical se ve algo inusitado y extraño, y hasta el mismo lugar donde se vive no parece familiar a quien lo ve en tal fotografía. Vemos la Tierra como la ven las águilas, pero como no estamos acostumbrados a verla ni aun desde un aeroplano, ya que raramente se mira verticalmente de arriba hacia abajo, las montañas y cordilleras se ven «aplastadas», el curso de los ríos

se ve claramente en su recorrido, y los diferentes cultivos aparecen perfectamente separados. La falta de colores en la fotografía hace aún más extraño el panorama. La interpretación de una fotografía vertical requiere un estudio especial. En las fotografías verticales, las distancias y las direcciones quedan representadas casi en su verdadera magnitud y posición, por lo cual pueden utilizarse directamente como mapas, mucho mejor que las oblicuas.

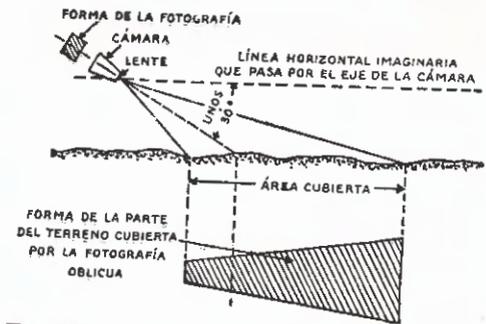


Fig. 153. — Las fotografías oblicuas cubren grandes áreas, pero tienen que colocarse en un transformador en la misma posición relativa en que se tomaron, para que resulten con una escala uniforme.

La escala de las fotografías no debe ser demasiado pequeña. Un automóvil resulta invisible a una escala de 1:15.000, y una casa no se puede distinguir a una escala de 1:40.000. Las grandes extensiones de diferentes terrenos se pueden apreciar muy bien a escala de 1:100.000 y aún menor. En la figura 155 se ve que  $ab:AB = f:H$ , es decir, que la escala de la fotografía es igual a la distancia focal dividida por la altura. Cuanto mayor sea la altura, menor será la escala, y cuanto mayor sea la distancia focal, mayor será la escala de la fotografía, teniendo en cuenta que una fotografía a escala grande sólo cubre una pequeña extensión. La fórmula anterior es fundamental en el planeamiento de operaciones fotogramétricas; por ejemplo, si la cámara tiene una distancia focal de 25 cm., ¿a qué altura hay que volar para que las fotografías resulten a escala de 1:15.000?

$$\frac{1}{15.000} = \frac{25}{x}$$

$$x = 375.000 \text{ cm.} = 3.750 \text{ metros}$$

Supongamos ahora que el vuelo se hace a 6.000 m., y que la cámara tenga 15 cm. de distancia focal; ¿cuál será la escala de la fotografía?

$$\text{Escala} = \frac{F}{H} = \frac{600.000}{15} = \frac{1}{40.000}$$

Una vez elegida la escala, hay que trazar las pasadas sobre el mejor plano de que se disponga de la región que se trate de levantar. Claro está que si los mapas son de escala demasiado grande, quedan volados en muy pocos minutos; los pilotos prefieren, en general, los mapas de escala pequeña, como el de 1:500.000 de España, del Instituto Geográfico y Catastral, o por lo menos de 1:50.000 y 1:25.000, como los formados también por el mismo Instituto. En los países inexplorados, de los cuales no se dispone de mapa alguno, es preciso a veces confeccionar mapas volando fajas de unos 6 kilómetros a gran altura, y cruzando después estas fajas con unas cuantas transversales para situar aquéllas. Las pasadas se marcan en ángulo recto con las fajas a pequeña escala, que deben tener señales suficientes para el amarre: Se calcula el número de instantáneas de modo que se tenga un gran rebose o solapa entre unas y otras. Para obtener pares estereoscópicos se necesita una solapa de un 60 por 100 en la dirección del vuelo, y las pasadas se efectúan de modo que las fotografías resulten con una solapa (superposición) de un 20 al 40 por 100 en sentido lateral o transversal. De esta manera, cada punto del terreno aparecerá en dos o tres fotografías.

Durante el vuelo, el piloto mantiene al aeroplano a la misma altura, y contrasta su dirección con una brújula y mediante las señales terrestres que aparecen, o que se agregan a las vistas aéreas. El fotógrafo pone en marcha el intervalómetro y comprueba la pasada con el visor o puntero, siguiendo la marcha hacia atrás de una señal terrestre, y si esta marcha es oblicua al eje del aeroplano, puede determinar el ángulo de deriva y compensarlo. Actualmente existen indicadores especiales para mantener al aeroplano en la recta que une dos estaciones o marcas consecutivas. Una vez terminado el vuelo, se comprueba el altímetro, en vista de la posible variación de la presión atmosférica, y se llevan al laboratorio las cintas impresionadas y el mapa del terreno sobrevolado (con la pasada proyectada y la realmente efectuada).

TRABAJOS DE LABORATORIO. — El carrete de películas, de 25 a 125 metros de longitud, requiere para su revelado una cubeta especial por la que pasa la cinta movida por un motorcito eléctrico; la cubeta contiene el revelador, que puede ser de metolhidroquinona o de ácido pirogálico, al cual se agregan bromuro potásico como reductor, sulfito sódico como antiséptico, y carbonato sódico, u otra sal análoga, como acelerador. Es conveniente revelar el rollo lentamente, en unos 15 minutos, por ejemplo. El mismo tiempo debe emplearse en el fijado (tiosulfato sódico con algún antiséptico y algún reforzador). Después se lava la película, durante una hora, en una cubeta especial con agua fresca corriente. Se seca la película en una devanadera o en un tambor que gira con lentitud. Una vez seca la cinta, se numera y se fecha, ordinariamente en su parte nordeste para mejor orientación. Se conserva la película enrollada.

Se hacen copias por contacto colocando el papel sensible contra las diferentes fotografías de la pasada, utilizando para ella una prensa especial. Una vez expuestas a la luz, se revelan las copias, se fijan y se lavan como se dijo antes. El papel brillante da más detalles, pero el semimate es mejor para hacer señales encima. Se pueden obtener copias rectificadas mediante un proyector especial con el que se corrigen los errores originados por las inclinaciones longitudinal o lateral, o por los cambios de altura de vuelo.

Todas las máquinas fotográficas aéreas producen cuatro señales en forma de media flecha, en los cuatro lados de la fotografía. Uniendo estas señales se tiene el centro de la vista aérea, que se llama su punto principal. Hay que situar escrupulosamente este punto, por ser realmente el punto principal en la fotogrametría. En una fotografía exactamente vertical, el punto principal coincide con el pie de la vertical que pasa por aquél, es decir, por la proyección del punto principal sobre el suelo; en cambio, en una fotografía oblicua dicha proyección cae fuera del centro.

VISIÓN ESTEREOSCÓPICA. — Las ventajas de las fotografías aéreas no terminan con el magnífico detalle que recogen, y la rapidez y fidelidad de los

fotoplanos. Con la estereoscopia y la estereogrametría es posible ver el relieve y trazar las curvas de nivel con una precisión hasta ahora insospechada.

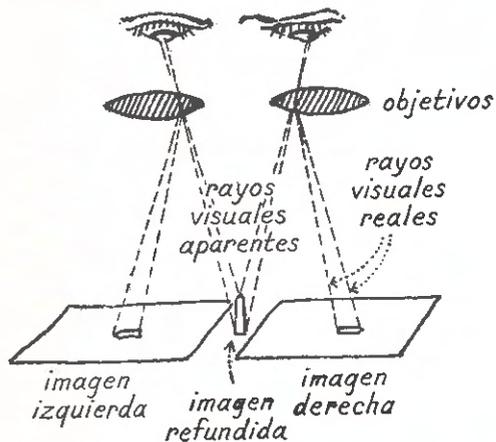


FIG. 156. — En la visión estereoscópica se ve una imagen refundida en relieve.

La visión estereoscópica es una notable capacidad mental. Nuestros ojos están separados entre sí, ordinariamente, unos 55,5 mm.; la menor paralaje producida por un ángulo visual ligeramente diferente permite ver imágenes en relieve, pudiéndose apreciar las distancias con toda precisión. Si se cierra un ojo, la visión queda reducida a una imagen plana, como se ve en un cuadro o en una fotografía. Los objetos cercanos son los que se ven con relieve más pronunciado, por ser mayor la paralaje de los dos ojos; aun a 300 m., donde el ángulo entre los dos rayos visuales es menor de un minuto de ángulo, se nota muy bien la estereovisión. Todo el mundo conoce los antiguos estereoscopios, en que dos cámaras paralelas, a pocos centímetros de distancia entre sí, formaban fotografías distintas del mismo objeto. Cuando la fotografía de la izquierda se ve con el ojo izquierdo y la de la derecha con el derecho, en un estereoscopio corriente, vuelven a establecerse las relaciones de estereovisión, y el objeto fotografiado cobra vida, por la fusión de imágenes en el cerebro. Del mismo modo, si desde un aeroplano se toman dos fotografías seguidas de un mismo terreno, situado centenares de metros por debajo, se obtiene la misma pequeña paralaje necesaria para la visión estereoscópica, y con ayuda de un estereoscopio ordinario se ve el terreno exactamente igual que si se mirara un pequeño modelo en relieve desde unos decímetros por encima del mismo.

**EL ESTEREOSCOPIO.** — Con alguna paciencia se llega a ver una sola imagen en relieve mirando a simple vista un par de figuras estereoscópicas. Si una persona mira a lo lejos y pone un dedo ante sus ojos, pero sin enfocar al mismo, verá dos

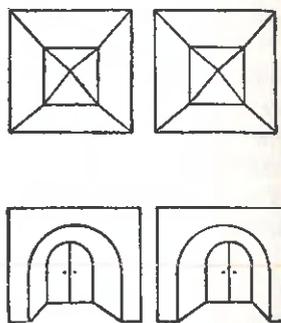


FIG. 157. — Mirando a través del libro, como si fuera transparente, se reúnen las dos imágenes formando una tercera en relieve.

dedos si su vista es normal. Si no varía su enfoque y coloca ante sus ojos los dibujos geométricos de la figura 157, verá que se forman tres imágenes, la del centro en relieve muy pronunciado. El mantener los ojos enfocados a distancia es difícil o requiere bastante práctica. Al mirar un par estereoscópico de fotografías aéreas, éstas no deben distar entre sí más de 5 cm. para ser observadas a simple vista. No es preciso forzar los ojos, puesto que en el comercio se encuentran gran número de estereoscopios de todas clases.

Los estereoscopios con lentes tienen la ventaja adicional de aumentar las imágenes. Para mirar un par de fotografías aéreas, es esencial que estén en la misma posición relativa que cuando se tomaron desde el aire; si se invierte el orden, resulta un relieve negativo, donde los valles se ven como cordilleras y éstas como valles. Hay que tener también en cuenta que solamente la parte que aparece en las dos fotografías es la que puede verse en relieve. Para colocar rápidamente las dos fotografías en el estereoscopio se coloca la punta de los dedos sobre objetos idénticos de las fotografías y se mueven éstas hasta que coincidan



FIG. 158. — Con dos lupas puede prepararse un buen estereoscopio.

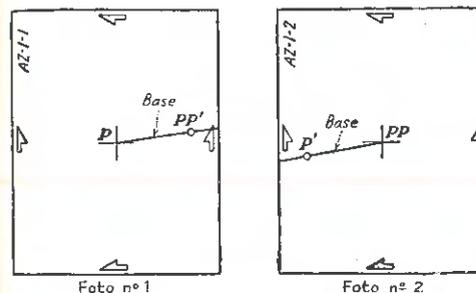


FIG. 159. — Se traza la base uniendo los puntos principales de dos fotografías consecutivas.

las imágenes de los dedos. Para determinar puntos se colocan las fotografías en posición conveniente: en primer lugar se traza una crucecita sobre los puntos principales de ambas fotografías y se señala en cada una de ellas el punto principal de la otra. La línea que une estos puntos es la base. Se empieza por fijar la fotografía de la izquierda y se mueve la otra hasta que se vean destacarse en relieve los puntos principales; en estas condiciones, las bases deben ser paralelas. Estudiando bien las fotografías estereoscópicas es bastante fácil trazar, si no curvas de nivel perfectas, por

lo menos buenas líneas horizontales que definen de modo satisfactorio la forma del terreno.

**AUTOCARTÓGRAFOS.** — Son muchos los aparatos que aparecieron casi al mismo tiempo de perfeccionarse las fotografías aéreas, destinados a la interpretación de las mismas y al trazado de los mapas correspondientes. Los primeros instrumentos europeos, grandes y complicados, como el aerocartógrafo, el estereoplanígrafo, etc., fueron después completados por otros mucho más pequeños y sencillos altígrafos, muchos de los cuales se fabricaron en América. Para trabajos más precisos, el aparato casi universalmente adoptado es el aeroprojector múltiple.



FIG. 160. — Con un buscador de cotas pueden trazarse curvas de nivel sobre un par de fotografías estereoscópicas.

Este instrumento, de grandes dimensiones, es de muy elevado precio y requiere de 3 a 6 meses de entrenamiento para su manejo. La teoría fundamental de este aparato se basa en la proyección de una diapositiva de cada fotografía aérea sobre un tablero, repitiendo así, en pequeña escala, la misma posición, altitud e inclinación en que se encontraba el aeroplano al tomar las fotografías. Cada dos fotografías consecutivas se proyectan en rojo y en verde respectivamente, y mirando la fotografía roja con un ojo a través de una lente de ese color, y la verde por una lente verde con el otro ojo, se ve en relieve la parte común a ambas fotografías. Este es el principio del anaglifo, que se utiliza también en las fotografías de movimiento en tres dimensiones, y en muchos aparatos recreativos. Los primeros proyectores múltiples fueron alemanes, pero actualmente se fabrican por Bausch y Lomb en Rochester. Las fotografías para el proyector múltiple se toman en el recubrimiento corriente del 60 por 100. Son preferibles las cámaras de foco corto, por la mayor paralaje y la mayor altura aparente a que dan lugar. Para la confección de mapas es importante que por lo menos el primero y el último par de fotografías tengan algún apoyo terrestre, tanto horizontal como vertical.

En la figura 161 puede verse el tablero, la barra y los proyectores del proyector múltiple. Los proyectores tienen una distancia focal correspondiente a la de la cámara. Pueden emplearse en la misma barra hasta ocho proyectores al mismo tiempo. Cada proyector está provisto de ranuras para colocar un filtro verde o uno rojo. La mayor o menor altura y la inclinación

del proyector se regula mediante tornillos sin fin. El tablero lleva encima una pequeña tapa ajustable (fig. 161) a unos 15 cm. sobre aquél, que lleva en su centro el *punto flotante* que al moverse va trazando la curva de nivel. Con un tornillo muy fino provisto de nonio se sube o se baja el *punto*.

Primero se coloca la diapositiva en tal posición que su centro caiga sobre la cruz del punto principal del cristal que representa el plano focal del proyector. Después se hace la restitución con seis ajustes de varios tornillos hasta que la diapositiva esté en la misma posición respecto a un plano horizontal que la del aeroplano al hacer la fotografía, lo cual se consigue con tres puntos de apoyo fijados en el terreno por topografía clásica, o tomadas de fotografías aéreas anteriores. Esta es la razón por la cual hay que establecer en la primera fotografía tres puntos de amarre, exactamente situados en planimetría y en altitud. Se puede hacer el relieve partiendo de dos puntos de amarre en el terreno, sabiendo que los dos están a la misma altura, por ejemplo, sobre la costa del mar, o en la orilla de un río en su desembocadura, o sobre una vía férrea en un llano. Una vez analizadas las dos primeras fotografías con apoyo terrestre, se van restituyendo las demás con la primera, tomando el primer punto principal como aparece en la segunda fotografía, y así sucesivamente. La última fotografía necesita un nuevo amarre terrestre como comprobación.

**APOYO TERRESTRE RADIAL.** — Para formar mapas de fotografías aéreas se necesita gran número de apoyos o amarres en el terreno. Cuando esto no es posible es preciso establecer líneas radiales de comprobación. Aun así y todo, debe disponerse de apoyo terrestre, preferiblemente constituido por dos puntos en un extremo y dos en otro.

Cualquiera que sea la posición, la escala, la inclinación o la oblicuidad que un punto pueda tener, la dirección radial desde el punto principal es la misma. De este modo, si se fija un punto con dos fotografías a distancia conveniente y se trazan líneas radiales, se forma una especie de triangulación, y los puntos así obtenidos pueden utilizarse como puntos secundarios de comprobación.

Existen varios métodos para establecer una red de líneas radiales, pero

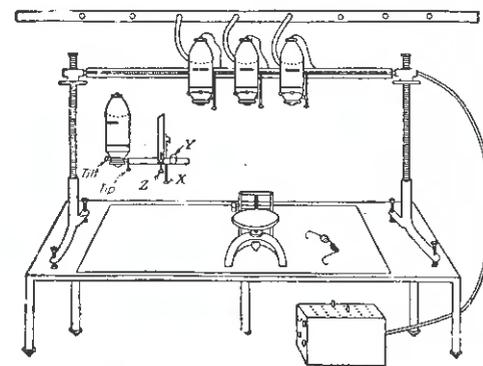


FIG. 161. — En el aeroprojector múltiple se emplean diapositivas con filtros rojo y verde, y lentes para refundir las imágenes.

actualmente el más empleado es el llamado de la estrella de brazos ranurados. Se marca el punto principal sobre cada fotografía, así como los puntos principales de las fotografías contiguas, que con un recubrimiento del 60 por 100 deben ser visibles en la primera.

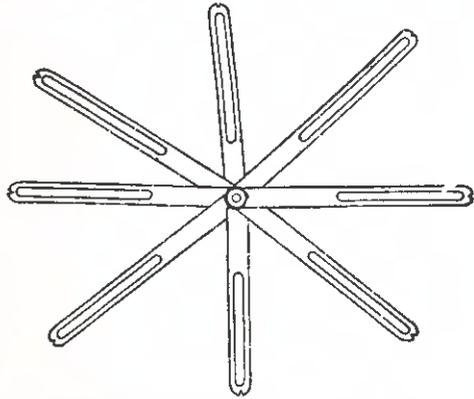


FIG. 162. — Cuando se dispone de pocos puntos de apoyo en el terreno, un sistema de líneas radiales constituye una especie de triangulación de segundo orden.

miento está bien hecho, cada punto lateral debe hallarse en la intersección de tres brazos por lo menos, fijándose así su posición verdadera.

Los trabajos imperfectos siempre dan lugar a faltas de precisión. Hay que poner especial cuidado en los puntos principales, ya que el más leve error en ellos ocasiona grandes errores en los puntos laterales. En general, la red de radiales se hace con gran precisión.

Además, se toman por lo menos otros seis puntos bien identificados que deben distribuirse cerca de los bordes de las fotografías. Sobre cada uno de estos puntos se clava una aguja o alfiler. Se pasan los brazos de la estrella por estos alfileres, dispuestos radialmente respecto al punto principal. Una vez colocados los brazos en su sitio, se amordazan fuertemente por el centro y se saca la estrella de los alfileres. Para cada fotografía se prepara una estrella semejante.

Se toma después un mapa-base sobre el cual se dispone una proyección a escala aproximada a la de las fotografías. Sobre este mapa se fijan los puntos de amarre conocidos que constituyen los puntos inicial y final del sistema de líneas radiales. Después se va colocando estrella tras estrella sobre los sucesivos puntos principales, hasta que se cubre todo el mapa; esta red puede estrecharse o ensancharse de modo que se alcancen los puntos extremos del mapa-base. Si el acoplamiento

**MOSAICOS.** — Una fotografía aérea raramente cubre más de unos cuantos kilómetros cuadrados, y si se quiere reunir en un solo fotoplano una superficie mayor, como una gran ciudad, un proyecto de regadío, etc., se unen varias fotografías formando un mosaico. Este conjunto de fotografías, ajustadas unas con otras, puede volverse a fotografiar a la escala que se quiera empleándose como un mapa sin rotulación.

No es fácil componer buenos mosaicos; la principal dificultad estriba en la diferencia de escala de las fotografías, debida a lo accidentado del terreno o a la variación de altura del vuelo, por los cambios de presión atmosférica que repercuten sobre los altímetros barométricos. La inclinación también puede alterar la escala aun en una sola fotografía. Las desviaciones producidas por el relieve en los bordes de la fotografía cambian, no solamente la escala de las pendientes, sino también su aspecto.

La parte central de la fotografía es la mejor. Para reducir la acumulación de los errores de escala se parte de la fotografía central del mosaico. Se rebaja por sus bordes, en chaflán, y se pega sobre un cartón; se coloca la fotografía siguiente sobre la primera y se recorta la primera del recubrimiento, pero sin cortar los bordes exteriores; se bisela esta fotografía en todo su contorno y se pega con goma arábiga. Se pasa un rodillo por encima de los bordes pegados para que salga el exceso de goma, que se elimina con una esponja húmeda. Se repiten estas operaciones con cada fotografía, desde el centro hacia afuera, en espiral, cuidando que el tono de color de las fotografías sea igual en todas. Ordinariamente se ajustan las fotografías a lo largo de los límites de bosques, praderas o terrenos de labor; no siempre resulta conveniente cortar las fotografías por caminos, por las desigualdades que éstos ponen de manifiesto.

Los mosaicos *directos*, sin comprobación, se forman con fotografías, tales y como se obtienen en el vuelo sin intentar someterlas a comprobaciones. Estos mosaicos no pueden ser muy extensos, por la acumulación de sus errores, y la preocupación principal de quien forma estos mosaicos es cómo distribuir el error. Las fotografías humedecidas pueden estirarse un poco comprimiéndolas fuertemente, o encogerse algo, bañándolas en alumbre.

Los mosaicos con apoyo radial se forman tomando como base para el ajuste de las fotografías un camino recto o un trozo recto de vía férrea, que sirve de comprobación.

En los mosaicos con amarre son necesarios varios puntos secundarios de comprobación, por lo menos tres por fotografía. Se restituyen las fotografías en un rectificador de escala e inclinación hasta que coincidan los límites que han de acoplarse. Puede obtenerse un apoyo secundario por medio de una red de radiaciones. Para lograr mosaicos perfectos no debe ser indispensable el estirar ni deformar las fotografías.

Los conjuntos de fotografías aéreas sueltas se forman pinchando las

fotografías sobre un cartón, obteniéndose un mosaico, sin recortar aquéllas, pero de modo que se vea el número de cada una. Estos mosaicos sirven para ver si las fotografías tomadas en un vuelo responden al objeto propuesto en cuanto a superficie cubierta y a bondad de las mismas, por si hay necesidad de repetir el vuelo.

Tanto los cartógrafos como los geógrafos estudian los mosaicos con gran interés. Las mayores regiones de la Tierra, que no pueden representarse bien en una sola vista, lo son perfectamente en un mosaico, sobre todo si se reduce a una escala menor mediante nueva fotografía del mismo. Los cartógrafos están procurando la coloración de los mosaicos fotográficos. Probablemente con estos mosaicos de color a escala reducida se formarán los mejores globos terráqueos.

**FOTOGAMETRÍA CON CÁMARA DE OBJETIVO MÚLTIPLE.** — Casi tan pronto como se empezaron a utilizar las fotografías aéreas para levantamientos topográficos se experimentó el uso de varias cámaras sólidamente unidas entre sí.

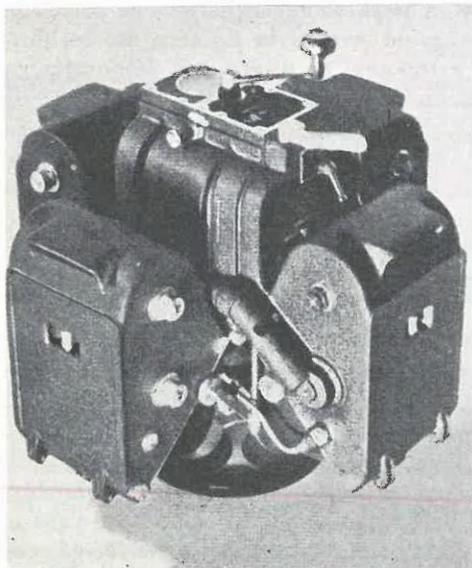


FIG. 163. — La cámara Bagley de cinco objetivos obtiene fotografías con un campo muy ancho y una línea-base de gran longitud.

ocupó el primer puesto entre las de su género. La mayor cámara con multi-objetivo conocida hasta hoy es la de nueve objetivos empleada por el Servicio Geodésico y de Costas de los Estados Unidos; esta cámara tiene nueve objetivos, pero por medio de un sistema de espejos las nueve imágenes

La cobertura de una cámara vertical es pequeña; cuando se vuela a 3 km. de altura, una sola fotografía cubre solamente unos 10 km<sup>2</sup>. En cambio, una fotografía oblicua cubre una superficie realmente inmensa: el continuar la fotografía vertical con la oblicua fue una idea que puede decirse que brotó sola. Al principio se empleaban una cámara vertical y dos cámaras oblicuas laterales. Pero pronto se vio que en el apoyo radial la línea principal, relativamente corta, no permitía extender mucho las vistas laterales, y pronto apareció una cuarta cámara oblicua en la dirección del vuelo para hacer más larga dicha línea principal. A esta cámara múltiple siguió la cámara de cinco objetivos de Bagley, que durante muchos años

se forman sobre una sola película de 150 cm. cuadrados, correspondiente a una fotografía con un campo de 130'. Esta cámara, que pesa más de 150 kilogramos, y con su equipo más de 350, se empleó para hacer el levantamiento de las costas de los Estados Unidos.

En todos estos sistemas se colocan los negativos de las fotografías oblicuas en una cámara rectificadora para obtener pruebas positivas a la misma escala que la fotografía vertical.

**Método trigonométrico.** Durante la segunda guerra mundial y después de la misma, se han confeccionado fotoplanos de millones de kilómetros cuadrados con la cámara trigonométrica, con la cual se obtiene una fotografía vertical y dos oblicuas con una amplitud angular tal que el horizonte es visible en las dos laterales. Las cámaras están montadas con sus ejes formando un ángulo de 60° entre sí, y su campo es de alguna mayor



FIG. 165. — Los detalles de las fotografías oblicuas pueden trasladarse al mapa con el empleo del rectificador oblicuo.

amplitud, de modo que se produce un cierto recubrimiento entre la fotografía vertical y las oblicuas. Las fotografías son de 23 x 23 cm. Si la región volada no es excesivamente quebrada, y si el vuelo se hace a una altura suficiente, el horizonte visible da la inclinación y la oblicuidad. Sin embargo, es curioso que en la mayor parte de los levantamientos efectuados por este procedimiento no se tiene en cuenta la inclinación. Las fotografías de esta clase se emplean principalmente para levantamientos expeditivos de grandes extensiones, por poderse hacer las pasadas mucho más separadas que en las fotografías simplemente verticales. El apoyo radial de las fotografías laterales no re-

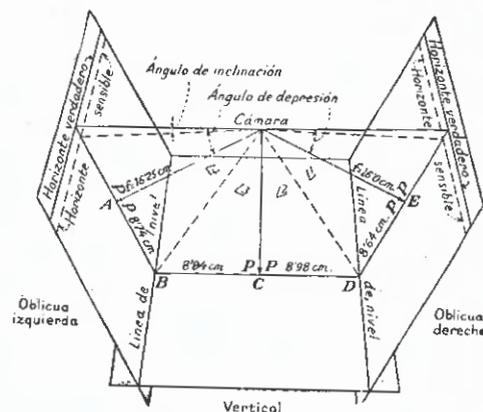


FIG. 164. — En el sistema trigonométrico, sólo se toma una fotografía vertical y dos oblicuas de gran campo, de modo que las tres vistas comprenden de uno a otro horizonte.

Las cámaras están montadas con sus ejes formando un ángulo de 60° entre sí, y su campo es de alguna mayor amplitud, de modo que se produce un cierto recubrimiento entre la fotografía vertical y las oblicuas. Las fotografías son de 23 x 23 cm. Si la región volada no es excesivamente quebrada, y si el vuelo se hace a una altura suficiente, el horizonte visible da la inclinación y la oblicuidad. Sin embargo, es curioso que en la mayor parte de los levantamientos efectuados por este procedimiento no se tiene en cuenta la inclinación. Las fotografías de esta clase se emplean principalmente para levantamientos expeditivos de grandes extensiones, por poderse hacer las pasadas mucho más separadas que en las fotografías simplemente verticales. El apoyo radial de las fotografías laterales no re-

quiere la obtención de pruebas rectificadas, como se hace en las cámaras con objetivos múltiples. En vez de ello se emplea un ingenioso dispositivo, el *transportador rectioblicuo*, para situar puntos en las fotografías oblicuas. El apoyo radial se hace con estrellas de brazos ranurados muy largos para que alcancen a los puntos de las vistas oblicuas, cuya posición se determina con el transportador citado; como estos puntos aparecen probablemente en la siguiente pasada, se tiene una buena comprobación transversal.

Una vez situados los puntos secundarios de amarre, se rellena el detalle de las fotografías oblicuas sobre un mapa por medio de un dispositivo provisto de un medio espejo, con el cual el operador ve al mismo tiempo el mapa y la fotografía. Este aparato puede ajustarse según la inclinación y la escala de los puntos de amarre. Las fotografías verticales se ajustan o regulan con la ayuda del rectificador vertical.

## CAPÍTULO XX

### INTERPRETACIÓN DE LAS FOTOGRAFÍAS AÉREAS

Todo cartógrafo debe estar en condiciones de *leer*, es decir, de interpretar una fotografía aérea. Casi todos los mapas de gran escala se confeccionan actualmente a base de fotografías tomadas desde aeroplanos. Hacer un mapa con fotografías es algo más que dibujar casas y caminos. Quien tenga práctica bastante sabe distinguir los diferentes cultivos y hasta las condiciones sociales de los habitantes de la región. La interpretación de fotografías aéreas ayuda considerablemente en la preparación de mapas, por representar la verdadera fisonomía del terreno.

Una fotografía aérea vertical es un verdadero mapa, aunque su lectura sea realmente difícil por muchas razones, una de las cuales es la ausencia de colores. El perfeccionamiento de la fotografía en color facilitará considerablemente la interpretación de los fotoplanos. Pero la dificultad mayor consiste en lo poco familiarizados que, en general, estamos con las fotografías aéreas. Ordinariamente, nadie ve el terreno directamente desde arriba, ni aun desde un aeroplano, ya que siempre se mira oblicuamente hacia el suelo. No debe sorprender el que los principiantes puedan interpretar correctamente una fotografía oblicua, mientras nada significa para ellos una vertical. La habilidad para leer fotografías verticales, como la habilidad para leer un idioma extranjero, es el resultado de un estudio sistemático y continuo.

En el análisis de una fotografía aérea hay que seguir cierto número de instrucciones, salvo el caso en que siempre se esté efectuando dicho trabajo, ya que entonces la experiencia proporciona la pericia necesaria. Pero cuando se encuentra un detalle desconocido, conviene tener en cuenta los siguientes caracteres:

- |                |                          |
|----------------|--------------------------|
| 1. Tamaño.     | 5. Sombra y orientación. |
| 2. Forma.      | 6. Alrededores.          |
| 3. Tono.       | 7. Proporciones.         |
| 4. Estructura. |                          |

1. TAMAÑO. — Para determinar el tamaño es preciso, primero, establecer la escala, que ordinariamente va indicada en la misma fotografía, o que

puede fácilmente deducirse si se conoce la altura del aeroplano y la distancia focal de la cámara; pero si no se tienen estos datos hay que recurrir a otros procedimientos. Si en la fotografía hay un campo de *foot-ball*, de *base-ball* o de tenis, pueden medirse sus dimensiones. Los naranjales ayudan mucho a determinar la escala cuando se conoce la marca a que están plantados los árboles. Si ninguno de estos detalles da idea sobre la escala, hay que estudiar los de menos importancia. Como se conocen las dimensiones de los vagones de ferrocarril, si figura algún tren en la fotografía, puede deducirse fácilmente la escala. También constituye una buena guía la longitud ordinaria de las casas corrientes.

Aunque la anchura de las carreteras, de los ferrocarriles, la luz de las líneas de energía y el perímetro de la copa de los árboles varían bastante, dan una idea muy aproximada de sus dimensiones reales, que pueden apreciarse con un error de un 20 por 100. No obstante, el problema se agrava cuando se trata de terrenos despoblados o de países extranjeros, donde rigen normas totalmente distintas de las conocidas en el país en que se vive de ordinario, en cuanto a anchura de carreteras, dimensiones de edificios, etc. Una vez determinada la escala, debe hacerse una relación del tamaño de carreteras, casas, árboles, etc., que servirá de gran ayuda en los trabajos futuros.

2. FORMA. — Esta es la característica más fácil de identificar en una fotografía. La cinta de una carretera, el rectángulo de un edificio, el perímetro de la copa de un árbol, son detalles inconfundibles. Pero hay otros cuya forma hay que conocer de antemano, como son los campos de golf, los colegios, etcétera. En general, todas las construcciones tienen forma geométrica regular, mientras que los accidentes naturales son de forma irregular. Por esta razón lo primero que se hace para *camuflar* hangares, fábricas, depósitos, etc., es dar a su contorno una forma irregular, evitando así su identificación en las fotografías obtenidas por los aeroplanos enemigos de reconocimiento. Claro está que siempre hay excepciones, y así como una presa, una cantera, pueden ser muy irregulares, hay en cambio grupos de árboles o matas que cuesta trabajo distinguir de un caserío.

3. TONO. — En una fotografía se distinguen varios tonos de gris cuya intensidad depende solamente de la cantidad de luz reflejada, para una altura dada del Sol sobre el horizonte. En la interpretación de fotografías aéreas se tropieza con el inconveniente de que la reflexión vertical puede diferir mucho de la casi horizontal, que es la que vemos ordinariamente en los paisajes o panoramas. Vista desde el suelo, el agua refleja el sol o el cielo y parece ligeramente colorada, y de ordinario más clara que el terreno; en cambio, en las fotografías verticales el agua se ve oscura, casi siempre completamente negra y más oscura que el terreno (véase figura 168). Sin embargo, el agua sucia, con barro, se ve ligeramente colorada, y en la foto-

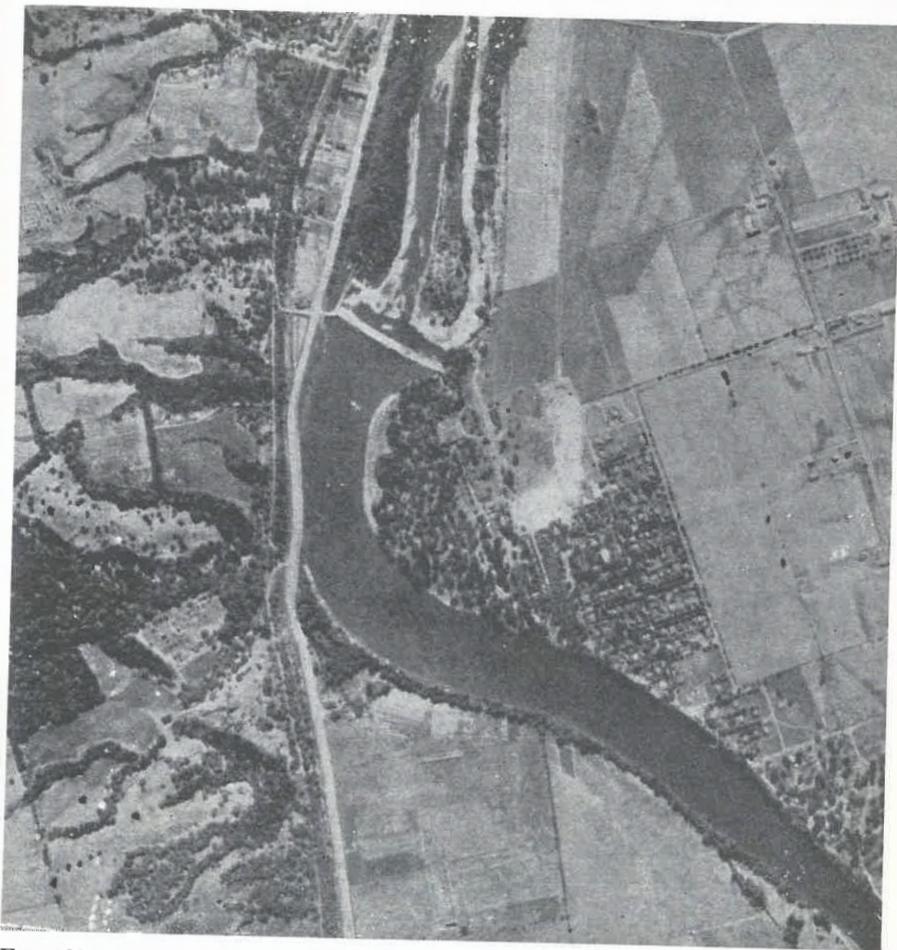


FIG. 166. — Fotografía aérea con un río, una presa, un pequeño poblado, granjas, bosques, terrenos rasos, etc.

grafía se aprecia perfectamente dónde se mezclan dos clases de agua. Las hierbas o el cereal, cuando están enhiestos, aparecen grises, pero si están inclinados reflejan la luz hacia arriba y muestran innumerables rayas brillantes. Es muy difícil disimular los movimientos de tropas en una pradera. Una carretera asfaltada se ve *al natural* más oscura que la explanación de una vía férrea, y sin embargo en la fotografía aparece ésta más oscura, porque la piedra suelta absorbe más luz que la superficie brillante de la carretera. La arena aparece casi siempre blanca en las fotografías. La mayor

o menor claridad de los diferentes terrenos cultivados depende de la fase en que se encuentra la cosecha y de la estación del año; ordinariamente, mientras más altas están las plantas, más oscuras se ven, aunque el trigo completamente en sazón aparece más claro que a mitad de desarrollo. Las fotografías de arbolado de hoja caduca resultan en otoño e invierno mucho más claras que en verano.

También es considerable la diferencia de tono entre las fotografías de terrenos húmedos y secos, de los cuales los primeros aparecen más oscuros. Esta diferencia no se debe sólo a la presencia del agua, sino a la menor luminosidad del suelo y a la mayor densidad de vegetación en los terrenos húmedos.

4. ESTRUCTURA. — Señala esta denominación a las variaciones de tono más detalladas, que sirven para distinguir unos aprovechamientos de otros. Vamos a considerar algunos de éstos:

- a) Bosque (aparece con moteado irregular y tosco)
- b) Monte bajo (moteado fino).
- c) Dehesa (lisa con manchas de rocas y árboles).
- d) Pradera (lisa).
- e) Terreno de labor (rayado).
- f) Frutales y huerta (cuadros y moteado simétrico).

a) *Bosques*. Un experto en la materia puede deducir a la vista de una fotografía la edad y clase del arbolado, pero un principiante hará bastante con distinguir los árboles de hoja perenne de los de hoja caduca. En el otoño y en invierno, la diferencia es extraordinaria, pero aun en verano los árboles de hoja perenne aparecen más oscuros. En el invierno, si el Sol está bajo, los bosques de hoja caduca aparecen como veteados, por efecto de la sombra de los árboles. La regularidad de una arboleda plantada por mano del hombre se reconoce a la primera ojeada.

b) *Monte bajo*. Hay muchas clases de monte bajo; desde el bosque nuevo hasta un pastizal abandonado. Un campo sin cultivar llega pronto a monte bajo y más tarde a bosque; el límite que separa a uno de otro depende del hombre, que deja de llamarle monte bajo para llamarle bosque. Un monte bajo puede contener gran cantidad de arbustos silvestres y grandes matojos, y aparecerá en la fotografía finamente moteado.

c) *Dehesa*. Se llama así al terreno cubierto de hierba, con monte bajo, árboles y rocas, si se trata de sierra. En la fotografía se ven las dehesas como superficies lisas o muy finamente moteadas, con manchas más oscuras que representan las matas o arbustos con sus sombras. Las pisadas del ganado forman a veces verdaderas sendas que se ven como líneas más claras en la fotografía.

d) *Pradera*. Son terrenos generalmente llanos, cuya hierba se corta para el ganado; pueden contener algunos arbustos y árboles, pero si hay demasiados la pradera se convierte en dehesa. Las praderas se ven lisas en la fotografía; la mayor o menor oscuridad depende de la altura de la hierba y de la estación del año. Hay veces en que la hierba se corta con máquina, y en este caso se ve la pradera como rayada por surcos muy finos.

e) *Terreno de labor*. Recién arado, aparece oscuro y estriado, pero cubierto ya de trigo o de otro cereal, es muy difícil distinguirlo de las praderas. Recién segado el trigo, se reconoce muy fácilmente por los haces regularmente dispuestos. El maíz, las patatas, el algodón, el tabaco y las hortalizas presentan una distribución especial muy fácil de identificar, e incluso los muy prácticos pueden colegir de la fotografía el buen estado de la cosecha.

f) *Frutales*. El cultivo más fácil de identificar es el de frutales y huertas, por la regularidad y simetría de la plantación, y con la experiencia se llega a distinguir la clase de árboles por la marca a que están plantados.

Los viñedos se distinguen perfectamente de cualquier otro cultivo. Los viveros se ven como plantaciones de frutales en miniatura.

No es posible, dentro del carácter de este libro, ocuparnos de los terrenos áridos, de las regiones desérticas, las tundras, etc.

5. SOMBRAS. — En una fotografía aérea vertical, la principal indicación sobre la altura de los objetos es su sombra. Realmente, la sombra de los objetos se parece más a éstos, tal y como estamos acostumbrados a verlos, que la forma que aparece en la fotografía vertical. La sombra de un puente colgante nos revela su figura mucho mejor que su fotografía vertical.

Importa mucho que la sombra sea alargada o segada. Las sombras cortas son preferibles para la confección de los mapas, por lo cual se toman las fotografías hacia las nueve de la mañana, ya que en las sombras se pierden muchos detalles. Sin embargo, se interpreta mejor una fotografía aérea cuando las sombras son algo largas, en parte porque hacen resaltar mejor el relieve del terreno, y en parte porque facilitan la identificación de los pequeños accidentes.

En primer lugar se determina el ángulo de las sombras, o, dicho de otro modo, la relación entre la altura de un objeto y la longitud de su sombra. Es fácil ver si una casa ordinaria o un árbol es más alto o más bajo que

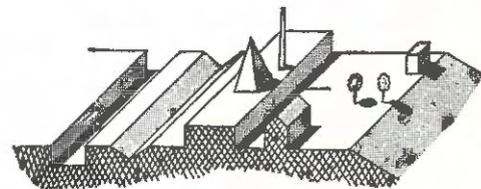


FIG. 167. — La longitud de la sombra depende de la altura del objeto, del ángulo de incidencia de la luz y de la inclinación de paredes y terrenos.



FIG. 168. — Fotografía aérea con números para su descifrado.

la longitud de su sombra, pero solamente puede determinarse con exactitud esta diferencia si se tiene un objeto de altura conocida. Lo mejor para obtener el ángulo de la sombra es que se tenga una superficie de agua, en la fotografía, en que se refleja el Sol; en este caso el agua se ve blanca en vez de negra o casi negra, que es como se ve de ordinario.

Si la sombra cae por fuera del objeto, éste se halla en alto, es decir, es un saliente; pero si la sombra cae dentro del accidente, como en una zanja, se trata de una depresión. Solamente las sombras de objetos casi verticales pueden servir para determinar altitudes. Las sombras sobre el suelo inclinado indican alturas falsas, como se ve en la figura 167, por la que sólo deben estudiarse las sombras sobre terreno aparentemente llano.

También las sombras sirven para la orientación de las fotografías: en las latitudes medias, si las sombras son cortas, el Sol está cerca de su culminación, es decir, en el Sur. En invierno y en otoño, las sombras pueden ser más largas; sin embargo, están dirigidas hacia el Norte.

Si se conocen la fecha, hora y latitud en que se obtiene la fotografía, puede determinarse la longitud de la sombra disponiendo de un almanaque solar que da la altura del Sol.

Con un estereoscopio y un par de fotografías se aprecian perfectamente las diferencias de altura y pueden determinarse estas alturas con toda facilidad. En casi todos los estereoscopios la altura queda exagerada.

6. ACCESOS. — El tamaño de los diferentes detalles está en relación con sus vías de acceso. Una casa o una granja han de tener un camino; a veces no se ve una casa, oculta por el arbolado, y se localiza gracias a los caminos que conducen a la misma. Las casas abandonadas pueden ser identificadas por sus caminos de acceso, cubiertos por vegetación. La densidad de una red de caminos está en proporción con la importancia de los caseríos o poblados. Es fácil, a veces, diferenciar una carretera de una vía férrea, porque de la primera parten caminos que van a parar a caseríos más o menos próximos, mientras que de la segunda no. Un campo arado o sembrado siempre tiene un camino de acceso, mientras que una dehesa de ganado sólo necesita una vereda. Una cantera puede identificarse al observar una depresión con

*Clave para descifrar la fotografía aérea de la figura 168.* — 1, vía férrea; 2, trinchera (sombra dentro); 3, terraplén y paso superior (sombra exterior); 4, árboles de hoja caduca (moteado irregular); 5, coníferas (más oscuras que el arbolado de hoja caduca, indicando que la fotografía se tomó en primavera); 6, monte bajo (moteado fino); 7, monte alto; 8, dehesa a pastos (raso con manchas); 9, pradera (raso); 10, terreno labrado (rayado); 11, frutales (árboles a 12 metros de distancia entre sí); 12, vivero (árboles a 6 metros); 13, granja y dependencias; 14, casa pequeña de labor; 15, residencia con campo de *tennis*; 16, carretera elevada, de hormigón o adoquinada; 17, carretera asfaltada; 18, carretera de tierra; 19, luz roja en el camino principal; 20, acueducto; 21, presa con desagüe; 22, pantano; 23, arroyo; 24, ciénaga; 25, zanja de drenaje; 26, cercado de piedra; 27, línea de energía eléctrica; 28, pedrera abandonada; N, norte; D<sub>1</sub> y D<sub>2</sub>, *drumlins*.

una carretera que llega a la misma por su parte más baja, mientras que una fábrica lleva ordinariamente una vía férrea a su lado. El sentido común es la mejor guía en el uso de los accesos como medio de identificación. Las posiciones, emplazamientos de cañones, etc., tan bien disimuladas en tiempo de guerra, se descubren casi siempre por los senderos que conducen a ellos, más que por la observación directa de los mismos. Es difícil disimular las sendas, sobre todo en la nieve.

7. PROPORCIONES. — Las dimensiones o proporciones de los edificios, jardines, espacios despejados y caminos, facilitan muchas veces la identificación del detalle. Un edificio con uno o más pabellones y campo de deportes es probablemente un colegio o residencia; varios pabellones iguales, dispuestos simétricamente respecto a otros más grandes, con jardines intermedios, puede ser un hospital; un trozo de terreno de forma rectangular, con muro alrededor y calles pequeñas en su interior, con árboles altos (cipreses), es un cementerio. Cerca de pantanos, embalses o simplemente depósitos de agua, hay que buscar algún acueducto. Si en una montaña se observa una línea dirigida hacia una presa, puede suponerse que se trata de una instalación de energía. Los barrios comerciales de las grandes ciudades se caracterizan por el gran número de automóviles aparcados en sus calles. Muchas casas pequeñas y juntas corresponden a barriadas más bien modestas, mientras que casas grandes, más bien alejadas del centro de ciudades pequeñas, indican residencias de clase pudiente. Los cuarteles, estaciones ferroviarias, fábricas, universidades, etc., tienen sus propias características que pueden reconocerse fácilmente sobre las fotografías; claro está que no pueden darse reglas fijas para ello, y la inteligencia, ayudada por la experiencia, es la que ha de decir la última palabra. Ha pasado a la Historia el caso de aquel avisado analista de fotografías aéreas que en la segunda guerra mundial descubrió una pequeña raya negra detrás de una especie de aeroplano, en Penemünde (Alemania), facilitando así a los ingleses el conocimiento anticipado de la bomba volante.

Desgraciadamente, la reproducción por grabado directo de las fotografías aéreas que se ve en las figuras 166 y 168 es mucho menos clara que las originales, pero así y todo debe intentarse descifrar esta última sin recurrir a la clave que damos a continuación.

## SEXTA PARTE

### MAPAS OFICIALES, NACIONALES Y EXTRANJEROS

En esta parte vamos a ocuparnos de los mapas principales españoles y de algunos extranjeros. En el capítulo xxxii se describen diferentes mapas para usos especiales.

#### CAPÍTULO XXI

##### MAPAS NACIONALES

En el siglo xviii, puede decirse que aparecieron los primeros mapas, al hacerse las delimitaciones entre las naciones en guerra; efectivamente, en esa época las guerras fueron casi continuas y de gran envergadura, y los movimientos de tropas tenían que planearse con anticipación y perfectamente coordinados, cosa imposible sin mapas adecuados. Los mapas holandeses del siglo xvii no eran lo bastante exactos; los editores de mapas de Amsterdam eran comerciantes y, como tales, procuraban vender los mapas baratos, y el procedimiento más económico para ello consistía en copiarlos de otros mapas ya publicados, con alguna corrección o mejora aislada, sin que se hiciera medición alguna en campo.

La medición del suelo no era idea nueva en tal época; la triangulación era ya conocida a principios del siglo xvi, aunque los instrumentos empleados eran todavía imperfectos. Hasta mediados del siglo xviii, con la invención de instrumentos provistos de anteojo, el trabajo incansable y el genio de César Francisco Cassini, no fue posible la creación del primer gran Servicio Geográfico Nacional, que confeccionó la Carta de Francia.

Para hacer un buen mapa detallado de un país es necesario primero triangular su superficie, fijando así los puntos principales y rellenando después todos los detalles por medio de la plancheta. Naturalmente, este trabajo no puede ser realizado por un solo operador, por lo cual es preciso combinar la labor de un grupo de técnicos en la materia. Por ser el ejército el princi-

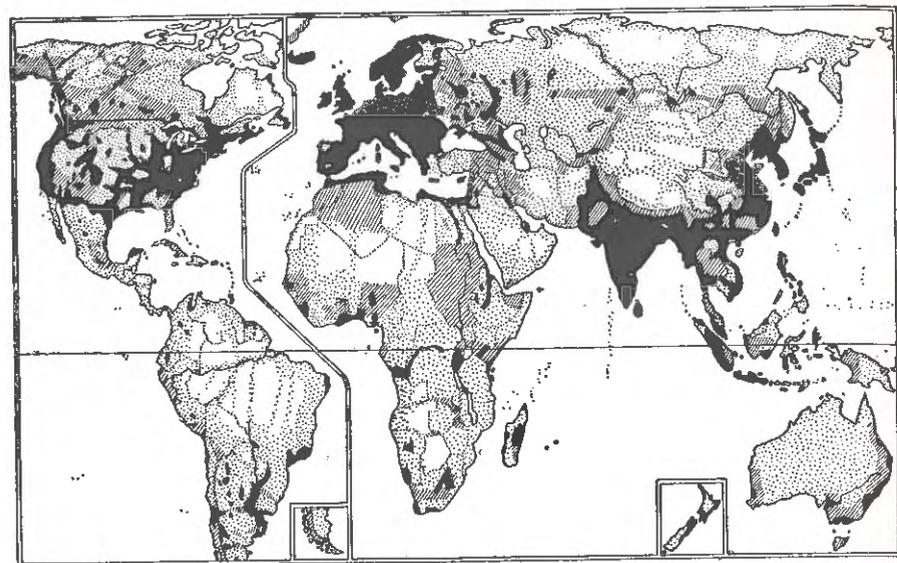


FIG. 169. — Progreso de la Topografía en el mundo. Mientras más oscuro es el sombreado, más detallados son los mapas.

pal utilizador de tales mapas, era natural que los grandes Servicios Geográficos Nacionales fueran organizados por los Estados mayores de las diferentes Potencias en guerra. El trabajo de campo para la formación de mapas era la principal ocupación de los oficiales en tiempo de paz.

Hacia mediados del siglo XIX, todo país civilizado tenía sus mapas topográficos detallados, y en la segunda mitad del mismo siglo se extendió la labor a países menos civilizados del mundo y a las colonias más alejadas. En la actualidad, casi todo el mundo tiene su servicio geográfico más o menos perfeccionado; en la figura 169 se representa el progreso de los levantamientos topográficos en las diversas partes del mundo.

Aun cuando los primeros mapas topográficos estaban destinados a usos puramente militares, bien pronto fueron utilizados en otras aplicaciones. Los ingenieros, los geólogos y otros profesionales, estimaron los mapas indispensables; por esta razón, los Gobiernos de los diferentes países emprendieron la tarea de hacer mapas aun allí donde las necesidades militares no eran predominantes, llegando hasta confeccionar de modo oficial mapas geológicos, económicos, climatológicos, etc. En la actualidad, son los propios Estados los encargados de la preparación de mapas en casi todos los países del mundo.

## HOJAS TOPOGRÁFICAS

Los mapas más importantes de los distintos países son los mapas generales a gran escala que se publican en secciones llamadas *hojas topográficas*.

**ESCALA.** — La escala de estas hojas topográficas ha de ser lo suficientemente grande para que puedan identificarse todas las montañas. Cuando se hace el levantamiento con plancheta, la escala más empleada es la de 1:20.000 ó 1:25.000, y los fotoplanos se hacen a escala mayor aún, pero los mapas se publican en escala más reducida. La mayor parte de las hojas topográficas de Europa están en escalas comprendidas entre 1:25.000 y 1:100.000; las escalas adoptadas por el Servicio Geológico de los Estados Unidos son de 1:62.500 y 1:125.000. Los mapas de algunas regiones del Canadá tienen una escala de 1:500.000, y las grandes comarcas del Brasil están representadas en mapas a escala 1:1.000.000. La escala de las hojas debe estar en relación con la capacidad económica del país, ya que de adoptar escalas demasiado grandes difícilmente llegan a su ultimación.

**División en hojas.** El tamaño de las hojas es muy variable de unos a otros países y según las épocas en que se hicieron los mapas. Con las pequeñas máquinas del siglo XIX, las hojas no solían exceder del tamaño folio. Las hojas de Alemania a escala 1:100.000 sólo tienen 27 × 33 cm. de superficie dibujada. Actualmente existe la tendencia general a aumentar el tamaño de las hojas; un automóvil de buena marcha puede fácilmente recorrer la anchura correspondiente a una hoja en menos de media hora, por lo cual hay que cambiar continuamente de hoja durante un itinerario de cierta longitud. El límite máximo del tamaño de las hojas está en la actualidad determinado, no tanto por las dimensiones de las máquinas de imprimir como por el tamaño usual de las carpetas y estantes, que raramente pasan de un metro de anchura.

**Numeración de las hojas.** El método más sencillo para numerar las ho-

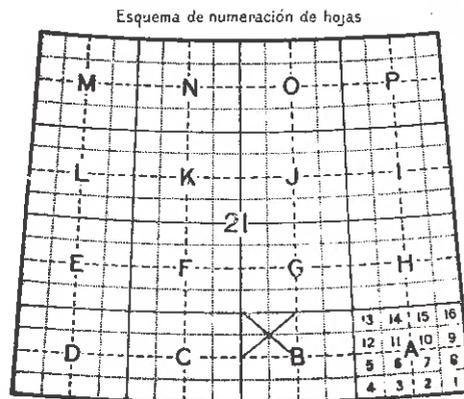


FIG. 170. — Sistema de numeración de las hojas del Mapa Topográfico Nacional del Canadá. El número de la hoja señalada con el aspa es

B  
el 21 —  
NW

jas es por su paralelo y su meridiano centrales. Pero raras veces se sigue este sistema por la complejidad de las cifras de grados, minutos y segundos. Es mucho más corriente numerar las hojas siguiendo el orden de las direcciones Este-Oeste y Norte-Sur con letras adicionales. La cosa se complica cuando los mapas están a diferente escala y hay que emplear fracciones. En la figura 170 se ve el sistema de numeración de hojas empleado en el Canadá:

a la hoja señalada con la cruz le corresponde la designación  $21 \frac{B}{NW}$

Además de su número, cada hoja se designa ordinariamente por el nombre de la ciudad más importante comprendida en aquélla, y en su defecto, por alguna montaña o detalle característico.

Las hojas del mapa Nacional Topográfico de España, del Instituto Geográfico y Catastral, publicado a escala 1:50.000, están numeradas correlativamente.

El Gobierno de los Estados Unidos ha confeccionado un índice general para todas las hojas topográficas del mundo, en el que éstas se identifican por la longitud y la latitud del ángulo (pico de la hoja) más próximo al ecuador y al primer meridiano, agregando el tamaño del mapa en grados y minutos. Por ejemplo, la hoja de Boston (Norteamérica), del Servicio Geológico, figura en dicho índice general con la designación N 4215-W7100/15', que fija la posición de su pico inferior de la derecha.

**PROYECCIÓN.** — Carece de importancia el problema de las proyecciones en las hojas topográficas, ya que la superficie cubierta por las mismas es tan reducida que se diferencia poco de un plano. Cualquier proyección en que las distancias sean verdaderas, en su parte central es buena. Las proyecciones más empleadas para las hojas topográficas son la policónica, la poliédrica, la de Bonne y las diversas cónicas más en uso. Por tener cada hoja su propio meridiano central y su paralelo de referencia, son muy pocas las hojas que se pueden unir entre sí. Los países pequeños emplean con ventaja la proyección cónica, con lo cual pueden acoplarse todas las hojas y pegarse una junto a otra. En este caso, toda la serie tiene uno o dos paralelos de referencia, con una ligera variación de escala. Las antiguas hojas del mapa de Francia a 1:80.000 estaban hechas con una proyección cónica proyectada para todo el país; la proyección total está dividida en rectángulos iguales, de modo que los bordes de la mayoría de las hojas cortaban a los paralelos y meridianos en ángulo no recto.

**SÍMBOLOS O SIGNOS CONVENCIONALES.** — Los signos convencionales no varían en siglos enteros y sólo cambian cuando métodos nuevos de grabado consienten más libertad en la elección o ampliación de símbolos. Por ejemplo, al introducirse en la imprenta el uso de los colores; el sombreado con normales fue substituido por las tintas hipsométricas, y con frecuencia se

agrega un sombreado plástico para facilitar la comprensión y descifrado de los mapas. Es especialmente importante el empleo de signos de cultivos en los mapas modernos.

Ordinariamente, se publican los signos correspondientes a una misma serie de hojas, en una hoja aparte, pero como es raro que el público consulte esta relación, o la lleve consigo, lo que se hace es indicar al margen de los mapas los signos menos corrientes.

**ROTULADO.** — La rotulación de las hojas topográficas constituye un verdadero problema, porque puede cubrir u oscurecer algunos detalles interesantes del mapa. En los mapas actuales, el rotulado es sencillo y relativamente pequeño. En el nuevo mapa francés a escala 1:50.000 se ha adoptado un tipo de letra de palo seco muy clara. Los grandes rótulos pueden suprimirse por completo y los nombres de las divisiones políticas pueden ir en un diseño reducido, como en el mapa del mundo a escala 1:1.000.000. En los antiguos mapas ingleses de artillería, los rótulos grandes estaban, con mucha frecuencia, cortados y atravesados por los letreros más pequeños.

**INFORMACIÓN MARGINAL.** — Como toda la superficie comprendida en el recuadro de la hoja está ocupada por el mapa, todos los títulos y las notas aclaratorias van fuera del recuadro, entre las cuales figuran como más importantes el número, la escala, el Norte magnético y el verdadero, la fecha, un facsímil con la posición relativa de la hoja respecto a las contiguas, y a veces el nombre del operador. Actualmente se observa la tendencia a aumentar más cada vez estas ilustraciones marginales con una clave de signos, un vocabulario extractado, etc.

Los mapas adquieren un gran valor educativo si se utiliza su reverso para consignar notas descriptivas. Por ejemplo, un pequeño resumen geográfico, completado con un mapa geológico reducido, secciones, croquis y dibujos contribuyen mucho a la mejor comprensión del mapa, acerca de la clase de terreno, incluso para las personas menos versadas en la interpretación de mapas con curvas de nivel. A veces se publican aparte estas aclaraciones y ampliaciones, pero el resultado no es tan eficaz.

**MAPAS EXTRANACIONALES E INTERNACIONALES.** — Los mapas topográficos publicados por las distintas naciones rebasan, con frecuencia, sus propias fronteras. Todo país prefiere llevar la guerra fuera de sus fronteras, por lo cual casi le interesan más los mapas de sus vecinos que el suyo propio. Y, efectivamente, algunos países del Próximo Oriente se oponen firmemente a la publicación de mapas de su territorio, ya que su principal defensa radica en lo abrupto de su suelo, conocido únicamente por sus habitantes. Se ha dicho que los países disponen de mapas para la conveniencia de sus enemigos. En todas las naciones europeas, los fuertes y demás obras militares están cuidadosamente eliminados de los mapas.

Consideraciones militares fueron las que de modo predominante induje-

ron a muchos Estados a incluir en sus mapas topográficos los de otros países extranjeros. Famosas son las colecciones de mapas de Europa Central y de los Balcanes (a escala 1:200.000), publicados por Alemania y por Austria, y los del Próximo Oriente y de los Balcanes (1:250.000), publicados por la Gran Bretaña.

La Sección Geográfica del Estado Mayor inglés y el Instituto Geográfico Nacional de Francia publican con gran actividad mapas internacionales. El nuevo mapa aéreo del Servicio Geográfico Militar de los Estados Unidos cubre el mundo entero.

Mapas verdaderamente internacionales son los preparados con la cooperación de diferentes países. El mapa internacional más importante es el Mapa Internacional del Mundo a escala 1:1.000.000, del que ya nos hemos ocupado anteriormente.

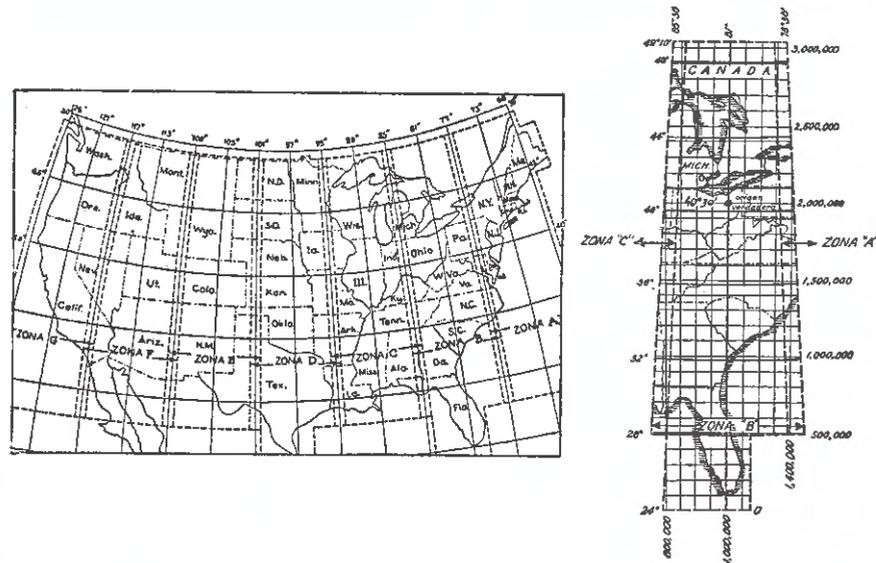
**CANEVÁS MILITAR.** — En la primera guerra mundial se demostró que las referencias de situaciones y direcciones eran demasiado complicadas en nuestro sistema corriente de paralelos y meridianos, expresados en grados, minutos y segundos, de longitud desigual. Por esta razón los franceses superpusieron en sus mapas una red o canevas de kilómetros cuadrados iguales, y en esta red cada línea se numeraba desde un punto cero, en el sudoeste de la zona de guerra.

Este sistema tiene, realmente, bastantes desventajas: en primer lugar, el llamado norte de la cuadrícula puede estar desviado varios grados del Norte verdadero, por lo cual las coordenadas de un cierto punto en el canevas son ciertas solamente en una serie de mapas, pero no lo son en otra con proyección diferente. Hay que tener además en cuenta que los cuadros del canevas no son exactamente cuadrados en la superficie terrestre, siendo distintas sus formas y su tamaño reales, según el sistema de proyección del mapa.

Contra estas objeciones se tiene la ventaja de un más fácil reconocimiento. Todo punto puede situarse con exactitud empleando una hoja de celuloide graduada que puede colocarse sobre cualquier cuadrado del canevas. Por ejemplo, en la cuadrícula kilométrica francesa puede identificarse un punto con las cifras «142,23/231,86», que significa que está a 142,23 km. al Este y a 231,86 km. al Norte del origen o punto cero (no en verdadera distancia ni dirección, sino en el cuadrículado del mapa). En el trabajo ordinario se suprimen las centenas y las centésimas de kilómetro, de modo que la notación anterior se lee «422-318», que determina la posición de un punto con cien metros de aproximación.

El Servicio Geodésico y de Costas de los Estados Unidos, junto con el Cuerpo de Ingenieros, preparó un canevas para los Estados Unidos, pero por la mucha extensión de este territorio, excesiva para una sola cuadrícula, se dividió en siete zonas, como se ve en la figura 171. Cada zona comprende 9° de longitud, de los cuales se superpone 1° por cada lado sobre las zonas

contiguas. En estas partes superpuestas se indica si es la zona Este o la Oeste la que se emplea para la situación de puntos. Este cuadrículado tiene sus mallas de 1.000 yardas de lado (914 metros). Cada zona de este canevas tiene su propia proyección cónica, con un error máximo de distancia de un



FIGS. 171 y 172. — Canevas progresivo militar de los Estados Unidos de América. En la zona B (a la derecha), las coordenadas del punto D (865,9-2172,1) están determinadas con una aproximación de 100 yardas.

0,5 por 100. Los cuadrados de esta red parten de la intersección del meridiano central con el paralelo 40°30'. Para evitar coordenadas negativas, se tomó como origen de las falsas coordenadas un punto a 2.000.000 de yardas al Sur y 1.000.000 de yardas al Oeste. El canevas de la zona Norte puede estar desviado a lo sumo 3° respecto al Norte verdadero. Este canevas está indicado en el recuadro de todas las hojas topográficas nuevas.

En el capítulo XXIV nos ocuparemos de la gran extensión de los sistemas de cuadrícula por todo el mundo.

#### MAPAS DE ESPAÑA (1)

*Instituto Geográfico y Catastral.* El mapa específico del Instituto Geográfico es el construido a escala 1:25.000 y publicado a escala 1:50.000, empleando la tercera proyección de Tissot: consta de 1.130 hojas (con Baleares

(1) Nota del Traductor.

y Canarias); la equidistancia de sus curvas de nivel es de 20 metros. El Instituto Geográfico construye y publica también mapas provinciales a escala 1:200.000, con curvas de nivel a 100 m. de equidistancia y en el sistema de proyección de Tissot.

También publica el Instituto mapas a escalas 1:1.000.000 y a 1:500.000 en el sistema de proyección policónica empleado en el Mapa Internacional del Mundo, para cuya formación tomó parte España en las Conferencias Internacionales de Londres (1909) y París (1913).

Además de estos mapas, el Instituto Geográfico levanta planos parcelarios a diversas escalas que varían de 1:1000 ó 1:10.000 con fines catastrales.

*Servicio Geográfico del Ejército.* Este servicio publica el Mapa Militar Itinerario a escala 1:200.000 y forma otros a escalas 1:100.000 (mapas de Mando), 1:25.000 (Plano director), 1:10.000 (Plano director), y colabora con el Instituto Geográfico en la formación del Mapa nacional a escala 1:50.000. También forma y edita planos a diversas escalas para aplicaciones especiales y mapas a diferentes escalas de Colonias y Protectorados. El mapa itinerario está hecho en proyección Bonne. El de mando en la de Lambert, así como los dos planos directores.

*Servicio Cartográfico y Fotográfico del Aire.* Publica varias cartas aéreas y colabora con el Instituto Geográfico y con el Servicio Geográfico del Ejército en la formación del Mapa nacional y en todos los trabajos realizados por fotogrametría aérea.

*Instituto Geológico y Minero.* Tiene a su cargo la formación y publicación del Mapa Geológico de España a escala 1:50.000.

*Instituto Hidrográfico de la Marina.* Efectúa los levantamientos de costas y las cartas náuticas propias de su especialidad.

*Dirección del Mapa Agronómico Nacional.* Realiza el mapa de esta clase a escala 1:50.000.

## CAPÍTULO XXII

### CARTAS DE NAVEGACIÓN

Las cartas marinas son tan antiguas como los mapas terrestres. Listas y descripciones de puertos (que en su origen pudieron ir acompañadas de mapas) han llegado a nosotros, procedentes, nada menos, que del siglo v antes de Cristo. Las cartas del gran navegante fenicio Marino de Tiro, del siglo I de nuestra era, fueron citadas muchas veces por Ptolomeo. Las magníficas cartas portulanas del siglo xiv se formaron con levantamientos con brújula, como se describió en el capítulo I. El primer atlas importante de cartas marinas, el *Spiegel der Zeevaerdt*, de Waghenauer, fue publicado en 1584. En los siglos xvii y xviii era un lucrativo negocio la confección de cartas marinas, establecido primero en Amsterdam y después en París y en Londres. La Oficina Hidrográfica del Almirantazgo inglés se fundó en 1795, y servicios similares se establecieron en otras naciones marítimas. El Servicio de Costas de los Estados Unidos fue fundado en 1807, pero sus primeras cartas no aparecieron hasta 1844. El Servicio Hidrográfico (Naval) de los Estados Unidos data de 1866, y dispone de cartas de costas extranjeras.

Actualmente, casi todas las costas del mundo están lo bastante medidas para la publicación de alguna clase de cartas, pero sólo una parte relativamente pequeña de tales costas ha sido levantada topográficamente con detalle. La serie más completa de cartas publicadas hasta la fecha lo ha sido por el Almirantazgo inglés y por el Servicio Hidrográfico norteamericano.

**LEVANTAMIENTO.** — Son muy considerables los adelantos conseguidos en el levantamiento topográfico de las costas y mares. El astrolabio de 60° permite fijar la longitud y la latitud de un lugar, con aproximación de algunas decenas de metros. Mediante la triangulación y la nivelación, siguiendo los métodos clásicos, pero con mejores aparatos que antes, se determinan puntos a lo largo de las costas, y las fotografías aéreas sirven para rellenar los detalles. Pero donde más adelantos se han registrado es en la topografía submarina. Ya no es necesario hacer bajar pesos considerables suspendidos de hilos de acero (cuerda de piano), con las horas que requería cada sondeo; con el sondímetro se registra la profundidad de los océanos más hondos en

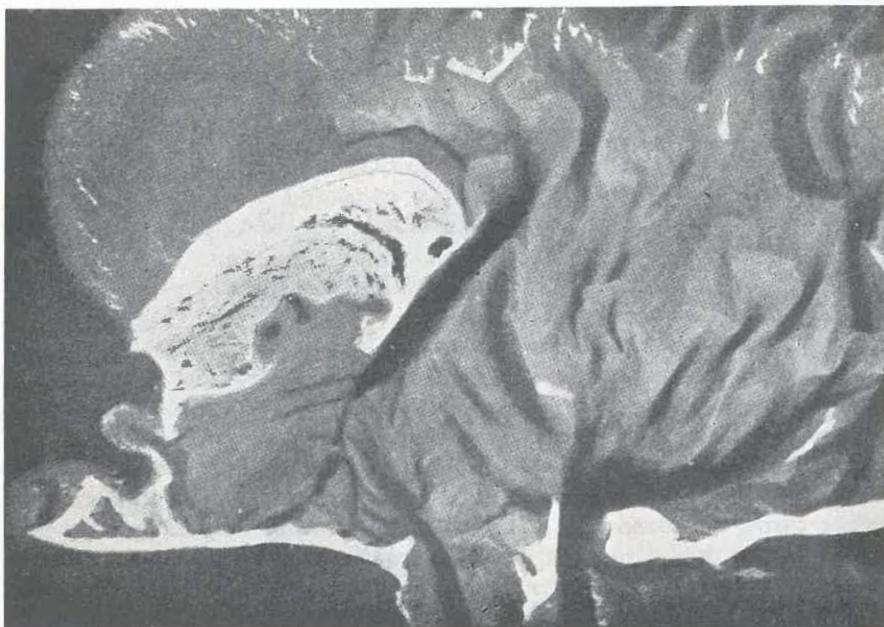


FIG. 173. — Fondo submarino arenoso.

muy pocos segundos y con gran precisión. Este instrumento consiste en un dispositivo sónico o supersónico; un sonido (*ping*) es reflejado por el fondo del mar y se mide el tiempo que tarda en oírse este eco; se calcula la distancia exacta teniendo en cuenta la densidad del agua del mar y la velocidad correspondiente del sonido. Hay sondímetros que van trazando un perfil continuo del fondo del mar a medida que va navegando el barco. En caso de un fondo con rápido declive, el sonido puede reflejarse en parte hacia los lados, habiendo algunas zonas, estrechas desde luego, en que el aparato no funciona; entonces hay que recurrir a la sonda ordinaria de peso; pero en circunstancias normales el sondímetro da al marino una idea bien precisa de su posición sobre una ruta conocida y puede identificar verdaderos «hitos» en el fondo del mar.

En los puertos no ofrece el sondímetro gran garantía, porque puede no registrar una roca o pico submarino, suficiente para partir en dos a un buque. En los puertos, el método más seguro es el de la sonda corriente de peso, ayudado con el empleo de fotografías aéreas que pueden obtenerse a través de unos 30 metros de agua clara y en las cuales quien esté ducho en la materia puede leer gran número de detalles. La profundidad del mar puede apreciarse por la mayor o menor claridad, por la clase de vegetación, por

el desarrollo de los corales y por el corrimiento de la sombra de crestas de olas. Existe una muy fundada esperanza en el empleo de la fotografía marina en colores, ya que el color, no sólo dará indicaciones más seguras sobre la profundidad, sino que contribuirá al progreso de los estudios biológicos submarinos y determinará la clase de fondo de que se trate (arena, fango, grava, roca, coral, algas marinas, etc.). La fotografía aérea ha descubierto interesantes estructuras del fondo del mar, muchas de las cuales eran hasta entonces desconocidas.

Pero no basta con que el barco «topográfico» determine la profundidad del mar; es preciso, además, que conozca su posición exacta en cada sondeo. Mientras se vean puntos de la costa de posición conocida, no hay la menor dificultad, puesto que desde el barco se mide el ángulo entre tres puntos y se determina su posición por trisección inversa. Si el barco navega por una ruta determinada y conocida puede hallarse la posición por el ángulo entre la verdadera y la visual a un solo punto.

Si el barco está fuera del alcance de la vista desde la costa, hay que emplear un equipo especial; en las aguas costeras puede seguirse el método *radioacústico* para el trazado de cartas. A lo largo del litoral se disponen boyas radiosónicas a intervalos conocidos; el barco tira una bomba en el mar y el sonido es captado por las boyas, que lo devuelven, por radio, automáticamente al barco. Conociendo la velocidad del sonido en el agua y la situación exacta de las boyas, se puede determinar exactamente la posición del barco.

Excelentes resultados se han obtenido con el empleo del *shoran*, aparato de radio mediante el cual el buque explorador emite señales en onda corta que excitan impulsiones radioeléctricas en otras estaciones receptoras-emisoras. Como las señales de onda corta no siguen la curvatura de la Tierra, las estaciones *shoran* sólo pueden emplearse para el levantamiento de costas. Los aeroplanos, en cambio, pueden utilizarlo hasta 800 kilómetros. Este es el medio más rápido para determinar una situación. Un barco dotado de *shoran* puede fijar su posición en 15 segundos.

Mapa loran

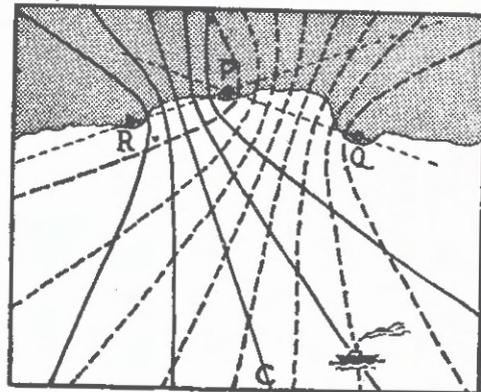


FIG. 174. — Las cartas *loran* dan la situación de un barco por la diferencia de tiempo entre las señales de radio de dos pares de estaciones. P es una estación central de doble emisión; R y Q son estaciones satélites.

En alta mar, lejos de la costa, el *loran* es el dispositivo más moderno y más usado para determinar la situación de un barco. A lo largo de las costas importantes de todo el mundo hay establecidas estaciones *loran*, ordinariamente en combinación con una estación central y una o dos satélites. La central emite una señal de radio extremadamente corta (40 microsegundos), seguida por otra señal de la estación satélite; las dos señales son recibidas por el barco. El tiempo transcurrido entre ambas señales indica que el barco debe hallarse sobre una de las líneas parabólicas que están marcadas sobre una «carta loran». Se hace otra lectura desde otra estación *loran* y la intersección de las dos líneas da la posición del barco. Las situaciones obtenidas en unos minutos por el método de las estaciones *loran* coinciden muy bien con las hechas por observaciones astronómicas, mucho más lentas.

Las estaciones y las cartas *loran* cubren actualmente las dos terceras partes de todos los océanos. El Servicio Geodésico y de Costas de los Estados Unidos ha perfeccionado el método imprimiendo las curvas *loran* en el reverso de la carta como si fuera un espejo; se determina la posición pinchando a través del papel sobre la carta ordinaria.

**ESCALAS Y PROYECCIONES.** — Al contrario de lo que ocurre con las hojas topográficas, que son todas del mismo tamaño y de igual escala, las cartas marinas son muy diferentes unas de otras, tanto en escala como en tamaño. Los puertos y los canales pueden representarse a escala de 1:5.000 a 1:60.000; para las costas muy frecuentadas la escala más apropiada es la de 1:80.000, y son muchas las cartas a escala menor aún. La mayor parte de las cartas están dibujadas en proyección Mercator, por ser ésta la única en que los rumbos están representados por líneas rectas. Estas cartas no suelen llevar escala gráfica, por la gran variación de la escala con la latitud. Los grados y los minutos van indicados en los bordes de la carta, pudiéndose utilizar para reducir la escala, ya que 1 minuto de latitud corresponde por término medio a 1 milla náutica.

Para cada océano hay publicadas cartas gnomónicas para señalar las rutas de círculo máximo de las travesías transoceánicas. Como no sería práctico el cambio continuo de rumbo en la navegación con brújula, se pasan estas rutas a una carta de Mercator. Los levantamientos originales hechos con plancheta se pasan a hojas policónicas.

**SIGNOS CONVENCIONALES.** — En muchas cartas la tierra firme se deja en blanco, señalando únicamente los datos interesantes a la navegación (faros, semáforos, agua potable, etc.). Los sondeos se indican con números y con curvas de nivel submarinas (líneas batimétricas). Ordinariamente se somborean las curvas de 2, 4 y 6 metros. La equidistancia entre curvas batimétricas aumenta con la profundidad y rara vez se representan curvas más allá de las 100 brazas. Recientemente se ha observado la tendencia a mostrar la configuración del fondo de los mares con todo detalle, por servir de mucho

a los navíos para determinar su posición mediante los instrumentos de sondeo por eco.

Existe gran confusión por la diversidad de unidades empleadas para medir las profundidades. Las grandes profundidades se miden en brazas y las menores en pies en los países que no han adoptado el sistema métrico decimal; en éstos se expresan las profundidades en metros y en sus múltiplos. Sería muy de desear la más perfecta uniformidad de signos y unidades de longitud con el empleo del mismo primer meridiano para todas las cartas.

**PLANO DE REFERENCIA.** — Ordinariamente se toma como plano de referencia para la profundidad del mar el nivel medio de la bajamar. Cuando la variación de la bajamar es muy grande de unos días a otros, o de unas a otras épocas, se toma como referencia el nivel medio de las bajamares.

Vientos muy fuertes de tierra o presiones barométricas extraordinariamente altas pueden hacer bajar el nivel inferior de las mareas. En el Atlántico, aun las mareas más bajas raramente descienden más de 30 cm. del nivel medio. Las altitudes en tierra se refieren, en general, al nivel medio de las mareas altas, por ser claramente visible esta línea en casi todas las costas; otras veces, sin embargo, el nivel medio de las mareas se emplea de acuerdo con las hojas topográficas.

Generalmente, las cartas contienen datos sobre la clase de mareas y de corrientes. De ordinario las cartas llevan impresas varias rosas de los vientos. Una rosa de los vientos lleva dos limbos; el exterior está referido al Norte verdadero y dividido en grados; el interior tiene su Norte magnético y está dividido en rumbos (cada rumbo vale  $11^{\circ}15'$ , y se halla dividido en cuatro partes). En las cartas actuales también el limbo interior está dividido en grados. También figuran en las cartas las líneas isogónicas, que indican la variación del Norte magnético de modo que el navegante no encuentre la menor dificultad en determinar el rumbo verdadero o astronómico.

La vida de una carta es siempre corta. La rápida extensión de los levantamientos aéreos, la multiplicación de los sondeos por eco, la instalación de nuevas ayudas a la navegación, el continuo dragado de los puertos, y los

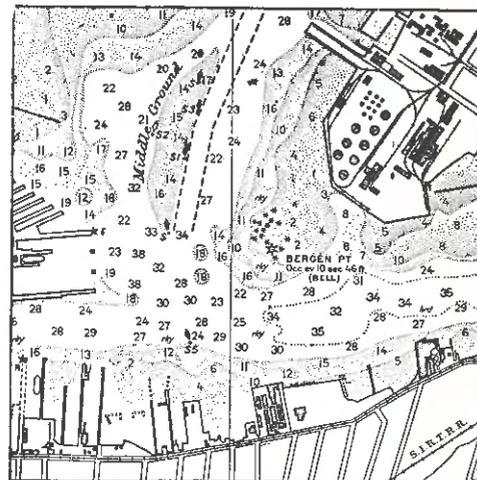


FIG. 175. — Parte de una carta marina.

cambios naturales en las costas arenosas, pronto hacen que una carta quede anticuada y requiera nueva reimpresión. Por estas razones, las cartas marinas se editan en forma más sencilla que las hojas topográficas terrestres. Raramente se emplean colores en las cartas, como no sea en forma de lavado

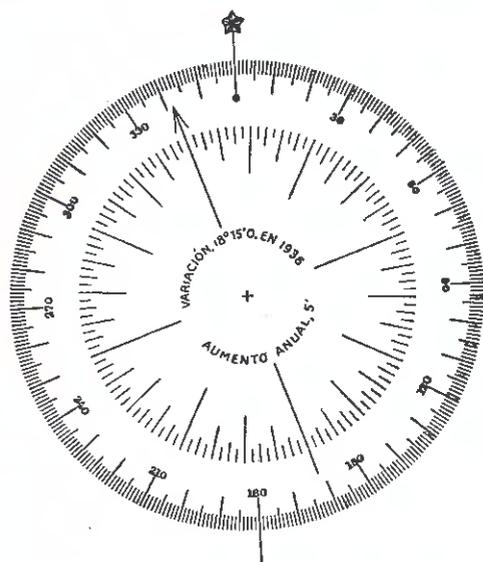


FIG. 176. — La rosa de los vientos en las cartas marinas lleva ordinariamente dos cuadrantes. El exterior tiene su Norte en el cero y está dividido en grados; el interior, que parte del Norte magnético, está dividido en cuartos de rumbo (1 rumbo =  $11^{\circ} 15'$ ).

o como reimpresión superpuesta para alguna información especial. Las cartas se imprimen sobre papel fuerte e impermeable, aunque resultan así más costosas. Las hojas de las cartas marinas son grandes, de  $60 \times 90$  cm. por término medio, para facilitar la fijación de puntos. Los grandes buques llevan un departamento cartográfico donde se archiva una serie completa de cartas para todas las necesidades posibles en sus travesías.

deriva, icebergs, etc., figuran en cartas separadas para cada océano. En el reverso de estas cartas van impresas noticias y ensayos científicos de interés para los navegantes, que proporcionan lectura provechosa durante las largas horas de la travesía. Las cartas para pilotos con las condiciones de la alta atmósfera resultan muy útiles para conocer los pronósticos meteorológicos a largo plazo.

**CARTAS DE AERONAVEGACIÓN O MAPAS DE RUTAS AÉREAS.** — En estos últimos años ha aparecido un grupo de mapas muy importante: los que sirven para el tráfico aéreo. Casi todos los mapas de rutas aéreas están a escala 1:500.000 y en proyección cónica conforme de Lambert, en la cual los ángulos son verdaderos y las longitudes presentan un error mínimo. En estos mapas se representan las carreteras, vías férreas, ríos, ciudades, montañas y vértices geodésicos, con curvas de nivel de 300 m. de equidistancia. Super-

puestos en rojo llevan estos mapas todos los detalles interesantes al aviador, como son aeródromos, estaciones de radio, radiofaros, balizas, etc.

Algunos mapas para aviación se publican en tiras o fajas, con la ruta en el eje y en la dirección del vuelo. Estas tiras tienen ordinariamente 30 cm. de anchura, correspondientes a una zona de terreno de 150 km. de ancho. Desde el punto de vista geográfico, tienen gran importancia los mapas de aviación publicados en hojas iguales orientadas al Norte verdadero. El *Sectional Airway Map* de los Estados Unidos (1:500.000), publicado por el Departamento de Comercio, es uno de los mapas modernos más interesantes para el país. La única dificultad de estos mapas estriba en que la gran equidistancia entre las curvas de nivel (300 m.) reduce su utilización geográfica ordinaria.

**CARTAS PARA PILOTOS.** — El Servicio Hidrográfico de los Estados Unidos, en colaboración con el Servicio Meteorológico del mismo país, publica mensualmente cartas para pilotos con una información muy completa: vientos, corrientes, líneas magnéticas, trayectorias de tormentas, estaciones de radio, condiciones de niebla, restos de buques a la

durante la segunda guerra mundial, el empleo de estas cartas aeronáuticas tomó proporciones insospechadas. Los aviadores tenían que volar sobre el Sahara y sobre las fronteras del Tibet, de cuyas regiones se carecía de mapas aéreos, por lo cual las armadas aéreas y navales norteamericana e inglesa emprendieron la tarea de levantar estas cartas en el menor tiempo posible; poco se tardó en elegir la mejor clase de estos mapas. La innovación principal respecto a la cartografía anterior a la guerra consistió en la adopción de colores especiales para los vuelos nocturnos, y en el empleo de papel y pinturas fosforescentes.

Los mapas para la navegación astronómica, preparados por el Servicio Cartográfico de la Armada Aérea norteamericana, cubren toda la superficie de la Tierra y están publicados a escala 1:3.000.000 en proyección Mercator. Los mapas para pilotos en uso a bordo tienen de escala 1:1.000.000 y están

construidos en proyección cónica conforme de Lambert, excepto para una faja de  $8^{\circ}$  alrededor del ecuador, que está representada en proyección Mercator, y para las regiones polares N. a  $72^{\circ}$ , que lo están en proyección este-reográfica. La tierra firme de todo el planeta está cubierta por 1.172 mapas. Europa, Norteamérica y Asia oriental disponen de mapas a escala 1:500.000, y se halla muy avanzado el mapa a escala 1:250.000. Agréguese a esto los mapas de objetivos a escala 1:125.000 y aún mayores, las cartas *loran*, las de *baja visibilidad*, las de *radar*, etc., y se tendrá idea de la cantidad fabulosa de cartas aeronáuticas producidas en estos últimos años. Fama especial gozan las cartas de navegación por radar a escala 1:1.000.000 con tintas hipso-métricas grises y medias tintas sepia.

A medida que avanza el tiempo, son más los pilotos y navegantes que propugnan por el mejoramiento de las cartas ordinarias aeronáuticas. El principal problema que se presenta es que los colores para las tintas hipso-métricas no se distinguen fácilmente al cambiar las condiciones de iluminación, y muchos creen que hubieran podido evitarse bastantes catástrofes si los pilotos hubieran distinguido los colores correctamente. También hay

18

quien cree que los colores empleados en las cartas aeronáuticas guardan escasa relación con el panorama que se divisa desde arriba, y son muchos los accidentes, como rocas, hoyos, montículos aislados, etc., que no están representados de manera satisfactoria. Un buen mapa aeronáutico podría llevar indicada la altura de los picos de sierras y cordilleras con números enteros de centenares de metros; por ejemplo, una cota de 2.830 m. estaría indicada con el número 28; podrían emplearse colores especiales para distinguir los bosques, las tierras de labor, los desiertos, marismas, etc., y el relieve pudiera representarse con sombreado plástico, y los accidentes del terreno con los signos convencionales empleados en los mapas terrestres. Como consecuencia de los trabajos incesantes en esta materia, es de esperar que en plazo breve se llegue a una clase mejor de mapas aeronáuticos creando un estilo completamente nuevo en Cartografía.

## CAPÍTULO XXIII

### MAPAS ESPECIALES

En este capítulo vamos a tratar de mapas para usos especiales, editados para fines casi siempre comerciales, por lo cual han de ser baratos y tener gran difusión. Es natural que los editores de estos mapas rehuyan el invertir grandes sumas en trabajos de campo, y que recojan el material necesario de los mapas ya existentes. Un mapa comercial ha de ser de aspecto atrayente y de fácil interpretación.

ATLAS. — Los mapas topográficos de los Institutos o Servicios oficiales están publicados en diferentes escalas, con distintas proyecciones, diferentes signos convencionales y distintos idiomas, y en general su escala es excesiva para los usos generales. Se llama *atlas* a una colección de mapas, formando de ordinario un solo tomo, publicado en un mismo idioma, con simbolismo uniforme e idéntica proyección, pero no necesariamente a la misma escala. Este nombre está derivado del dios de la mitología griega que sostiene al mundo sobre sus hombros; esta figura se ve en la portada de los atlas de la época del Renacimiento. El primer atlas de que se tiene noticia es el de Ptolomeo, compuesto de 28 mapas. En la Edad Media no se editaron verdaderos atlas. Las ediciones del atlas de Ptolomeo, publicadas en el siglo xv, con sus *Tabulae Modernae*, fueron las precursoras de las modernas tiradas de atlas, cuyo origen quizá se tenga en el *Theatrum Orbis Terrarum*, de Ortelius, en 1570. El siglo siguiente fue la edad de oro de los grandes atlas; folios de pergamino preciosamente estampados, con cientos de mapas bellamente decorados, con leyendas históricogeográficas, constituían el orgullo de todas las librerías prestigiosas de Europa. El atlas de Blaeu, de 11 volúmenes, editado en 1662, es quizás la culminación de este estilo ornamental.

Los atlas franceses del siglo xviii eran menos presuntuosos, pero no menos ricos en su contenido y sólo fueron superados por los tomos ingleses a fines de siglo.

En el siglo xix, el desarrollo de los mapas nacionales hizo decaer la importancia de los grandes atlas, que se publicaron en tamaño más pequeño

que los anteriores, sin adornos ni filigranas, y el texto geográfico era, con frecuencia, omitido. Alemania iba a la cabeza de los productores de atlas, seguida muy de cerca por otras naciones.

La *escala* de los mapas en un atlas varía según la importancia del país representado: la tendencia general es a emplear un limitado número de escalas. Los mapas de poblaciones a gran escala van intercalados por separado en los atlas. También varían las proyecciones; las que generalmente se emplean fueron estudiadas en el capítulo V. Los mapas de partes de una región grande se representan, de ordinario, en una proyección cónica, por poderse tomar como central un meridiano cualquiera.

Los atlas se imprimen en 5 a 10 colores, siendo muy rico su sistema de signos convencionales, pero muy poco uniforme de unos a otros países. En los atlas alemanes, franceses e italianos, las montañas se somborean, en general, con rayado; los ingleses emplean tintas hipsométricas; los atlas americanos no indican en general las montañas. Los atlas modernos llevan un extenso índice de pronunciación de todos los nombres geográficos contenidos en sus mapas, y dan la situación de cada lugar por sus coordenadas y por la página en que se halla.

Los atlas americanos son menos perfectos que los mejores europeos, pero en cambio son muy ricos en nombres, y sus ediciones se repiten, revisadas y mejoradas, cada año. El último gran atlas fue el del Touring Club de Milán, publicado en 1929. El *Columbus Weltatlas*, de Debes, más reciente, utiliza principalmente planchas antiguas. Un atlas general, tal como se entendía en los últimos siglos, se utiliza en un principio como referencia para la situación de lugares, pero el desarrollo de los conocimientos geográficos actuales hace que los atlas no satisfagan todas las exigencias de los tiempos presentes: el público pide más informaciones que la simple situación de puntos y accidentes. El atlas del futuro deberá contener, no sólo mapas topográficos, sino mapas climatológicos, agronómicos, geológicos, económicos y demográficos, con texto abundante y muchos datos estadísticos. Nada mejor que un atlas de esta clase para los estudios geográficos en general, pero su costo sería tan elevado y quedarían anticuados en tan poco tiempo, que difícilmente se encontrarían casas editoriales que se comprometieran a emprender su publicación.

ATLAS NACIONALES. — Si el gran atlas ideal de la Tierra está todavía en la fase de proyecto, los diversos atlas nacionales son una muestra de cómo deberá hacerse aquél. Algunos Estados y ciertas empresas privadas han editado atlas nacionales que contienen, además de los mapas puramente topográficos, tal cantidad de mapas especiales que proporcionan todos los datos informativos y estadísticos del país representado. Atlas de esta clase han sido publicados por Finlandia, Escocia, Suecia, Noruega, Dinamarca, Checoslovaquia, Polonia, Canadá, Méjico, Cuba, Yugoslavia, Argelia, Colonias fran-

cesas, Egipto, Francia (en preparación), Rusia, China, etc., y por varios Estados alemanes. Los Estados Unidos publican un atlas estadístico después de cada censo, pero la materia crece en tal proporción que tiene que dividirse tal atlas en varias publicaciones especiales. Una Comisión especial de la Sociedad Americana de Geógrafos Profesionales está proyectando la edición de un nuevo atlas nacional.

La principal dificultad con que tropieza la publicación de atlas nacionales parece ser la necesidad de lanzar nuevas ediciones cada pocos años, por el volumen siempre creciente de datos estadísticos. Otra dificultad proviene del idioma; por ejemplo, el *Grand Soviet Atlas* está publicado en ruso nada más, y su uso fuera del país es reducidísimo. Casi todos los atlas nacionales están publicados con su texto en dos o tres idiomas.

#### RELACIÓN DE LOS ATLAS MUNDIALES MÁS IMPORTANTES

El mayor atlas americano es el *Commercial Atlas*, de Rand McNally, que alcanzó su 77.<sup>a</sup> edición en 1946; este atlas pesa 10 kilogramos, mide 39 × 53 cm., y se vende por suscripciones. Su principal objetivo es la información de los hombres de negocios de los Estados Unidos. La misma editora de McNally publica una serie de atlas más reducidos para el público en general, del mismo estilo que el primero, pero con la adición de páginas que indudablemente están confeccionadas por geógrafos. Una publicación muy extendida de la misma casa es el *Goode School Atlas* (atlas escolar).

El *Loose Leaf Atlas* (Atlas de Hojas Sueltas), de Hammond, tiene bastantes mapas extranjeros y muchos intercalados con tintas hipsométricas. También publica la misma casa el *Encyclopaedia Britannica World Atlas*, de G. Donald Hudson, editado por Walter Just, con un resumen estadístico de todos los países.

Entre los grandes atlas ingleses, el mayor es el *Times Survey Atlas*, publicado por Bartholomew, en Edimburgo, en 1922. Este es el primer atlas en que se ha procurado, y muy acertadamente por cierto, representar con tintas hipsométricas el relieve de toda la Tierra. Su índice es de un gran valor. La misma casa edita el *Citizen's Atlas*, de tamaño mediano, muy popular y del cual se tira una nueva edición cada año. El *Oxford Advanced Atlas* es un atlas excelente de tipo escolar.

Muy buenos son también el *Royal Atlas*, el *International Atlas*, publicados por George Philip & Son, Ltd. También publican Philip y Darby el *Universal Atlas*, excelente para la enseñanza de la Geografía. Los mapas comerciales del Atlas Putnam constituyen probablemente el paso más avanzado en la cartografía moderna hacia un mapa utilitario del mundo entero.

El atlas alemán más famoso es el de Stieler, publicado por Justus

Perthes, en Gotha, desde 1825. Su edición «International» fue interrumpida por la guerra en 1939. Es un magnífico atlas, con un gran sistema de signos y un sombreado perfecto, aunque a algunos puede parecerle sobrecargado. Su índice es uno de los más completos del mundo. El *Allgemeiner Handatlas* (Atlas Universal), de André, editado por Velhagen y Klasing, en Bielefeld, es más moderno y de aspecto más grato que el de Stieler, y tiene además mapas especiales sobre clima, vegetación, geología, etc. El *Columbus Weltatlas*, publicado muy poco antes de la segunda guerra mundial, aventaja aún al de André en mapas especiales.

El *Touring Club Atlas* italiano, que llegó a su quinta edición en 1938, es quizá el más completo hasta hoy. Se asemeja al de André en su sombreado, y sus mapas continentales con tintas hipsométricas pueden catalogarse entre los mejores de su género. También los atlas de Agostini son de la mejor clase.

El *Atlas Universel de Géographie*, de Vivien de St.-Martin y F. Schrader (Librería Hachette), es el más conocido de los grandes atlas franceses. Es notable el sombreado tan fino de sus mapas y su rotulación tan delicada, que puede competir con los mejores atlas de los demás países.

El *Grand Soviet Atlas* (el primer tomo apareció en 1937 y el segundo en 1939) es en realidad un atlas nacional, pero con tantos mapas especiales internacionales que puede considerarse como un atlas universal. El primer tomo consta de mapas de todo el mundo y de Rusia; el segundo contiene mapas detallados de este país. Los mapas especiales se refieren a climatología, geología, regiones heladas, agricultura, industria, etc.

Entre los atlas reducidos merece mención especial el *Atlas of World Maps* (Atlas de Mapas Mundiales), publicado en Norteamérica por el Ejército para fines de enseñanza. Todos los aspectos de la vida social, desde los problemas económicos hasta los religiosos, están representados gráficamente en pequeños mapas sinusoidales, con textos explicativos.

Cae fuera de los límites de este libro el tratar de los excelentes atlas universales suecos, holandeses y suizos.

ATLAS ESCOLARES. — Desde la época de los atlas escolares de los árabes, en el siglo XII, siempre han sido los atlas de esta clase un provechoso negocio para los editores de mapas. La extensión y la finalidad de estos atlas ha variado mucho con el tiempo; los atlas actuales tienen un mayor alcance que los antiguos, que eran simplemente ediciones reducidas de los grandes atlas; en cambio, los de ahora contienen muchos mapas climatológicos, económicos y regionales.

Debido al gran mercado que tienen estos atlas, se lanzan fácilmente nuevas ediciones, y la competencia hace desaparecer los atlas defectuosos o anticuados. En los Estados Unidos son poco corrientes estos atlas, porque los textos de Geografía contienen todos los mapas necesarios, pero en Europa

se usan generalmente estos atlas, aun en los primeros grados de la Enseñanza.

Los atlas escolares han de cumplir una triple función:

1. *Informativa*. Los atlas deben contener los suficientes mapas detallados, con relieve, vegetación, divisiones políticas, densidad de población, carreteras, ferrocarriles, fabricación, etc., para que sirvan de cantera de información para los estudiantes.

2. *Pictórica representativa*. Los mapas no deben ser muy complicados: cuando un mapa contiene varios sistemas de líneas superpuestas (como, por ejemplo, isotermas e isoyetas conjuntamente) sirve muy bien como información, pero no da idea clara de la distribución de la temperatura y de la lluvia, difícil de recordar y de retener. En los mapas escolares debe omitirse todo lo que no sea esencial. Es muy conveniente disponer de un mapa general que represente las cordilleras, ciudades, ferrocarriles, etc., y de otros mapas pequeños especiales que representen la distribución de cultivos, lluvia, cosechas, idiomas, etc.

3. *Atractiva*. Para despertar el interés por el estudio de la Geografía y de la Historia, los mapas han de ser de escala grande y han de representar de modo especial las ciudades y lugares de interés histórico o social. Estos mapas a gran escala facilitan al estudiante la asimilación de las relaciones entre el mapa y la región que representa, sobre todo si van ilustrados con dibujos alegóricos. Un buen atlas escolar debe imprimir a los mapas carácter de *cosa viva* y atrayente. Los lugares más lejanos siempre nos inspiran un gran interés y por ellos se siente siempre gran curiosidad: el hombre anhela los mapas. Un buen mapa puede estimular considerablemente el estudio de hacer viajes, y cuando no puede realizarlos se conforma con viajar sobre la Geografía; las cuestiones estadísticas se hacen más interesantes llevadas a gráficos y diagramas.

Casi todos los atlas escolares utilizan en sus mapas las tintas hipsométricas, cuyos inconvenientes han sido ya puestos de relieve. El color verde aplicado a los terrenos bajos desérticos, puede conducir a confusiones. Alfred Söderlund emplea en su *Folkskolans Kartbook* (Atlas Escolar Popular) un sombreado plástico de tono gris para el relieve, y colores superpuestos para diferentes cultivos, como, por ejemplo, amarillo para las tierras de labor, verde para los bosques y blanco para los pastos y eriales. En la última edición de estos atlas se emplea el método fisiográfico para representar las montañas; este trabajo constituye el sistema más perfecto de representación conocido hasta la fecha.

MAPAS MURALES. — No se concibe una buena aula de Geografía sin mapas murales; los primeros mapas murales especialmente preparados para fines escolares fueron introducidos por Sydow y Petermann en Alemania, hace casi un siglo. Un buen mapa mural ha de estar dibujado de tal modo que

sus detalles principales se vean desde cualquier punto del aula, aunque no todos los rótulos puedan leerse con igual facilidad.

La mayor parte de los mapas murales no son más que mapas corrientes ampliados, pero el objeto de los mapas murales es muy diferente del de los



FIG. 177. — Los mapas sencillos, sin muchos detalles, son entendidos por los niños mejor que los muy completos y detallados.

tacadas dando a las sombras un tono bien oscuro. Los nombres de las poblaciones y de los ríos no pueden ser leídos desde toda la clase, pero sirven, por lo menos, de ayuda al profesor. Como los colores se distinguen desde lejos mejor que las líneas, se emplean colores para representar los diferentes tipos de suelo, como bosques, montañas, terrenos de labor, etc., y no se usan las acostumbradas tintas hipsométricas.

Pueden obtenerse buenos mapas murales mediante un proyector, cuyo ligero coste queda sobradamente compensado con el gran número de mapas que proporciona, dejando a un lado las dificultades, pequeñas por cierto, que se encuentran en su coloración. Muy útiles y prácticos para la enseñanza son los mapas murales en negro, que pueden rellenarse por el profesor y ser borrados de nuevo.

**MAPAS EN LOS LIBROS DE TEXTO.** — Casi todos los libros de texto, tanto si tratan de Historia, Geografía o Ciencias en general, como de Economía, Comercio, etc., llevan mapas y esquemas aclaratorios, siendo cada día mayor

la tendencia a ilustrar los libros de estudio con mapas y gráficas. Como estos mapas se imprimen a la vez que el texto, su tamaño está limitado a las dimensiones de las páginas, que raramente exceden de 12×20 cm. Estos mapas han de ser forzosamente muy simples: los paralelos y los meridianos van indicados solamente en los bordes; como no pueden emplearse colores, y la representación de las montañas mediante sombreado o curvas de nivel es nada fácil, se recurre al método fisiográfico como el más conveniente.

Los libros de viajes deben contener siempre mapas, siendo muy de lamentar que algunos de estos libros, de poco precio, carezcan de mapas de toda clase. Donde mejor se colocan estos mapas es en la envoltura o forro del libro, pues no sólo son más accesibles, sino que pueden plegarse y admiten, por lo tanto, un tamaño mucho mayor (unos 23×30 cm.) que si fueran dentro del libro mismo. A causa de la plegadura en el centro, el mapa se debe interrumpir en el medio, dejando una tira en blanco de 1 cm. de anchura aproximadamente. Las dos cubiertas del libro deben llevar el mismo mapa, para que si sobre una de ellas pega una etiqueta la librería que vende tales libros pueda utilizarse la otra cubierta. Como las cubiertas de los libros se imprimen aparte, se dispone de más tiempo para su preparación que para los mapas que van en el cuerpo del texto. Por otra parte, los libros deben encuadernarse o, por lo menos, dotarse de tapas nuevas cada varios años, y así se pierde el mapa de la cubierta, a menos que se faciliten a la librería otras copias del mismo.

#### MAPAS DE POBLACIONES

Los mapas o planos de población constituyen una parte muy importante del trabajo de los cartógrafos. El principal aprovechamiento que de estos planos hace el público en general es su utilización como guías callejeras en las grandes ciudades. La escala de estos planos está supeditada al tamaño de los rótulos, y puesto que cada calle ha de llevar su nombre, raramente puede ser la escala menor de 1:15.000; a esta escala no pueden rotularse las calles muy estrechas dentro de las mismas, y es costumbre muy extendida la de exagerar la anchura de las calles, a expensas de las manzanas.

Los mapas urbanos se construyen generalmente en proyección rectangular, pero es raro el representar los meridianos y paralelos. Es corriente que los grandes planos de población lleven una cuadrícula, con números y letras en sus bordes, de modo que las calles o edificios puedan determinarse por sus coordenadas. De ordinario se agrega a estos planos un índice de calles.

Los planos de población europeos tienen generalmente las manzanas coloradas con diferentes tonos. Los planos americanos representan la red de

calles tal y como son trazadas por los técnicos, tanto si las manzanas están completamente edificadas como si contienen solares.

En los mapas urbanos no suelen indicarse las colinas, principalmente por la falta de un sistema de representación adecuado: las curvas de nivel o el sombreado de rayas confundirían mucho y quitarían claridad al mapa. El mejor método consiste en el sombreado plástico con iluminación oblicua, pero la media tinta superpuesta haría subir mucho el precio y los mapas corrientes de población deben ser baratos.

Para usos técnicos de urbanismo se levantan planos de población a gran escala, con la anchura exacta de las calles, la anchura de las fachadas, etc.

### MAPAS DE COMUNICACIONES

Todos los sistemas de transporte, ferrocarriles, carreteras, buques y aeroplanos necesitan mapas para mostrar al público las rutas establecidas.

**MAPAS DE FERROCARRILES.** — Los mapas ordinarios de ferrocarriles tienen mucho de esquemáticos; su único fin consiste en poner de manifiesto la red de vías férreas y la sucesión de estaciones. Las vías aparecen más rectas de lo que son en realidad y muy simplificadas; las estaciones se ven como habichuelas en su vaina, sin ningún respeto a su posición verdadera.

Aunque estos mapas cumplen bien su cometido, es de lamentar que no se aproveche debidamente su poder instructivo. Un mapa de ferrocarriles que contuviera ilustraciones sobre la clase de terreno del país correspondiente, sobre su geología, sus productos y detalles típicos interesantes, aportaría un interés adicional a los viajes, y haría que las horas perdidas en el tren se aprovecharan como una lección amena de Geografía. Los magníficos mapas ferroviarios suizos y los elegantes y atrayentes anuncios de algunas Compañías inglesas son ejemplos muy dignos de imitación.

Algunas empresas de ferrocarriles publican mapas en tiras en que la vía férrea, en línea recta, ocupa el eje, de la tira, con información e ilustraciones a derecha e izquierda; esta idea fue introducida por Matthew Paris en el siglo XIII.

**MAPAS DE CARRETERAS.** — Los primeros mapas de carreteras vendidos o regalados por Compañías particulares eran muy poco mejores que los de ferrocarriles. Después empezaron las Compañías de combustibles a distribuir entre sus estaciones de suministro mapas para automovilistas, y la competencia ha hecho que éstos hayan ido perfeccionándose, extendiéndose su esfera a Compañías de otros géneros relacionados con la industria del automóvil. Actualmente puede decirse que en Norteamérica se imprimen más mapas de carreteras que de cualquier otra naturaleza.

Un buen mapa automovilista contiene una información muy completa, y a veces sus últimas ediciones aparecen con datos no publicados en mapa alguno. Además de las carreteras, estos mapas para automovilistas representan ciudades, parques nacionales, lugares interesantes para el turismo, etc.

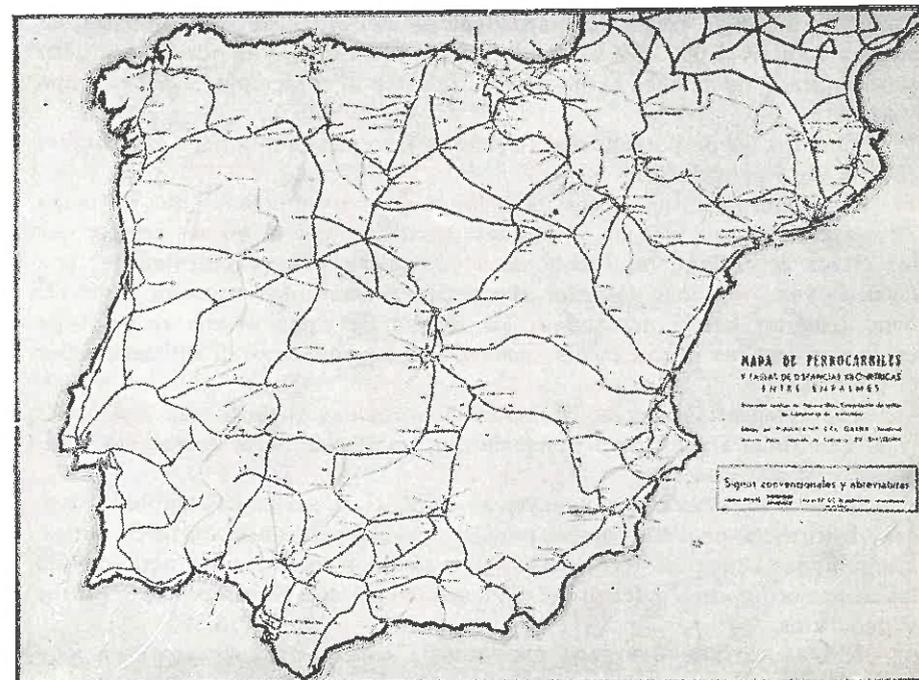


FIG. 178. — Mapa de ferrocarriles de España.

En cambio, no se ha logrado con éxito poner de manifiesto la configuración del terreno: para ello se adaptaría muy bien el método fisiográfico.

Los mapas por regiones, naciones o provincias, todos de igual tamaño, tienen la ventaja de poderse encuadernar por folios o disponerse en forma de acordeón para su más fácil manejo en ruta.

La gran popularidad de los actuales mapas de carreteras nos hace concebir la esperanza de que en plazo no muy lejano sean los mejores colaboradores en la enseñanza de la Geografía. Indudablemente, pueden estos mapas llevar indicaciones sobre configuración del terreno, lugares históricos, centros fabriles, formaciones geológicas, etc. Mucho se acerca a este *desideratum* el conjunto de mapas plegables del Real Automóvil Club de Inglaterra.

**MAPAS DE RUTAS AÉREAS.** — Las Compañías aéreas parece que están cada vez más persuadidas de las oportunidades que los viajes aéreos ofrecen al turismo y a la Geografía en general, por lo cual sus mapas son atractivos y educativos a un tiempo. Como el país pasa por debajo del observador, se estimula realmente su interés si puede seguir su propio camino sobre un mapa. Para ello, la escala del mapa debe ser del orden de 1:500.000. En un mapa a escala 1:1.000.000, a 1 km. corresponde 1 mm., y el observador poco acostumbrado no se hace cargo de esta relación al contemplar a la vez mapa y terreno.

El mapa ha de parecerse al terreno, y esto obliga a aquél a convertirse en una vista panorámica.

Un mapa de rutas aéreas tiene las mismas posibilidades que un mapa de carreteras para instruir y distraer, pero hay que tener en cuenta que las clases de cultivo, las formaciones geológicas y los accidentes de toda clase se ven muy bien desde el aire y deben estar representados de modo bien definido. En la actualidad, los mapas de rutas aéreas se publican en forma de tiras a una escala demasiado pequeña para su utilización por el público.

Las fotografías aéreas iluminadas y rotuladas constituirían excelentes mapas de rutas aéreas, pero su escala tan grande los haría demasiado voluminosos y costosos.

**MAPAS EN PERIÓDICOS Y REVISTAS** — Muchos periódicos publican, con gran frecuencia, pequeños mapas para ilustrar sucesos o noticias interesantes. Estos mapas contienen referencias sobre cambios recientes, no figurados en los mapas ordinarios, y deben ser cuidadosamente archivados por cartógrafos y geógrafos.

**MAPAS ARTÍSTICOS Y PARA PROPAGANDA.** — Estos mapas aparecen muy frecuentemente en periódicos y revistas, y en los carteles de anuncio de empresas de turismo. Desgraciadamente, estos mapas están hechos por artistas y no por cartógrafos, y a su único objeto de llamar la atención sacrifican a veces las más elementales reglas cartográficas. Casi todos estos mapas están decorados con dibujos o pinturas, o, mejor dicho, consisten en una serie de pequeñas ilustraciones situadas en el lugar que les corresponde en un mapa muy poco detallado, siendo más importantes las figuras que el mapa mismo.

La decoración de mapas con dibujos es una costumbre de la Edad Antigua, y los mapas medievales estaban llenos de figuras. Esta costumbre cayó fuera de uso en los siglos XVIII y XIX, y en la actualidad ha resurgido en los llamados mapas artísticos. El inconveniente principal de los dibujos es el gran tamaño, y empequeñecen los demás símbolos del mapa. Por ejemplo, en un mapa a tal escala que el lago Michigan se ve como un pequeño estanque, aparece un hombre de 10 km. de largo pescando un pez de 1 km.

Sobre todo, cuando están representadas las montañas en los mapas, la discrepancia entre el tamaño de un monte y, por ejemplo, el de una carreta que se acerca al mismo, raya francamente en lo ridículo. Por esta razón deben colocarse los dibujos en los claros del mapa y más o menos separados de los

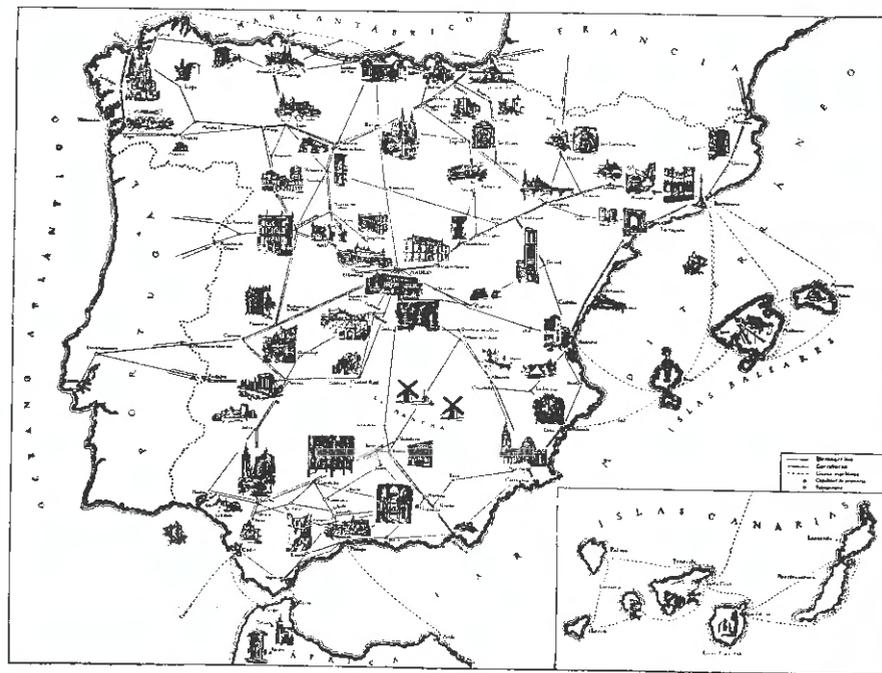


FIG. 179. — Mapa turístico de España. En esta clase de mapas pictóricos, el contorno del país o región sirve solamente de fondo a las figuras.

accidentes naturales. También puede seguirse el método de disponer dibujos pequeños en un recuadro, de modo que no puedan considerarse como formando parte del mapa mismo.

Un cartógrafo consciente, o hace un mapa pictórico muy discreto donde las líneas de aquél forman una especie de esquema que sólo sirve de fondo para la debida colocación de las figuras, o hace un verdadero mapa con todos sus detalles, en cuyo caso únicamente decora la orla el mar y los claros del mapa.

Actualmente, están muy en boga unos mapas artísticos representando carreteras que conducen de la metrópoli a los pueblos próximos. Como estos mapas casi siempre se limitan a representar las carreteras y los detalles a lo

largo de las mismas, pueden adornarse con dibujos de figuras y escenas típicas a uno y otro lado de aquéllas. La confección de esta clase de mapas constituye un verdadero recreo para la imaginación del cartógrafo y le sirve de descanso en su árida labor ordinaria

## CAPÍTULO XXIV

### CARTOGRAFÍA DE LA SEGUNDA GUERRA MUNDIAL

Puede que no sea cierto que durante la segunda guerra mundial se imprimiesen más mapas que en todas las épocas anteriores; pero lo que no admite discusión es que no ha habido mayor progreso en la Cartografía desde los tiempos de Colón. Este progreso no consistió solamente en el dibujo propiamente dicho (los mapas de guerra no se diferencian apenas, en su aspecto, de los mapas anteriores), sino en la enormidad de las extensiones representadas, en el uso intensivo del aeroplano para la formación de los mapas, y en el interés realmente mundial que despertaron.

MAPAS INGLESES. — Tanto Inglaterra como Norteamérica reorganizaron sus programas de cartografía, y de modo más activo e intenso la primera de estas naciones, donde todo el servicio de mapas fue centralizado en la Dirección del Servicio Militar Geográfico. Esta Dirección tuvo parte más activa en la guerra que su semejante norteamericano. Los excelentes mapas de Asia meridional del Servicio Geográfico de la India estuvieron a su disposición, así como los pertenecientes a los Dominios y Colonias. Al principio de la guerra se estableció la coordinación entre los Servicios de mapas de Inglaterra y los Estados Unidos; los de Inglaterra encontrados en Europa, Cercaño Oriente e India, y los de Norteamérica sobre el Pacífico. El acuerdo de disponer mutuamente de sus respectivos mapas fue altamente beneficioso para ambos Servicios. La mayor parte de los mapas empleados en la campaña del Norte de África fueron reimpressiones de las hojas del Instituto Geográfico Nacional de Francia, hechas en el propio idioma francés original, con un reticulado adicional.

Al empezar la guerra, los Estados Unidos estaban mal preparados para tal tarea: en el Army War College, de Washington, había aproximadamente medio millón de mapas diferentes, habiéndose perdido algunos importantes, sobre todo planos de ciudades modernas.

SERVICIO DE MAPAS DEL EJÉRCITO (ARMY MAP SERVICE, A. M. S.). — La demanda apremiante de mapas hizo que se organizase en 1942 el A. M. S., construyéndose en un tiempo extraordinariamente breve un enorme edificio

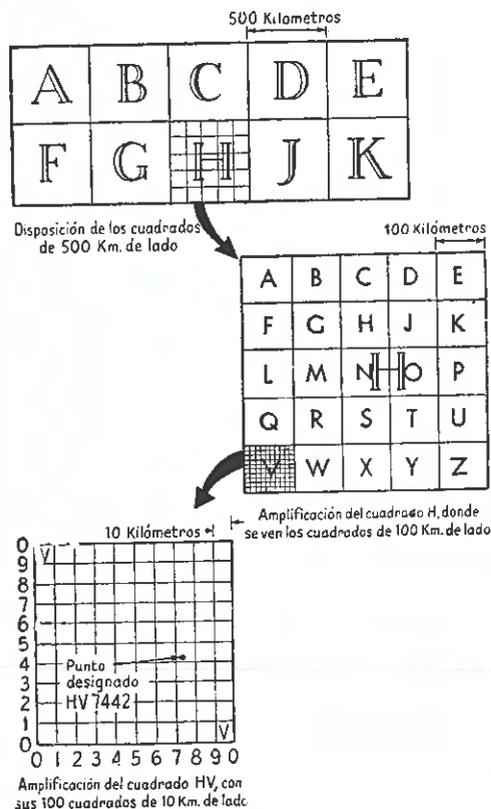
de algunas hectáreas de planta. Este edificio no tenía ventanas y estaba tan perfectamente disimulado (camuflado) que desde fuera no podía sospecharse la existencia en su interior de espaciosa salas de dibujo, grandes colecciones de mapas, talleres de grabado, imprenta, etc.

Todas las grandes colecciones del país fueron intervenidas y en muy corto plazo se dispuso de más de dos millones de mapas, formándose así la colección más numerosa del hemisferio. También se hizo una gran *requisa* de cartógrafos por todo el país. En poco tiempo se instruyó a todo el personal (cuya preparación no era del todo satisfactoria) y los mapas fueron perfeccionándose de día en día. Se organizaron cursos de cartografía en los colegios de todos los estados, y

centenares de alumnas entraron en el A. M. S., cuyo personal se compuso de varios millares de empleados. Toneladas de mapas se embarcaban en un solo día para las necesidades urgentes de la guerra, y fueron muchos los mapas que se hicieron en un solo día con tres relevos de personal.

Reproducimos literalmente un informe oficial del A. M. S. «Se confeccionaron aproximadamente 30.000 mapas diferentes y quinientos millones de hojas fueron reproducidas por el A. M. S. o por sus organismos filiales. Unas 22.000 toneladas de mapas fueron embarcadas hacia los distintos frentes de guerra. Como suplementos para los mapas se confeccionaron y reprodujeron 120.000 diccionarios geográficos.»

Para llevar a cabo esta labor se montaron centros en Washington y en varios puntos situados estratégicamente en los estados centrales y del Este. En su culminación, contaba este Servicio con más de 3.500 empleados. Además del personal propio



FIGS. 180, 181 Y 182. — Los cuadrículados ingleses y de casi todos los países consisten en una serie de cuadrados de 500 km. y de 100 km. de lado, marcados con 25 letras consecutivas; en los cuadrados de 10 km. de lado se sitúan los puntos con números.

el A. M. S. disponía prácticamente de todos los cartógrafos y litógrafos de empresas particulares. Como ejemplo del número de mapas necesarios para una operación, diremos que para la invasión de Normandía fueron suministrados por el A. M. S. 70.000.000 de hojas de 3.000 mapas diferentes. En este número no va incluida la gran aportación de mapas a cargo de Inglaterra.

Cada vez era mayor la información proporcionada por los servicios aéreos topográficos de las fuerzas terrestres y navales. El piso de los grandes despachos y salas de trabajo del A. M. S. quedó cruzado por carriles divididos en unidades de longitud, y largas filas de proyectores múltiples agregaban detalles a las zonas más importantes. Las fotografías aéreas eran de escala grande, y resultando ya insuficiente el espacio de que se disponía, se construyó otro edificio de planta aún mayor que el primero.

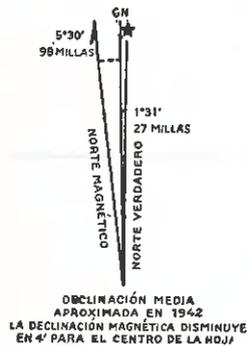
Los trabajos del A. M. S. eran muy variados: se preparaban cartas a escala reducida para el mundo entero; se rehizo y se extendió el mapa a escala 1:1.000.000. Se completó con muchos detalles el mapa, hecho a escala 1:500.000 del Pacífico occidental, y el de China, Corea y Japón a escala 1:250.000. Los mapas de África del Norte y de los teatros de guerra europeos eran principalmente recopilaciones, pero tan poco dignas de confianza, que se hizo un nuevo levantamiento, con aeroprojector, en muy poco tiempo, labor ésta que ha constituido una de las mayores empresas cartográficas de todas las épocas.

La paz no paralizó las actividades del A. M. S.; su programa contenía materia sobrada para varios años; últimamente se ha extendido su tarea al levantamiento del mapamundi completo mediante fotogrametría aérea, por los métodos trigonométrico y del aeroprojector múltiple.

**CANEVÁS MILITARES (CUADRICULADO).** — Los reticulados militares se extendieron mucho en la segunda guerra mundial, y se emplearon generalmente en todas las operaciones. Sin embargo se produjo un gran confusión. Los ingleses, franceses, holandeses, noruegos, rusos, etc., tenían cada uno su propio sistema de canevás, y a veces distintos sistemas antiguos se emplearon en series antiguas o modernas de mapas construidos en proyecciones diferentes. Unas veces se tomaba la yarda como unidad de longitud y otras el metro. Poner orden en este estado caótico de medidas y sistemas fue labor poco envidiable de los cartógrafos militares.

Los mapas de Europa, Asia, África y Australia fueron cuadrículados por los ingleses. Pero como los mapas empleados no estaban todos construidos en la misma proyección, no pudo adoptarse un sistema único de canevás. Por esta causa se recurrió a dividir el viejo mundo en zonas o fajas, cada una de las cuales tenía su propio reticulado superpuesto en su propio color característico. En la mayor parte de estas zonas se adoptó el sistema métrico decimal. Cada una de estas fajas se dividía primero en cuadrados de 500 kilómetros de lado que se señalaban con una letra cada uno, empleando todas

las letras del alfabeto, excepto la I. Estos cuadrados se dividían, a su vez, en 25 cuadrados de 100 kilómetros de lado que se designaban con dos letras: en los mapas a gran escala estos cuadrados de 100 km. de lado volvían a dividirse en 100 cuadrados de 10 km. de lado, y éstos en cuadrados de 1 km. de lado, y a veces se llegaba hasta cuadrados de 100 metros de lado; estos últimos cuadrados y hasta los de 100 km. de lado se numeraban



**REFERENCIAS DEL CANEVÁS EN ESTA HOJA**  
**LETRA:** Debe usarse para esta hoja. Se toma del mapa o de un diagrama  
**NÚMEROS:** Prescindase de los números pequeños impresos junto a las esquinas del mapa, que sirven para hallar las coordenadas en <sup>os</sup> redondos, como, por ejemplo 370000 LEANSE SOLAMENTE LOS NÚMEROS MAYORES IMPRESOS EN EL BORDE O EN EL CENTRO DEL MAPA, como, por ejemplo:

<b>PUNTO: GBANGBAMA</b>		<b>LETRAS: qZ</b>	
Este	Norte	Este	Norte
Se toma el borde occidental del cuadrado en que está el punto y se lee la 1ª cifra del n° colocado en el extremo N. o en el S. o en el centro de dicha línea. <i>Se aprecia a ojo las décimas, hacia el Este</i>	Se toma el borde Sur del cuadrado en que está el punto, y se lee la 1ª cifra del n° colocado en el extremo E. o O. o en el centro de dicha línea. <i>Se aprecia a ojo las décimas, hacia el Norte</i>	4	9
Este	Norte	44	97

**REFERENCIA: qZ 4497** A los 1000 metros más próximos

Unidad	.	.	.	Metro
Cuadrado	.	.	.	10000 metros
Referencia más próxima, distante una letra	.	.	.	500 Km.

FIG. 183. — En los mapas militares se consignan instrucciones sobre el cuadrulado, como en este de Sierra Leona, a escala 1:250.000. La lectura completa, en metros, para Gbangbama sería 444.000-597.000.

empezando por el vértice inferior de la izquierda y continuando hacia la derecha y hacia arriba (fig. 180). En la designación con letras y números no se emplean guiones entre unos y otros. En los países y regiones de poca extensión como Egipto y Malta no es preciso emplear letras. En los mapas

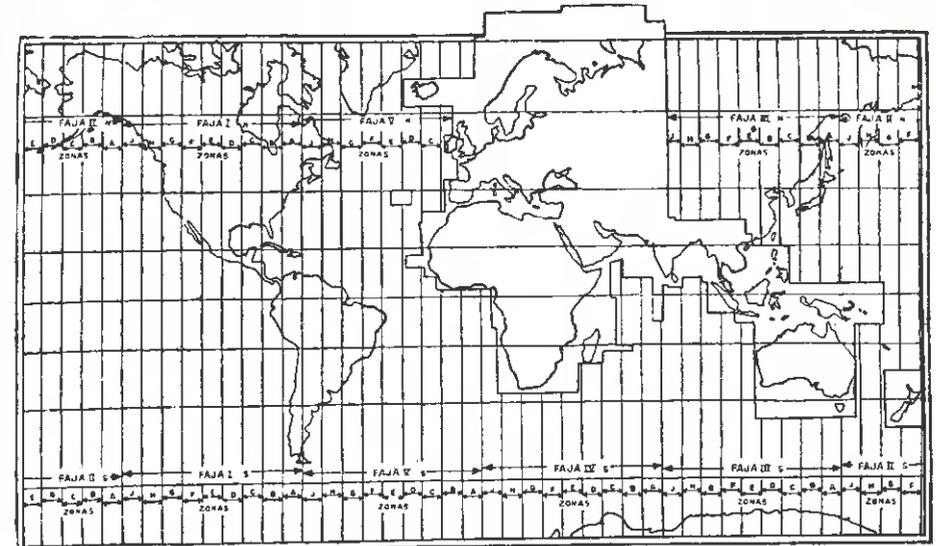


FIG. 184. — El canevás militar progresivo de Estados Unidos se extendió a todo el mundo durante la guerra, excepto en aquellos lugares en que se empleó el canevás inglés o los de otros países.

de la India, África del Sur, Australia, Malaya y otras posesiones inglesas, aunque el sistema de canevás es el mismo, se emplea la yarda en vez del metro como unidad de longitud.

Todos los mapas ingleses llevan en su margen unas instrucciones para la interpretación correcta del canevás impresas en el mismo color que el reticulado; en la figura 183 se ve un ejemplo de tales instrucciones. Muchos mapas llevan además una nota descriptiva del sistema de canevás empleado.

En el capítulo XXI, nos hemos ocupado del canevás militar de los Estados Unidos. Análogas retículas policónicas fueron preparadas para Hawaii, Panamá y para las islas Filipinas. El Canevás Policónico Universal es una ampliación del canevás anterior que cubre todas las regiones no cubiertas por los ingleses y que quedan limitadas a las Américas, al Asia oriental y a los océanos. Este sistema puede aplicarse, sin embargo, a cualquier parte del mundo, excepto a las regiones boreal y austral, de 72° de latitud.

El mundo se divide en este sistema en cinco bandas de Norte a Sur, cada una con 73° de anchura (longitud) y con 1° de solapa o superposición.

La faja I comprende a Norteamérica y la faja II está al oeste de la primera; cada faja está dividida en nueve segmentos llamados *zonas*, cada una de 9° de anchura con 1° de solapa, como en el sistema local. Estas zonas se marcan de Este a Oeste con las letras *A, B, C, D, E, F, G, J*. Para cada una de estas zonas se dibuja una proyección policónica sobre la cual se traza un canevas de 1.000 yardas de lado cada cuadrado (914 metros). El origen de la retícula de parte de la zona Norte de 28° N. está sobre el meridiano central, a 40° 30' para concordar con el canevas nacional. Para el resto de la zona, el origen se halla en la intersección del ecuador con el meridiano central. Para evitar valores negativos, el origen realmente empleado en la faja norte está a 1.000.000 de yardas al oeste, y a 2.000.000 de yardas al sur del origen verdadero. Entre el ecuador y los 28° N. el origen que se toma se halla sobre el ecuador a 1.000.000 de yardas al oeste de su intersección con el meridiano central. Las referencias en el canevas universal son análogas a las del militar antes indicado, excepto en el caso en que se precise la referencia completa, reseñándose entonces la faja, zona y hemisferio. Por ejemplo, una reseña completa sería: IIBN1,329,-200-2,625,400. No obstante, en los mapas a gran escala, donde se conoce la situación aproximada del punto de que se trate, basta con la referencia 29,2-25, 4 para situarlo con menos de 100 m. de error.

**EL CUADRICULADO UNIVERSAL DE MERCATOR.** — Los sistemas superpuestos de retícula causaron innumerables confusiones durante la guerra, siendo preciso recurrir a la retícula transversal de Mercator, que por ser conforme se presta a cálculos muy sencillos. El mundo se divide en fajas de 6° N.-S., que llegan de los 80° N. a los 80° S.; las zonas empiezan en los 180° y se numeran hacia el Este. El origen es la intersección del meridiano de cada zona con el ecuador. Las fajas y las zonas llevan un rebase o solapa de 25 millas, pero no se tiene en cuenta para las referencias. El error de escala en la proyección es menor de 1:2.500. Para Norteamérica, se usa el esferoide de Clarke, de 1866.

Los mapas de mayor escala del A. M. S. se construyen en la actualidad en la proyección transversal de Mercator, incluso las nuevas hojas topográficas a escala 1:25.000 y 1:50.000.

**LA OFICINA DE SERVICIOS ESTRATÉGICOS (O. S. S.)**—Así como el A. M. S. preparaba mapas principalmente para usos tácticos, la O. S. S. acopiaba material para aplicaciones estratégicas más generales. Los mapas de la O. S. S. eran muy variados: desde un mapa mineralógico de Alaska, hasta un mapa religioso de Hungría. Los distintos grupos de campo de la O. S. S. tenían instrucciones para recoger todos los mapas que pudiesen obtener, y así la colección de mapas de la O. S. S., dirigida por el Dr. A. H. Robinson, pasó del medio millón de mapas diferentes.

El trabajo del recopilador estaba separado del propio del dibujante, e incluso se hallaban en locales diferentes. El recopilador tenía un libro con

todos los tipos de rotulación y una carta general en colores y con estos elementos tomaba los detalles que necesitaba o trazaba un mapa esquemático, escogiendo cuidadosamente el espesor de las líneas fronterizas, el tipo de letra, etc. Este método daba al geógrafo-recopilador una gran responsabilidad, y el dibujo propiamente dicho de los mapas era realizado por artistas y delineantes. Aunque en circunstancias normales la labor del cartógrafo es tanto de geógrafo como de artista, y es preferible que así sea, en las condiciones impuestas por la guerra, el método de Robinson dio excelentes resultados.

**CARTAS AERONÁUTICAS.**—La mayor demanda de mapas nuevos, mejores y más numerosos procede de las Fuerzas Aéreas. Durante la guerra, el Servicio Cartográfico Aeronáutico de las Army Air Forces coordinó las actividades de las diferentes firmas editoras de mapas. Las cartas aeronáuticas eran de escalas muy variadas: de 1:250.000 (Filipinas e Indochina), a 1:500.000 (mapas generales) y hasta de 1:1.000.000 y 1:3.000.000 para los mapas internacionales. Gran parte de este trabajo fue encomendado al A. M. S., al Servicio Geodésico y de Costas y a empresas particulares. Además, se dibujaban cartas en cinco oficinas diferentes, y todas eran editadas por el Servicio Cartográfico Aeronáutico.

Los mapas aeronáuticos no se diferenciaban fundamentalmente, de los anteriores a la guerra. Las altitudes se indicaban con tintas hipsométricas, y todos los detalles e informes puramente aeronáuticos iban superpuestos en color púrpura sobre una proyección conforme Lambert. En algunas cartas, los colores se tomaron de modo que pudieran ser apreciables con luz ultravioleta o anaranjada durante los vuelos nocturnos. Los colores púrpura, sepia y naranja daban a las cartas un aspecto extraño: el color verde sólo se usaba para los mapas que se habían de consultar a la luz del día. Muchas cartas se imprimían en papel fluorescentes o con tintas fluorescentes.

No obstante el cuidado puesto en estos mapas, no puede decirse que fueran perfectos, ya que en ellos no se distinguían las diferentes masas de cultivo, la configuración del terreno y muchos detalles interesantes, y no porque se considerasen innecesarios, sino por la dificultad que suponía el cambiar el sistema existente en plena fiebre de guerra. Los mapas aeronáuticos

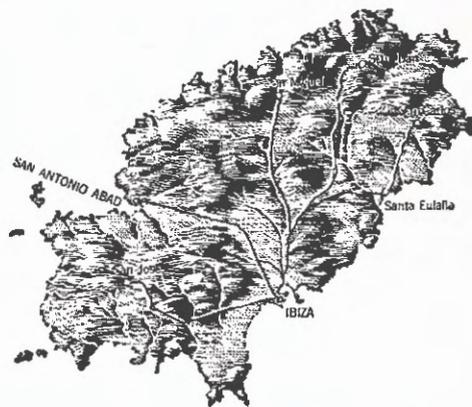


FIG. 185. — Mapa de Ibiza (Islas Baleares), preparado por la O. S. S.

1:10.000 y 1:25.000, tanto por fotografía aérea como por reproducciones, completadas y puestas al día.

**MAPAS DE CARRETERAS.** — La guerra, totalmente motorizada, necesitaba el conocimiento perfecto de todas las carreteras, por lo cual se prepararon mapas a escala 1:500.000 de todos los países en guerra, con sus carreteras clasificadas por anchuras, clase de encintado, resistencia de sus puentes, etc.; tanto las pendientes muy pronunciadas como las curvas muy bruscas se indicaban mediante signos especiales.

**MAPAS DE ATERRIZAJE.** — Las operaciones de aterrizaje se proyectaban con absoluta precisión en la coordinación de todas las actividades guerreras y requerían el empleo de mapas y cartas muy detallados que se dibujaban en todas las escalas, a veces hasta de 1:1.000, con indicación de los diferentes tipos de subsuelo, clases de playas, alturas de las mareas y topografía del interior. Estos mapas estaban orientados de modo que el mar quedaba abajo y la tierra firme arriba, diferenciándose en esto de la orientación casi universal al Norte.

**CARTAS MARINAS.** — La producción de guerra del Servicio Hidrográfico de la Armada ascendió a unos 45 millones de cartas al año. Un gran número de cartas japonesas que fueron intervenidas se revisaron e imprimieron después de corregidas. Las cartas de aproximación (accesos) a escala 1:72.000, en proyección policónica, y las de bombardeo a 1:36.000, tenían un canevas de 1.000 yardas de malla y se empleaban tanto en tierra como sobre el mar. También se prepararon varias series de cartas para los navegantes aéreos. Se publicaron cartas *loran* para todas las rutas marítimas principales. Las *Pilot Charts* mensuales se imprimían sobre papel impermeable, y podían manejarse en botes salvavidas y en balsas; este papel estaba impregnado de una substancia plástica y se hacía más fuerte cuando se humedecía. En la guerra submarina prestaron gran servicio las cartas de corrientes, de temperaturas y de sedimentos de fondos. Las cartas propiamente marinas y las de oleajes fueron muy útiles a los aviadores navales. También se hicieron mapas especiales para las regiones polares, donde fallan los métodos ordinarios de navegación. El *Ice Atlas* (Atlas de Hielos) del hemisferio boreal contiene la mayor colección de datos sobre hielos hasta ahora conocida en el mundo entero.

Todo lo dicho sobre estas actividades e intensificación de trabajos puede repetirse para el Servicio Geodésico y de Costas. Las cartas corrientes náuticas, las de mareas y corrientes, las aeronáuticas, las magnéticas, las sismográficas y gravimétricas fueron perfeccionadas al máximo. Las cartas náuticas se tiran actualmente con tintas hipsométricas de color sepia.

**MAPAS DE SALVAMENTO.** — Se llamaron así a los mapas (preciados recuerdos de la guerra) a escala 1:1.000.000 del Pacífico, impresos en nilón. Estos mapas resistían perfectamente una inmersión prolongada en agua sa-

lada, podían lavarse y solamente se decoloraban un poco a la luz del sol; formaban parte estos mapas del equipo de los botes inflables de caucho usados como botes salvavidas en los aeroplanos.

**PUBLICACIONES ESPECIALES. GLOSARIOS, ETC.** — El A. M. S. publicaba continuamente tomos de glosarios, especie de diccionarios geográficos, con la latitud, la longitud, traducción (en caso de tenerla) y reseña de coordenadas respecto al canevas empleado, de cientos y de miles de lugares. Esta publicación se hacía con la cooperación de la Oficina de Nombres Geográficos del Departamento del Interior de los Estados Unidos. El *Glossary of Geographic Names* fue de extraordinaria utilidad en el uso de los mapas japoneses, italianos y alemanes. Estas notas, en cada hoja topográfica, constituyeron un excelente complemento de gran utilidad para los soldados que lucharon en Túnez, con mapas a la vista, reimpresos directamente de ediciones francesas. También se publicaron varios folletos con los signos empleados en los mapas extranjeros. El A. M. S. adoptó muchas veces algunos signos de mapas de otros países cuando eran más adecuados que los signos norteamericanos.

**Batallones topográficos.** Cada cuerpo del ejército tenía un batallón topográfico de campo, compuesto de equipos de fotografía, de dibujo y de imprenta que preparaba en campaña mapas especiales para las operaciones locales. Estos batallones funcionaron de manera excelente y la eficacia de su labor fue realmente maravillosa. Bajo la demanda imperiosa de un nuevo tipo de guerra y sin trabas de ninguna clase, estos batallones confeccionaron mapas de gran originalidad y muchas de sus innovaciones fueron adoptadas después en Washington. En los mapas del sector del Pacífico hubo que poner especial interés en los signos de cultivos y vegetación, por ser de importancia vital el conocimiento de la clase de selva o sabana de que se tratara.

**Mapas informativos.** Tanto el Ejército como la Armada de los Estados Unidos publicaron durante la guerra unos mapas con ilustraciones, notas y diagramas para la información, en el campo, sobre los hechos más salientes, de modo más claro y eficaz que cualquier periódico o revista. Estos mapas se hacían a base de fotografías o relieves, con un sombreado plástico sencillo, pero perfectamente representativo. También se publicaban mapas para el público en general por empresas particulares, atendiendo a la gran demanda que se hacía de esta clase de información gráfica.

**El Departamento de Estado de los Estados Unidos.** A la Sección de Geografía del Departamento de Estado de Norteamérica se deben grandes progresos en Cartografía general. Grandes mapas y globos terráqueos fueron preparados en gran variedad, poniendo de manifiesto los factores afectados por los tratados de paz. Muchos mapas de esta clase se publicaron en el *Atlas of World Maps*, referentes a clima, idiomas, religiones, suelo, economía, comunicaciones, etc. Los mapas consistían principalmente en un conjunto de continentes sobre una proyección sinusoidal.

*Atlas particulares.* En 1944, y con muy poco intervalo, se publicaron tres atlas pequeños: *A War Atlas for Americans* (Atlas de guerra para americanos); aunque publicado por una empresa privada, fue preparado con la ayuda del Estado. En estos atlas se comprendían los problemas históricos y estratégicos de la guerra. El atlas *Look at the Earth*, de Harrison (Mirada a la Tierra), también se refería a problemas geográficos y estratégicos de la guerra. El *Atlas of Global Geography* (Atlas de Geografía global o universal), de Erwin Raisz, era un atlas geográfico general con algunas páginas especiales sobre distribución geográfica de enfermedades, analfabetismo, zonas de pobreza o miseria, etc. Todos estos atlas llevaban gran cantidad de texto, de la cuarta parte a la mitad del espacio ocupado por los mapas; en los tres se hizo uso de un cierto número de proyecciones ortográficas, o de fotografías de globos desde diferentes ángulos.

*Mapas en periódicos.* Nunca estuvieron los periódicos tan documentados con mapas como durante la segunda guerra mundial. Estos mapas, que ilustraban situaciones variables de hora en hora, y que tuvieron que ser corregidos muchas veces minutos antes de entrar en prensa, satisfacían cumplidamente la ansiedad de noticias



*Retirada alemana.* — El mapa indica la posición aproximada del frente de batalla en Túnez; según los últimos despachos, las fuerzas del Eje se habían retirado de las posiciones elevadas, que fueron tenazmente defendidas. Las banderas indican los sectores correspondientes a las diferentes naciones, y las flechas señalan la dirección de los principales avances.

FIG. 186. — Los mapas de los periódicos se perfeccionaron mucho durante la guerra.

no tanto a los nuevos sistemas como a la extensión y a la intensidad de los trabajos. La aviación, no sólo produjo mapas de casi todo el mundo, sino también mapas especiales como los de objetivo, los de radar y los mapas fluorescentes para vuelos nocturnos.

Los mapas sociales y económicos del mundo formaban parte de la guerra política, psicológica y económica, empleando nuevo simbolismo y nuevos métodos.

Agregando a todo esto el interés creciente del público, que estimulaba la producción de los mapas informativos, de modelos en relieve, atlas, etc., y todos los elementos de que se dispuso en la guerra, se concibe el progreso de la cartografía durante esta época, sin precedentes en la historia geográfica.

que sobre la marcha de la guerra sentía todo el público de las retaguardias más o menos lejanas. Los mapas de la Associated Press eran retransmitidos a los periódicos asociados por telefoto-fografía.

RESUMEN. — Los mayores progresos de los mapas durante la guerra no consistieron tanto en nuevos sistemas cartográficos (la demanda militar urgente no daba tiempo a muchas investigaciones) como en la enormidad de la superficie cubierta por los mapas. Se hicieron de nuevo mapas de países enteros y se duplicó la extensión de las superficies levantadas en mapas de gran escala. Esta gran ampliación no hubiera sido posible sin la fotografía aérea; exceptuando el método trigonométrico, también en este procedimiento de fotografías aéreas el progreso se debió

## SÉPTIMA PARTE

## ESPECIALIDADES CARTOGRÁFICAS

La Geografía moderna se va convirtiendo cada vez más en una ciencia exacta y entre los geógrafos se marca acusadamente la tendencia a emplear métodos cuantitativos en los análisis regionales. Es muy significativo el aumento constante de mapas estadísticos, diagramas y cartogramas en las publicaciones geográficas periódicas. Las gráficas de estas representaciones están hechas, las más de las veces, por estadísticos y economistas y no por geógrafos; pero importa mucho al geógrafo estar familiarizado con tales métodos.

## CAPÍTULO XXV

## DIAGRAMAS

La ciencia actual hubiera encontrado grandes dificultades en su progreso y, desde luego, no hubiera podido ser transmitida sin el uso de diagramas, que representan un segundo idioma para los hombres de ciencia pura y para los ingenieros y que caen dentro de la esfera de acción de los cartógrafos. En realidad, los diagramas no forman parte de ningún sistema cartográfico, pero desde el momento en que se emplean en mapas estadísticos y constituyen una parte fundamental de las ilustraciones geográficas, su inclusión en un libro de Cartografía parece estar justificada. Se usan indistintamente los términos «gráfica» y «diagrama»; los economistas suelen emplear también la palabra «mapa» y a veces «carta», pero por tener estos términos su significado bien preciso en Cartografía, no los usamos ni creemos recomendable su empleo para designar gráficas o diagramas.

**GRÁFICAS DE BARRAS.** — Estas son las gráficas más sencillas, empleadas para la simple comparación de cantidades que se representan con barras de igual anchura y de longitud proporcional a la cantidad de que se trate en la escala elegida. Las barras pueden disponerse horizontal o verticalmente, según los casos; las horizontales tienen la ventaja de que sus indicaciones

numéricas se leen más fácilmente que en las verticales; pero en cambio se ha demostrado que con las barras verticales se aprecian mejor las distancias o altura de las mismas. Estas clases de gráficas son muy expresivas y fáciles de comprender, pero no resultan prácticas cuando una de las cantidades es

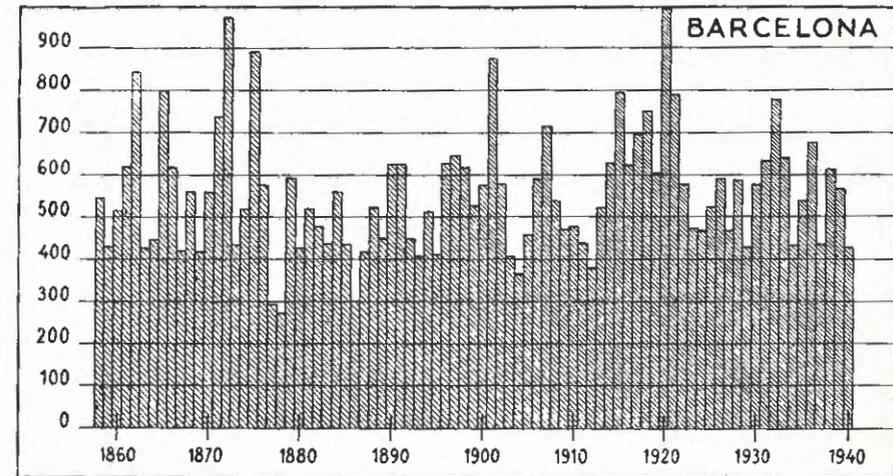


FIG. 187. — Lluvia en Barcelona, en milímetros, de los años 1858 a 1940. (Diagrama de barras verticales o columnas).

varios centenares de veces mayor que otra, porque en este caso las cantidades menores son apenas visibles. Las gráficas de barras pueden subdividirse, y pueden rotularse encima con perfecta claridad (fig. 187).

Hay muchos tipos de gráficas de barras. En la figura 189 se ven varias series de barras que representan la variación de diferentes elementos con el tiempo. A esta clase de gráficas suele llamarse a veces *gráficas en escalones*; cuando las subdivisiones están expresadas en centésimas se dice que estos diagramas son «gráficas de porcentaje». A veces se disponen las barras a uno y otro lado de una línea vertical, que representa el cero. Se ha comprobado experimentalmente, en los escolares, que estas gráficas dobles son más fáciles de retener en la memoria que las corrientes que tienen el cero a un lado.

El valor de estas gráficas aumenta considerablemente si en las barras mismas o junto a ellas se consignan las cifras numéricas exactas.

**GRÁFICAS UNITARIAS.** — A veces se dividen las barras en unidades, formando una fila o una columna de círculos o rectángulos iguales, o de figuras que representan determinadas cantidades. Estas gráficas unitarias, no sólo se usan para animar y dar vida a informaciones periodísticas, sino que se emplean en fábricas, comercios, bancos y entidades oficiales para indicar la

marcha de ciertos elementos o factores de consumo, producción, etc. Las fracciones de unidad pueden representarse muy bien cuando se emplean



FIG. 188. — Las gráficas pictóricas unitarias se emplean generalmente para la simple comparación de cantidades.

el tiempo sobre el eje horizontal; la variación de la cantidad de que se trate queda representada por una curva, cada uno de cuyos puntos está determinado por dos coordenadas.

En esta clase de gráficas conviene trazar un cuadrículado de líneas muy finas tanto verticales como horizontales, correspondientes a las diferentes unidades, con objeto de deducir fácilmente los valores representados por cada punto de la curva. Estas líneas auxiliares no deben estar demasiado próximas entre sí: de uno a dos centímetros es una distancia conveniente.

Aun cuando la teoría de las gráficas lineales es extremadamente sencilla, existen varias causas de error contra las cuales hay que precaverse. En primer lugar hay que tomar cada valor de la variable sobre la ordenada levantada en el punto que representa el valor del tiempo correspondiente al primero. Si se trata de valores promedios, como, por ejemplo, la temperatura

anual se toman las temperaturas medias mensuales en el punto medio de cada mes, y los puntos resultantes se unen con una curva continua. El número de los años o el nombre de los meses se escribe directamente debajo del punto correspondiente. Si se trata de valores progresivos (por ejemplo, la producción de automóviles), se toma el valor de cada año al final del mismo, y así se anota en la gráfica. En todos los casos, y para evitar confusiones se anotan los años entre las ordenadas, y no directamente al pie de las mismas.

GRÁFICAS LINEALES. — Se emplean estas gráficas para representar el cambio de una variable en función de otra. Una de las variables es ordinariamente el tiempo, pero puede ser otra cualquiera. Se acostumbra tomar

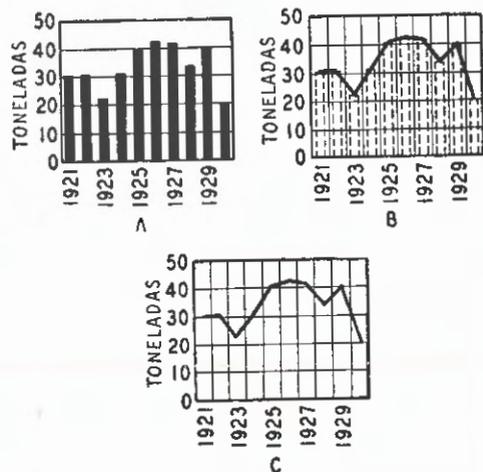


FIG. 189. — La variación de algún elemento respecto al tiempo puede representarse mediante gráficas de barras o de línea escalonada.

anual se toman las temperaturas medias mensuales en el punto medio de cada mes, y los puntos resultantes se unen con una curva continua. El número de los años o el nombre de los meses se escribe directamente

debajo del punto correspondiente. Si se trata de valores progresivos (por ejemplo, la producción de automóviles), se toma el valor de cada año al final del mismo, y así se anota en la gráfica. En todos los casos, y para evitar confusiones se anotan los años entre las ordenadas, y no directamente al pie de las mismas.

Cuando la gráfica se refiere a una variación continua, el error que se comete es menor si se unen los puntos conocidos (datos) mediante una curva continua, que si se unen con trazos rectos. Si se trata de una variación no continua, como la curva de precios del acero, por ejemplo, conviene trazar una línea quebrada.

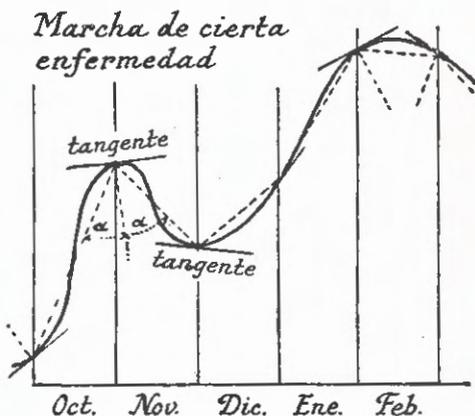


FIG. 190. — Cuando la variación es continua, se cometen menos errores trazando una curva también continua.

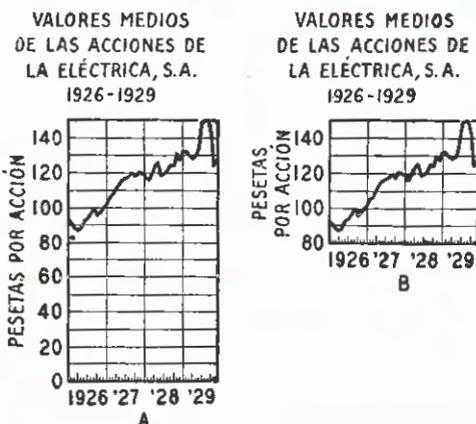


FIG. 191. — Una escala vertical incompleta, B, puede dar una idea falsa sobre la variación del elemento representado.

presentada toda la escala vertical. En toda gráfica lineal debe dibujarse el eje horizontal de trazo grueso, para que se destaque bien.

La escala vertical debe elegirse de tal modo que la curva no indique una variación vertical excesiva. Las gráficas semejantes a las oscilaciones de un sismograma no son fáciles de leer. También es importante que el valor total esté representado desde el cero, es decir, que la gráfica no quede cortada en la base de las ordenadas, porque una variación realmente pequeña puede aparecer como extraordinariamente grande. Si hay que economizar espacio, se interrumpen las ordenadas cerca del eje horizontal, para llamar la atención sobre el hecho de no estar representada toda la escala vertical.

**AUMENTO DE LA POBLACIÓN EN LOS ESTADOS UNIDOS 1800-1930**

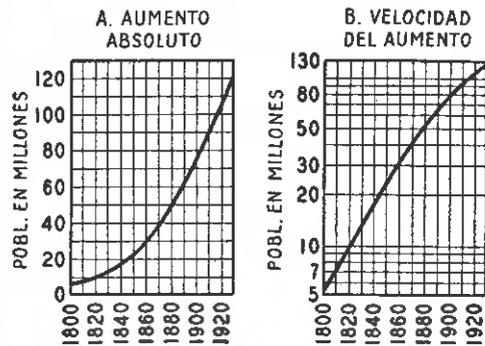


FIG. 192. — La gráfica con escala natural nos dice solamente que la población es siempre creciente, mientras que la gráfica logarítmica pone de manifiesto que la velocidad del aumento va disminuyendo.

**NUEVA INGLATERRA PRODUCCIÓN INDUSTRIAL CON INDICACIÓN DEL VALOR PARA CADA AÑO**

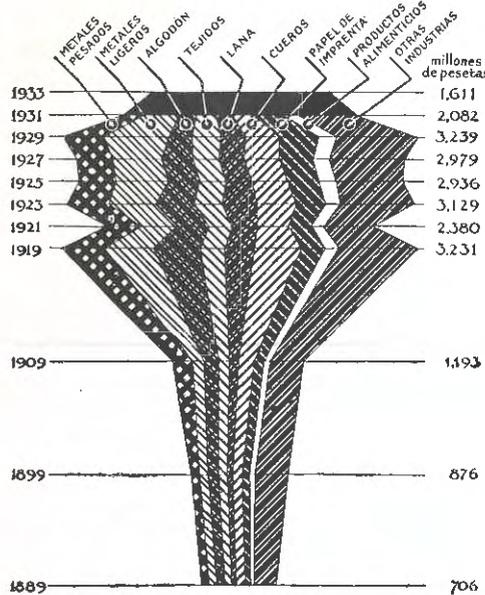


FIG. 193. — Gráfica de fajas simétricas con escala vertical de años.

**GRÁFICAS LOGARÍTMICAS.** — Cuando no interesa conocer la variación en sí, sino la velocidad con que tiene lugar, se emplea una escala vertical logarítmica. En la figura 192 se ve este procedimiento: la gráfica de la izquierda representa el aumento de la población de los Estados Unidos tomado sobre una escala vertical aritmética o natural; gran número de habitantes han ido sumándose de diez en diez años. Pero si se compara este aumento con la población total se encuentra que la *velocidad del aumento* va disminuyendo constantemente, como se ve claramente en la gráfica de la derecha, cuyo eje vertical lleva escala logarítmica. Las gráficas logarítmicas se emplean, generalmente para representar la variación de las cotizaciones de acciones y obligaciones.

Los papeles logarítmicos pueden adquirirse en las tiendas de artículos para ingeniería. Al papel cuya escala horizontal es natural y la vertical es logarítmica se le llama *papel semilogarítmico*. Esta clase de papel se emplea mucho en los trabajos geográficos.

**GRÁFICAS DE FAJAS.** — Cuando se subdivide una gráfica lineal, y las fajas formadas por las subdivisiones se coloran o se somborean de modo diferente, se tiene la llamada *gráfica de fajas* (figura 193). Esta gráfica pone también de manifiesto que el ele-

mento tiempo puede tomarse lo mismo sobre el eje horizontal que sobre el vertical. Las gráficas de fajas no son fácilmente legibles, sobre todo cuando las cantidades representadas son muy variables. En algunos casos resulta ventajoso substituir estas gráficas de fajas por varias gráficas independientes. En la figura 194 se ve una gráfica de fajas que da la variación de determinados tantos por ciento en función del tiempo. Cuando ello es posible, las fajas más estrechas y de menos variación deben ir en la parte baja o, en el caso de la figura 193, en el centro de la gráfica.

**CURVA MEDIA DE LAS GRÁFICAS OSCILANTES.** — A veces se obtiene una gráfica tomando los valores medios de observaciones aisladas, en *sube y baja*, como, por ejemplo, cuando se trata de temperaturas. Cada observación se anota por las coordenadas correspondientes al valor leído. La curva media se traza de modo que en una faja vertical estrecha cualquiera haya igual número de puntos por encima que por debajo de la misma. También puede trazarse la curva de modo que sean iguales los momentos de los puntos situados a uno y otro lado de aquélla, es decir, de tal manera que en cada

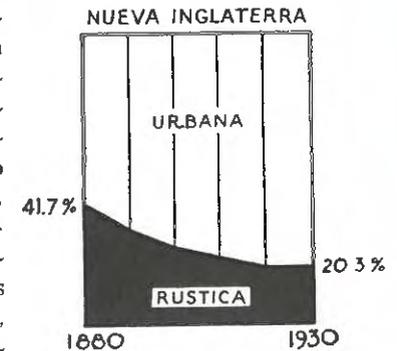


FIG. 194. — Gráfica de porcentajes.



FIG. 195. — Curva media obtenida de valores oscilantes.

estrecha faja vertical la suma de las distancias de una curva a los puntos de encima sea igual a la correspondiente de los de abajo. El procedimiento más rápido, pero no el más exacto, para el trazado de la curva media, consiste en tomar dos puntos consecutivos y substituirlos por uno solo situado en el medio de la línea de unión de aquéllos. Si la curva así obtenida presenta todavía demasiadas oscilaciones, se repite la operación con la nueva serie de puntos, hasta que la curva sea bien continua y regular. No hay que decir que las curvas medias obtenidas por los dos métodos antes indicados no coinciden una con otra; la primera, llamada curva media, no varía si se disponen algunos puntos más altos sobre la misma, pero este cambio afectaría considera-

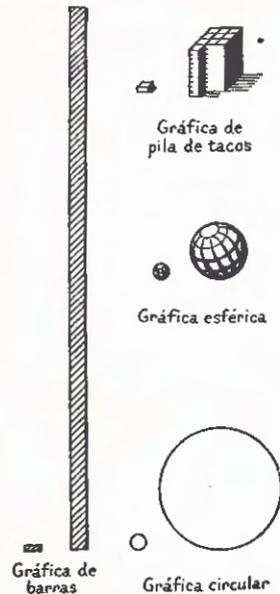


FIG. 196. — Diferentes clases de gráficas que ponen de manifiesto la relación de 100 a 1 entre dos cantidades.

blemente a la curva central, que es la obtenida por el segundo procedimiento.

**GRÁFICAS SUPERFICIALES O DE DOS DIMENSIONES.** — En esta clase de gráficas, el área o superficie de un círculo, de un cuadrado o de otra figura cualquiera, es proporcional a la magnitud representada. Cuando hay que comparar varias gráficas superficiales se toma la raíz cuadrada de cada cantidad en cuestión y se mide sobre el diámetro de los círculos o sobre el lado de los cuadrados o sobre líneas homólogas de figuras semejantes.

**Gráficas circulares.** Estas son las gráficas superficiales más corrientes; se usan frecuentemente para comparar cantidades, en vez de hacerlo con gráficas de barras, pero divididas de ordinario en partes más pequeñas para indicar los tantos por ciento. Esta división puede hacerse trazando un círculo sobre el papel transparente o sobre una hoja de celuloide y dividiéndolo en 100 sectores iguales; se coloca esta hoja sobre la gráfica circular, centro sobre centro, y se pinchan los porcentajes. Las gráficas circulares no son fáciles de comparar entre sí, ni de rotular; además

no se prestan a tomar medidas sobre ellas, como se hace con las de barras. En cambio tienen la ventaja de que se las puede disponer muy juntas y de ocupar poco espacio para poner de relieve la diferencia entre cantidades muy grandes y otras muy pequeñas.

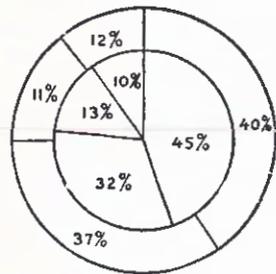


FIG. 197. — Los diagramas anulares se emplean para dividir las subdivisiones. Las cantidades representadas no se comparan con facilidad en estas gráficas.

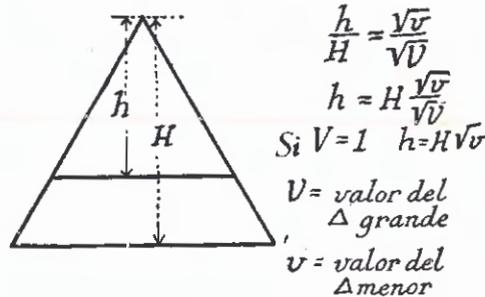


FIG. 198. — Los diagramas triangulares son muy adecuados cuando uno de los valores es muy grande en comparación con los demás.

**Diagramas anulares.** Cuando hay que dividir de nuevo las subdivisiones de una gráfica circular se recurre a los diagramas anulares. Para ello se calcula el radio correspondiente a la cantidad total, y se traza primero el círculo mayor; después se traza el círculo interior, de modo que su superficie sea proporcional a las subdivisiones. Aun cuando resulta muy difícil el comparar las subdivisiones, los diagramas anulares se emplean mucho en los atlas estadísticos europeos.

Las gráficas cuadradas se rotulan más fácilmente que las circulares, y se subdividen también con más facilidad.

**Gráficas rectangulares y de otras formas bidimensionales.** En estas gráficas se hace que el área de un rectángulo, de un cuadrado o de otra figura geométrica plana sea proporcional a las cantidades representadas. Pueden emplearse distintas figuras geométricas para los diferentes objetos o elementos representados. Las gráficas rectangulares se prestan muy bien a la subdivisión de subdivisiones. Un ejemplo práctico puede verse en la figura 225.

**Gráficas unitarias de dos dimensiones.** En vez de un solo círculo o cuadrado es preferible a veces dibujar una serie de círculos más pequeños, todos de igual tamaño, o cuadrados o triángulos. De este modo puede apreciarse la cantidad representada contando las unidades dibujadas. Este es el método empleado en la figura 264.

**GRÁFICAS DE TRES DIMENSIONES.** — Estas gráficas consisten en el dibujo de prismas, cilindros o esferas, o de otros cuerpos geométricos cuyo volumen es proporcional a las cantidades representadas. El volumen del cilindro está dado por la fórmula:

$$V = \pi r^2 h$$

donde  $h$  es la altura del cilindro. El volumen de una esfera  $\frac{4}{3} \pi r^3$ . En el caso de esferas o de cubos, las raíces cúbicas de las cantidades representadas son proporcionales a los diámetros de las esferas o a la arista de los cubos. Los prismas se dibujan isométricamente; las esferas y los cilindros se dibujan con sombreado suficiente para dar la sensación de relieve. Estas gráficas se prestan muy bien a la comparación de cantidades de valores muy diferentes. Tienen, en cambio, la desventaja de que es muy difícil apreciar, a primera vista, el volumen de los sólidos geométricos; por ejemplo, dos esferas cuyos volúmenes estaban en la relación de 1 a 100, fueron mostradas a los alumnos de una clase; la mayoría coincidió en afirmar que las esferas estaban entre sí en la relación de 1 a 20.

En vez de cubos pueden dibujarse prismas rectangulares. Se han hecho muchos ensayos para lograr que la forma de los prismas expresen la variación de su volumen. Por ejemplo, sobre las tres dimensiones de un prisma se tomaron los ingresos de una ciudad (1) por la industria (2) por el comercio y (3) por otras fuentes de riquezas; la escala es de raíces cúbicas. De este

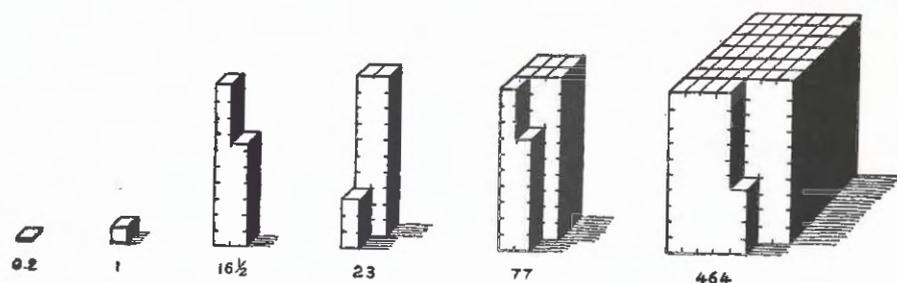


FIG. 199. — Bloques de cubos para la comparación de cantidades. Los bloques tienen la altura de 10 cubos. Las pilas incompletas se dibujan delante.

modo, no sólo se aprecia el total de los ingresos, sino también la clase de los mismos.

**SISTEMA DE BLOQUES DE TACOS.** — Para vencer la dificultad de apreciar el volumen de las gráficas de tres dimensiones se ha propuesto un método en que los sólidos geométricos se dividen en unidades que pueden contarse por separado. El elemento fundamental de este sistema es un pequeño cubo correspondiente a una cierta unidad de la cantidad representada. Las cantidades mayores se representan apilando los cubos unos sobre otros en número de 5 ó 10. A partir de 10 se agrupan los cubos del modo que se indica en la figura 199, colocándose los bloques incompletos en la parte delantera, para poder contar fácilmente sus unidades.

Las ventajas de este sistema son: 1) los bloques pueden contarse y medirse fácilmente; 2) pueden subdividirse los bloques, y 3) pueden hacerse anotaciones numéricas directamente sobre los bloques. El efecto plástico de

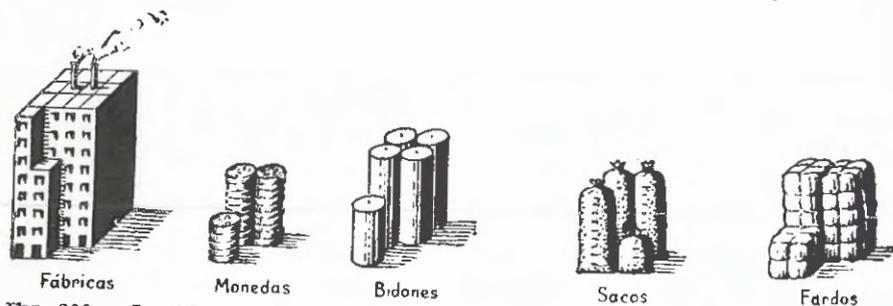


FIG. 200. — Los bloques de cubos se sustituyen a veces por símbolos representativos.

los prismas es superior al de la esfera, sobre todo si se somborean convenientemente. Un buen tamaño para la arista del cubo unidad es 1,5 mm. Cuando la naturaleza de los objetos representados lo exige, se pueden substituir los bloques por símbolos gráficos.

**GRÁFICAS PICTÓRICAS.** — Los diagramas usuales llaman poco la atención del público en general, pero el interés de todos sube de punto en cuanto se da al diagrama un sentido realista mediante figuras simbólicas representativas.

Las gráficas de barras y de bloques pueden animarse empleando fardos o cajas de base constante. Las gráficas circulares se forman a veces con discos simulando monedas; y las gráficas cilíndricas suelen substituirse por montones de monedas, grupos de bidones, sacos, toneles o fardos.

Hay que tener gran cuidado en el dibujo de los gráficos simbólicos en que las cantidades están representadas por hombres o animales de tamaños proporcionales a aquéllas, y no por una serie de figuras todas de igual tamaño, porque para que tales figuras resulten precisas debe ser su altura geoméricamente proporcional a la raíz cúbica de las cantidades respectivas, y *psicovisualmente*, a la raíz cuadrada cuando menos (regla ésta que con mucha frecuencia se pasa por alto). Por otra parte, no es fácil comparar los tamaños de las figuras representadas.

Mejores son las gráficas simbólicas unitarias, muy en boga en estos últimos años; en estas gráficas, las cantidades se representan con series de figuras esquematizadas, cada una de las cuales corresponde a una cierta cantidad. Por la facilidad con que se pueden contar y recordar estas figuras, resulta esta clase de gráficas de un gran valor didáctico. En realidad son gráficas de barras, divididas éstas en unidades que pueden contarse.

**GRÁFICAS EN ESTRELLA O DE DIRECCIONES.** — Se emplean estas gráficas para representar magnitudes en que interviene la dirección. Quizá la gráfica en estrella más conocida es la rosa de los vientos que se encuentra en las cartas para pilotos y en los mapas climatológicos. En estas rosas, una línea representa con su longitud el número de horas que ha soplado el viento de una determinada dirección. El número de bárbulas es proporcional a la velocidad media del viento. Así como en las rosas de vientos las flechas están dirigidas hacia el centro, en las rosas corrientes representativas de otras magnitudes, la dirección de las líneas radiales es del centro hacia fuera. Como información complementaria de los mapas de comunicaciones puede dibujarse una especie de rosa con el desarrollo de las



FIG. 201. — Falsa impresión de gráficos simbólicos mal dibujados. La altura de las siluetas debe ser proporcional, por lo menos, a la raíz cuadrada de las cantidades correspondientes.

vías férreas y de las carreteras en una determinada zona o región. También se forman estrellas muy instructivas con el crecimiento del número de habitantes de una ciudad de diez en diez años. El método ordinario para cons-

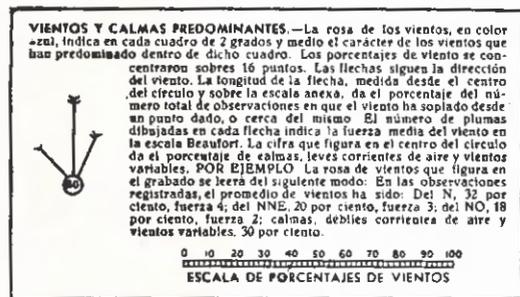


FIG. 202. — Rosa de los vientos en las cartas para pilotos (Estados Unidos).

truir estas gráficas consiste en trazar 16 ó 32 líneas a partir de un mismo punto, que es el centro, de tal modo que todos los ángulos consecutivos sean iguales, y tomar sobre cada una de estas líneas la cantidad que corresponde a su propio sector. Para facilitar la comparación se acostumbra unir los extremos formando una estrella más o menos regular. **GRÁFICAS RADIALES.** — Son semejantes a las estrellas, pero con la diferencia de que los radios no representan direcciones, sino una o más variables medidas desde el centro. Estos son los esquemas *econográficos* de Griffith Taylor, que estudió la habitabilidad de varios países para la raza blanca y expresó los resultados en una gráfica cuya construcción se deduce de la figura 204. El inconveniente de este método es que no tiene en cuenta algunos factores muy importantes para la habitabilidad de un lugar. Por ejemplo, el sur de California, con sus regadíos y su producción de petróleo es mucho más habitable de lo que representa el diagrama. Con todo, la idea de esta clase de gráficas es excelente, y empleando ocho coordenadas en vez de cuatro para los ocho factores geográficos más importantes, pueden establecerse comparaciones muy interesantes entre diversas regiones. Las gráficas radiales se prestan muy bien para la representación de variables *cíclicas* o *periódicas*, que se repiten con el tiempo. Por ejemplo, la lluvia y la temperatura anuales se pueden representar perfectamente con este método: las formas características de las curvas resultantes son fáciles de recordar. Los radios se dividen en partes proporcionales a 1,  $\sqrt{2}$ ,  $\sqrt{3}$ ,  $\sqrt{4}$ , etc., de modo que cada anillo tiene la misma superficie que otro cualquiera. Así se pueden comparar las super-

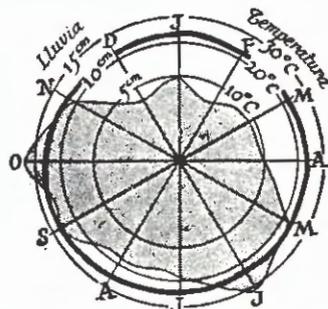
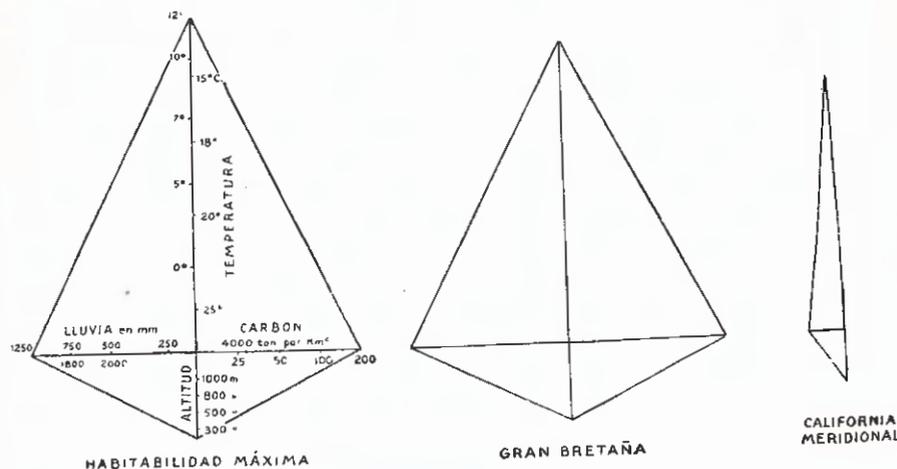


FIG. 203. — La línea gruesa representa las temperaturas medias mensuales, y la superficie sombreada, la lluvia media en la Habana. Las divisiones de los radios corresponden a la raíz cuadrada de los valores.

ficies contenidas en un cierto contorno y que representan cantidad de lluvia con las de otros contornos.



FIGS. 204 Y 205. — Esquemas econográficos de G. Taylor.

**DIAGRAMAS VOLUMÉTRICOS.** — Estos diagramas son gráficas tridimensionales construidas en modelos en relieve o dibujados en perspectiva isométrica, para poder comparar tres variables diferentes. En el capítulo XXXI describiremos el método de la construcción isométrica, cuyo nombre significa que si se divide un modelo en pequeñas secciones prismáticas verticales el volumen de cada sección resulta proporcional al producto de las tres variables. Los diagramas volumétricos se usan mucho en meteorología y en climatología. La variación de la insolación con la estación del año y con la latitud se representa de ordinario en esta clase de diagramas.

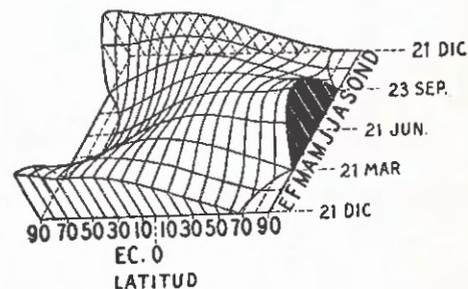


FIG. 206. — Diagrama volumétrico que representa la relación entre tres variables: la insolación en función de la latitud y de la estación del año.

**GRÁFICAS TRIANGULARES.** — Una gráfica triangular puede representar tres variables en porcentajes (fig. 207). Estos diagramas se emplean mucho para indicar la composición de rocas, terrenos, etc., pero pueden construirse para tres variables cualesquiera.

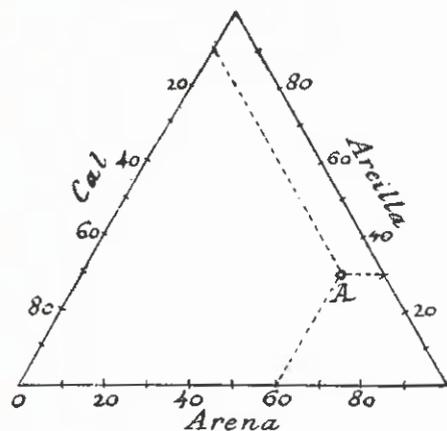


FIG. 207. — Los diagramas triangulares representan claramente tres variables, expresadas en tantos por ciento. La muestra de tierra A se compone del 60 % de arena, el 30 % de arcilla y el 10 % de cal.

CLIMOGRAMA DE UNA POBLACIÓN

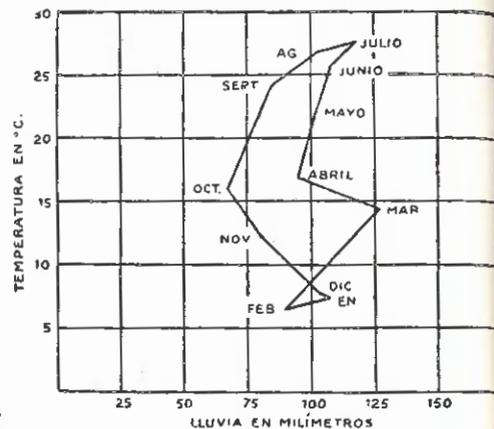


FIG. 208. — Climograma mensual lluvia-temperatura, cuya forma es característica para cada lugar.

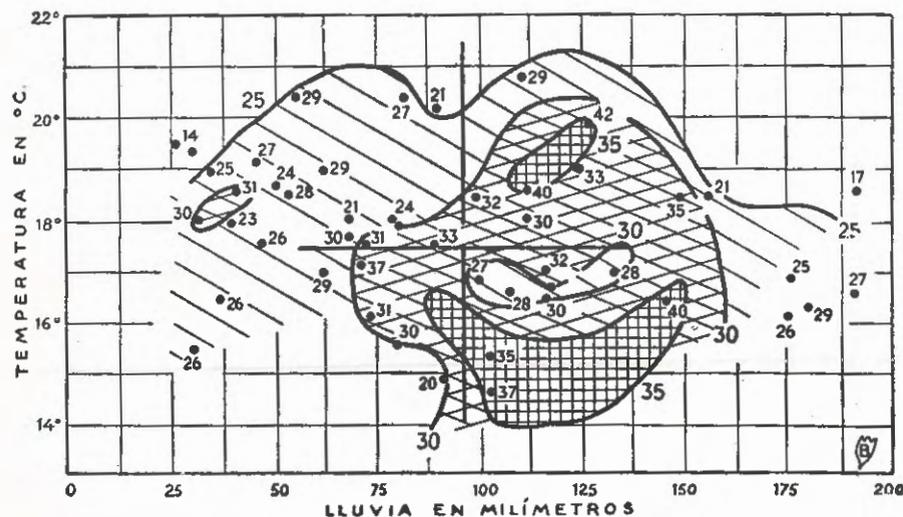


FIG. 209. — Esta clase de climogramas se emplea mucho para pronosticar cosechas. Los números indican la cosecha de trigo, en un determinado lugar, según la lluvia y la temperatura de primavera para cada año entre los años 1887-1939. Las partes más sombreadas son las de mayor cosecha. Las mejores cosechas se tienen en los años de primavera húmeda y fresca.

CLIMOGRAMAS. — En estas gráficas se toman las temperaturas como ordenadas y las cantidades de lluvia como abscisas, y se unen los puntos resultantes para cada mes (fig. 208). Así resulta una figura característica que puede obtenerse para cualquier localidad.

También se pueden formar climogramas más complicados, como los construidos por Stephen Visher (fig. 209), donde se representan cuatro variables (lluvia, temperatura, tiempo y cosecha de cereales), y que sirven para predecir con bastante garantía las cosechas, en función de los elementos climatológicos.

## CAPÍTULO XXVI

## MAPAS ESTADÍSTICOS

Para dar vida a estas figuras inertes y para sacar a la luz el significado que parece ocultarse en las mismas, exponiendo el sentido comparativo de factores, ya sea cuando están separados o refundidos en combinaciones más o menos complicadas, conviene que se vean al mismo tiempo que la superficie de la región o zona a que se refieren. Este objeto sólo puede conseguirse gráficamente por medio de una representación simbólica.

## MAPAS DE DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL NO CUANTITATIVA

En este grupo están comprendidos los mapas que indican la distribución superficial de un cierto elemento sin tener en cuenta la densidad de distribución. Por ejemplo, un mapa que represente, mediante colores o signos, la distribución de selvas o bosques en un país, o la división de éste en los diferentes tipos de un cierto elemento, como son los mapas geológicos, mapas de cultivos, de idiomas, religión, etc., cuando sólo se representa la clase dominante.

La cartografía de distribución superficial cualitativa es relativamente sencilla. El método más empleado es el de *parches de colores* (corocromático), en el cual se coloran de distinto modo las diferentes superficies interesadas; se aplica este procedimiento principalmente a los mapas geológicos y políticos. Los colores van perfectamente delimitados, o si se trata de superficies de transición, aparecen mezclados en sus bordes comunes; pero se encuentran tantas dificultades técnicas en la reproducción de tintas combinadas, que se usan muy raras veces, aun en los casos típicos de zonas de transición, como sucede en los mapas religiosos o de razas.

En los mapas corocromáticos es muy importante el que los colores de distribuciones análogas sean entre sí semejantes. En los antiguos mapas geológicos se acostumbraba diferenciar las deformaciones contiguas con colores muy distintos entre sí para hacer resaltar la variación. Pero el resultado era

tan confuso, que hubo que adoptar un esquema convencional de colores en el que las distintas zonas geológicas se coloraban en un orden más o menos coincidente con el de la escala cromática del arco iris, empezando por el amarillo (amarillo, verde, azul, violeta y rojo); las formaciones aisladas se distinguen con tonos diferentes o mediante algún dibujo superpuesto.

También se dibujan los mapas de distribución superficial cubriendo toda su extensión con *pequeños símbolos* más o menos representativos (mapas coroesquemáticos). Este método se emplea especialmente para los mapas de cultivos (v. fig. 286).

Aún existe otro método para la distribución superficial que se aplica cuando los varios tipos (formaciones geológicas o masas de cultivo) están muy bien delimitados, y que consiste en señalar éstas con *números y letras*. Este método se emplea casi siempre en combinación con los anteriores; a este sistema pertenecen los mapas del tiempo con análisis de masas de aire (fig. 284). En los casos de distribuciones de transición o mezcladas se tropieza con bastantes dificultades. Cuando se trata de mapas de colores, lo más corriente es recurrir a la interposición o intercalación, como se ve en la figura 210; este método no es satisfactorio, y si los colores no están contenidos uno en otro, como sucede, por ejemplo, al amarillo en el verde, pueden dar lugar a confusiones. Mejor resultado se obtiene con el método coroesquemático, en el cual los símbolos pueden realmente mezclarse en las zonas colindantes. Por ejemplo, el moteado y el rayado pueden mezclarse perfectamente (véase la sección geológica vertical en la figura 267).

En la parte octava se tratarán con más detalles los diferentes métodos empleados para los mapas cualitativos, sobre todo en el capítulo XXXII.



FIG. 210. — El método de interposición o intercalación, tan empleado, da lugar a confusiones en la representación de valores de transición o mezclados.

## MAPAS ESTADÍSTICOS

A este grupo pertenecen los mapas que indican la variación en valor, en cantidad o en densidad de algunos elementos, como son los mapas pluviométricos, los demográficos y otros de caracteres estadístico. La variación

en cantidad se indica de varios modos, como, por ejemplo, con isopletas, punteado, coropletas y pequeños diagramas sobre el mismo mapa.

**ISOPLETAS.** — Se llaman así las líneas que en un mapa unen puntos en que un elemento tiene el mismo valor o igual densidad de distribución. Cuan-

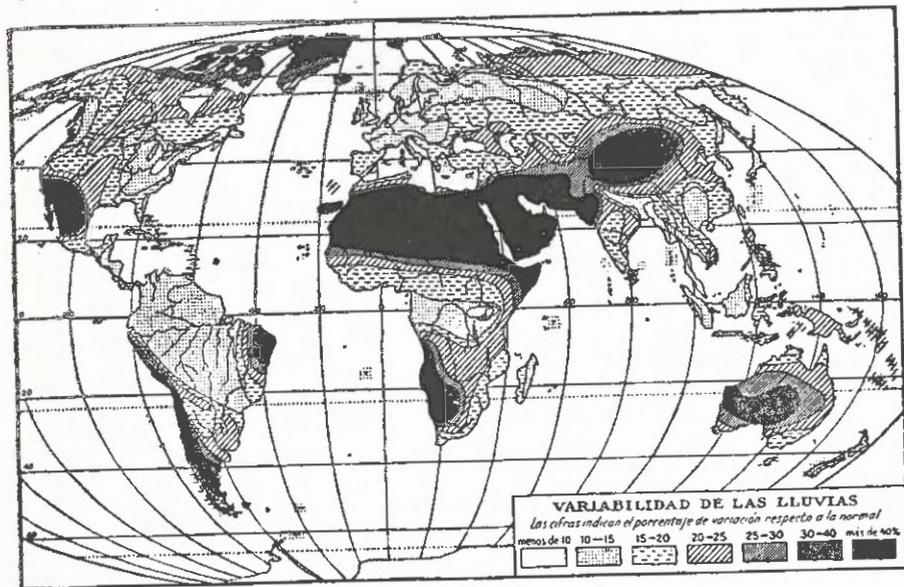


FIG. 211. — Mapa de isopletas, con sombreado de intensidad proporcional al valor que representan.

do estas líneas unen puntos de igual temperatura se llaman «isotermas»; si los puntos tienen la misma cantidad de lluvia se llaman «isoyetas»; si igual presión barométrica, «isobaras»; si igual declinación magnética, «isogonas»; y los lugares de igual altitud se unen mediante «isohipsas», llamadas ordinariamente «curvas de nivel».

No todos aceptan el término «isopleta» (de *isos*=igual, y *plethron*=medida); algunos autores emplean la palabra «isaritma» (de *arithmos*=número), y otros, el término «isograma». Hay quien restringe el uso de la palabra isopleta a las líneas que unen puntos de igual densidad de población únicamente. J. K. Wright distingue del modo siguiente las isaritmas de las isopletas: si las líneas se refieren a un valor continuo, como la temperatura o la altitud se llaman isaritmas; pero cuando las líneas indican el promedio de valores aislados, como la densidad de población o la distribución superficial de algunos productos agrícolas, se dice que son isopletas. Ambas líneas se trazan del mismo modo, pero el significado matemático es distinto en una

y otro. Entre las curvas de nivel de 20 y de 25 metros las altitudes están todas contenidas entre 20 y 25 metros, pero no es cierto que la densidad de población en cualquier punto entre las isopletas 20 y 25 esté comprendida entre 20 y 25 habitantes por kilómetro cuadrado. Por ejemplo, si los mapas se hicieran en escala tan grande que se pudiera ver cada persona, habría lugares de gran concentración o densidad, y grandes espacios intermedios vacíos. En este caso el mapa de isopletas sería igual a un mapa punteado.

Aun cuando esta diferencia tiene gran importancia desde el punto de vista matemático, para el cartógrafo indican lo mismo, por lo cual de aquí en adelante llamaremos *isopletas* en general a las líneas que unen puntos donde un cierto elemento tiene el mismo valor o la misma densidad de distribución. Pero dejemos consignado que no está aún resuelto este problema sobre terminología cartográfica.

En un trabajo reciente propone Wright el término «isograma» para estas líneas; no encontramos acertado su empleo, ya que *gran* significa más bien un dibujo completo (diagrama, econograma) que una sola línea.

El estudio de las isopletas lo hicimos, en realidad, al tratar de las curvas de nivel; partiendo de un plano de referencia, o isopleta cero, se van trazando con intervalos previamente determinados, y la densidad de distribución en un cierto punto se deduce de su posición dentro de la zona limitada por dos isopletas. Donde las isopletas están muy cercanas entre sí, la variación es rápida. La exactitud del mapa depende de la equidistancia entre las isopletas, que se determina según la escala del mapa y los datos de que se disponga. Las isopletas se marcan, de ordinario, con un número, como se hace con las curvas de nivel.

Las isopletas comparten con las curvas de nivel sus ventajas y sus inconvenientes. La información que proporcionan tiene la misma exactitud que los datos de que proceden, y cuando no se dispone de estos últimos no pueden trazarse tales líneas. Las isopletas pueden usarse con buen resultado cuando la distribución del elemento de que se trate es cosa accesoria o de escasa variación; no se prestan a la representación de elementos muy variables, como, por ejemplo, la densidad de población.

**COLORES.** — Para que los mapas con curvas de nivel resulten más expresivos se emplean tintas hipsométricas; del mismo modo las zonas entre isopletas se coloran, ordinariamente, con arreglo a una escala convenida. Si el mapa está reproducido en colores, es posible realizar una gama de gran número de colores, pero en un mapa blanco y negro el número de tonos queda muy reducido. Pueden obtenerse de 5 a 10 sombreados distintos mediante dibujos de puntos o rayas de densidad variable (puntos, rayas paralelas, rayas cruzadas, hasta llegar al negro continuo); pero no siempre se aprecia con claridad el significado de tales dibujos, produciendo además

cierta confusión el tener que colocar algún rotulado dentro de un recuadro, sobre las partes más oscuras o negras del mapa. Es de la mayor importancia que la intensidad de los tonos guarde relación con el valor representado, cosa fácil de comprobar midiendo con una lente de aumento la proporción de

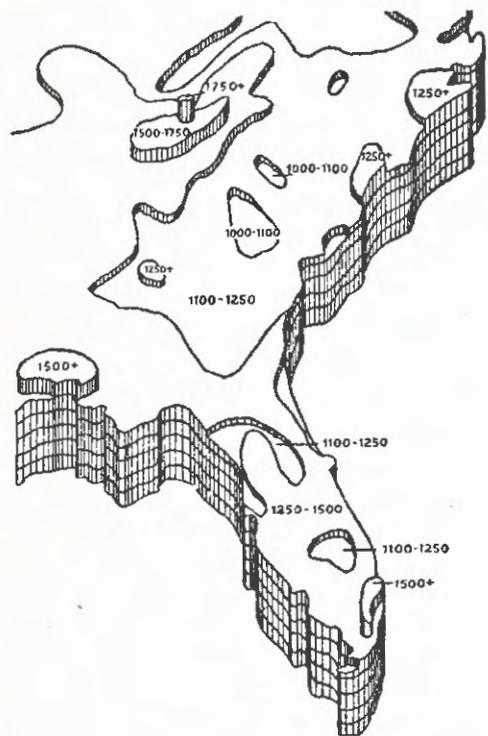


FIG. 212. — Parte de un mapa de isoyetas, es decir, de isopletras que representan la lluvia anual, en milímetros, en los Estados Unidos.

partes blancas y negras. Experimentos recientes han demostrado que ni aun las proporciones exactas de superficies blancas y negras producen la sensación precisamente buscada; se ha encontrado que para producir un sombreado perfectamente gradual los tonos más claros deben hacerse con líneas muy finas y apretadas, mientras que los tonos más oscuros se logran con rayas gruesas más separadas entre sí. Si se emplean las llamadas tintas mecánicas, se obtienen mejores resultados con colores corrientes moteados o rayados, que con colores de fantasía.

Si el mapa puede reproducirse en fotograbado directo, cabe aplicar varios tonos de sombras por lavado. La intensidad de color debe ser proporcional a la cantidad representada, lo cual se consigue fácilmente preparando gran cantidad del tono más oscuro y diluyéndolo con una cantidad de agua proporcionada a cada tono deseado. Hay

que tener cuidado al aplicar los colores, pues con facilidad pueden cortarse si son manejados por gente inexperta; para esta clase de individuos da mejores resultados el adquirir los colores grises que se venden en el comercio en cinco o seis tonos diferentes. Hay que tener en cuenta que en las reproducciones en medias tintas aparecen las partes blancas como grisáceas. Los distintos tonos solo pueden hacerse exactamente proporcionales a los valores representados cuando no figuran en el mapa los valores extremos; por ejemplo, en un mapa pluviométrico de España, si las zonas de 3.000 mm. de lluvia anuales se representaran en negro, la mayor parte de la Península tendría

su lluvia representada por tonos demasiado claros, de hacer el sombreado con proporcionalidad exacta. Es mejor representar en negro las zonas de más de 1.000 ó 1.500 mm.

MAPAS DE ISOPLETAS QUE REPRESENTAN PORCENTAJES. — Una de las principales aplicaciones de las isopletras se tiene en los mapas de *proporciones* o de *porcentajes*. En estos mapas se representan, no ya las cantidades reales, sino la relación de ciertas cantidades respecto a otras. Desde el punto de vista geográfico, es con frecuencia más importante conocer la proporción de terreno sembrado de algodón, que saber la cantidad absoluta de algodón sembrado en una cierta región. Cartográficamente, los mapas de porcentajes no ofrecen dificultad especial alguna, ya que se construyen del mismo modo que los mapas ordinarios de isopletras.

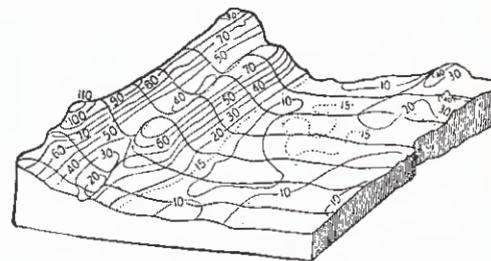


FIG. 213. — Perspectiva de un mapa de isoyetas.

Mapas de isopletras en relieve. Si se corta cada isopletra de una hoja de cartón o de una chapa fina de madera y se colocan estos perfiles uno sobre otro, se obtiene un mapa en relieve que da la impresión realmente plástica. Para situar lugares en tales relieves basta con recortar el mapa plano que ha servido para construir el modelo, en tiras a lo largo de cada isopletra y pegar estas tiras sobre las láminas recortadas. Efecto análogo al del relieve puede obtenerse con un mapa plano, dibujando en perspectiva las isoyetas de modo que su altura tenga el valor que representa, como se ve en la figura 212.

Las ciudades, los ríos y las cordilleras pueden también representarse en perspectiva, con la altura correspondiente.

Para apreciar mejor la distribución de un cierto elemento se puede transformar un mapa de isopletras en un diagrama perspectivo, lo mismo que se hace con un mapa de curvas de nivel. En el capítulo XXVIII, se describen los diferentes métodos para efectuar esta transformación. En la figura 215 se ve un mapa isométrico o perspectivo.

MAPAS COROPLÉTICOS (1) DE DISTRIBUCIÓN. — Los datos estadísticos resultan de gran utilidad para provincias, términos municipales y otras divisiones administrativas. El modo más sencillo de representar estos datos en un

(1) El término "coroplético" (cantidad en una superficie) no ha de limitarse a las divisiones administrativas o civiles en general. Si la superficie se divide en cuadrados, que se colorean proporcionalmente al valor del elemento representado, también el mapa resultante es coroplético.

mapa consiste en pintar tales territorios con colores cuya intensidad sea proporcional al valor representado.

Generalmente, estos mapas no dan una imagen exacta de la distribución del elemento representado, porque en la mayor parte de los casos no cambian los valores de este último en las líneas límites entre las regiones o extensiones consideradas. Siempre que sea po-

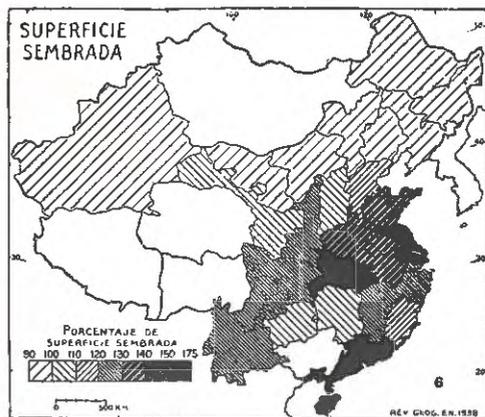


FIG. 214. — Mapa coroplético de distribución de superficies sembradas.

sible, el geógrafo debe procurar la transformación de un mapa coroplético en otro de isopletas o punteado, pero ha de prevenirse contra la falta de detalles en los datos estadísticos de que disponga. Los mapas coropléticos se transforman fácilmente en diagramas isométricos (en perspectiva) que dan una gran sensación de relieve y hacen que el mapa cobre una vida insospechada.

**MAPAS PUNTEADOS.** — En esta clase de mapas, la densidad de distribución del elemento de que se trate está representada por puntos de tamaño uniforme. Cada punto representa una cierta cantidad, 5.000 habitantes, por ejemplo, o 100 hectáreas de terreno cultivado. El tamaño de los puntos y el valor que representan debe elegirse de modo que se junten formando una masa homogénea en los lugares de mayor densidad y se distribuyen en los demás sitios proporcionalmente a la densidad respectiva. Se puede obtener la uniformidad en el tamaño de los puntos empleando plumas de punto redondo. Hay que tener en cuenta que los puntos tienden a juntarse en las reproducciones si están demasiado próximos en el original. En muchos mapas aparecen los puntos demasiado grandes o demasiado unidos, sencillamente por no haber tenido en cuenta el efecto del grabado. La colocación de puntos

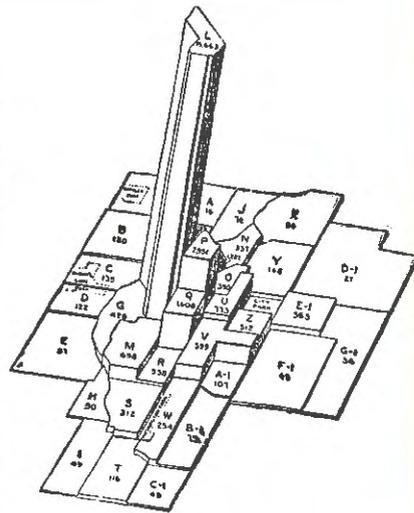


FIG. 215. — Mapa coroplético en perspectiva.

debe hacerse conociendo bien la distribución del elemento de que se trate. En general, cada punto ha de ponerse en el centro de simetría de la distribución en la región afectada. Por ejemplo, si en un mapa demográfico un solo punto representa un cierto número de habitantes de una comarca, el punto debe colocarse en la parte de la comarca que sea el «centro de población». (Véase «Centrogramas», en el cap. XXVII.) En la práctica, los mapas punteados están dibujados en una escala tan pequeña, que no hay que calcular la posición exacta de los centros, la cual depende del sentido de la proporción y de los conocimientos geográficos del cartógrafo. Si los datos estadísticos corresponden a partidos judiciales o a términos municipales, deben concentrarse los puntos en la parte de tales extensiones en que sea más probable el aumento de densidad del dato en cuestión; por esta razón es de capital importancia el conocimiento de las condiciones geográficas; por ejemplo, un cultivo de alfalfa o de hierba no se tendrá en las montañas, sino en los valles o zonas bajas con regadío. Si una zona cae entre una región densamente punteada y otra casi en blanco, y si el valor que le corresponde es intermedio entre los de tales regiones, se concentran los puntos en la parte de la zona más próxima a la región de punteado profuso, suponiendo que la distribución es de transición.

En general sólo se representa una variable en un mapa de puntos. Es posible representar dos elementos sobre un mismo mapa cuando las correspondientes zonas están muy separadas entre sí, como, por ejemplo, los cultivos de caña de azúcar y los de remolacha azucarera; también es posible diferenciar variedades de un mismo cultivo, o entre vacas lecheras y ganado vacuno para carne. Se consigue esta distribución empleando puntos de forma diferente, que se convierten así en círculos, triángulos (en blanco o completamente negros) de pequeño tamaño, o bien empleando puntos de diferentes colores.

**COMPARACIÓN ENTRE LOS MAPAS DE ISOPLETAS Y LOS PUNTEADOS.** — Tanto uno como otro de estos métodos se emplean cuando la distribución que se trata de representar es relativamente uniforme sobre grandes extensiones y no se concentra en ciudades. El moteado o punteado da una idea más clara de la distribución, ya que las partes más oscuras del mapa son aquellas en que es mayor la densidad del elemento considerado. Por otra parte, es difícil contar los puntos cuando están muy juntos y no hay números que

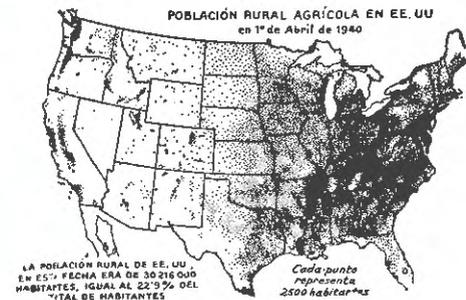


FIG. 216. — Mapa de puntos.

sirvan de referencia. Las isopletas no dan una imagen tan viva de la variación de uno o varios elementos, como los mapas de puntos, pero puede leerse la densidad efectiva o real por medio de números. Esta comparación nos recuerda la diferencia entre las curvas de nivel y el sombreado de rayas en la topografía clásica. La elección del método representativo depende de la naturaleza del problema. Las isopletas se emplean casi exclusivamente para representar relaciones, variaciones o porcentajes de elementos que pueden medirse con instrumentos o expresarse su valor en dinero, como la temperatura, la lluvia, el precio del terreno, etc. El sistema de moteado se emplea principalmente cuando se trata de representar cantidades discretas, es decir, compuestas de un cierto número de unidades separadas, como, por ejemplo, el número de cabezas de ganado, la cantidad de hectáreas dedicadas al cultivo del maíz, etc. Pero lo más frecuente es que resulten igualmente apropiados los dos métodos.

En las publicaciones científicas, la preferencia la tienen las isopletas; en cambio, en los mapas escolares y en los didácticos, en general, es preferible el empleo de los mapas punteados, por su mayor elocuencia. A veces da excelente resultado la combinación de isopletas y punteado en un mismo mapa.

MAPAS ESTADÍSTICOS CON DIAGRAMAS INDEPENDIENTES. — Hay muchos mapas estadísticos formados por diagramas pequeños distribuidos sobre todo el mapa. Este método está indicado en los siguientes casos: 1) cuando no se dispone de suficientes datos para hacer un mapa de isopletas o de puntos, como cuando se trata de representar el valor de la producción minera por provincias; 2) cuando se quiere representar la variación dentro de la distribución, como al dibujar gráficas sobre todo el mapa; 3) cuando la variable se divide en dos o más; 4) cuando hay más de una variable, y 5) cuando la distribución es extremadamente variable o muy concentrada, como en un mapa de industrias.

**NOTA**

LAS CURVAS INDICAN, PARA CADA CIUDAD EL N.º DE HABITANTES POR DÉCENIOS, EXPRESADO EN MILLARES  
 LAS CURVAS ESTÁN DIBUJADAS SOBRE PAPEL CON ESCALA VERTICAL LOGARÍTMICA, POR LO CUAL LA PENDIENTE DE LA CURVA INDICA EL CRECIMIENTO O DISMINUCIÓN RELATIVOS PARA CADA DÉCENIO, SEGÚN LA ESCALA SIGUIENTE:

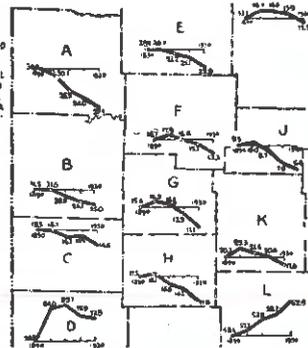


FIG. 217. — Mapa estadístico con gráficas logarítmicas que representan las variaciones de población en una cierta región. Las letras mayúsculas indican los distritos o comarcas de la región del Missouri.

Sobre un mapa puede colocarse casi toda suerte de diagramas. A continuación sólo describimos las clases más importantes.

*Mapas con gráficas de barras.* En estos mapas todas las barras son

verticales y de igual anchura, siendo su altura proporcional a la cantidad que representan. El pie de las barras cae exactamente sobre el lugar a que el dato se refiere. Estos mapas son muy prácticos, con tal que no haya que emplear barras de excesiva longitud. Las barras pueden dividirse en varios trozos, que se distinguen muy bien dándoles diferentes tonos. Si se trata de representar dos o más elementos distintos, pero relacionados entre sí, pueden emplearse dos o más barras de diferente tono o color, unas junto a otras. Por ejemplo, la natalidad y la mortalidad pueden representarse por este método.

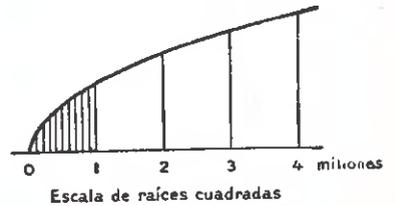


FIG. 218. — Escala empleada para determinar los radios de los diagramas circulares.

*Mapas con gráficas circulares.*

En este sistema se representa la distribución de un elemento por medio de círculos de diferentes tamaños, cuyas áreas son proporcionales a las cantidades a que corresponden. Es decir, que los radios de tales círculos serán proporcionales a las raíces cuadradas de las cantidades representadas. El modo más rápido de extraer raíces cuadradas consiste en el empleo de la regla de cálculo. Es muy fácil preparar una escala para estos círculos, como se ve en la fig. 218. La escala a que se dibujan los círculos debe ser lo mayor posible, sin que se superpongan en los puntos de mayor densidad; se pueden cortar dos círculos si ello no entraña confusiones. También puede dividirse un círculo haciendo resaltar sus diferentes sectores con colores o sombreados distintos. Un mapa de esta clase gana mucho en utilidad si a cada círculo se agrega el número que da el valor exacto del elemento representado. Los mapas con gráficas circulares se emplean mucho en textos y en atlas. No se pueden medir con tanta facilidad como los mapas con gráficas de barras, pero se prestan mejor a representar una distribución muy variable, porque pueden ser de menor tamaño y situarse los círculos más apretadamente sobre el mapa. El centro del círculo debe coincidir siempre con el centro de gravedad de la distribución.

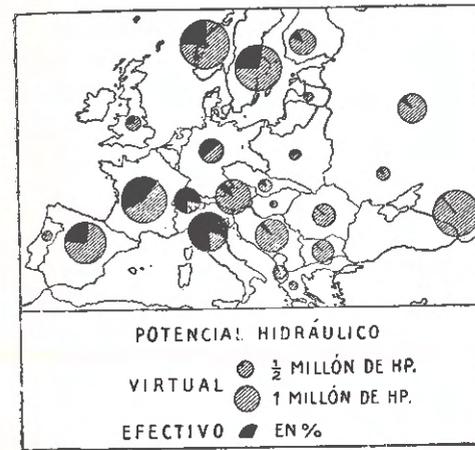


FIG. 219. — Con frecuencia se emplean las gráficas circulares en los mapas estadísticos.

tanta facilidad como los mapas con gráficas de barras, pero se prestan mejor a representar una distribución muy variable, porque pueden ser de menor tamaño y situarse los círculos más apretadamente sobre el mapa. El centro del círculo debe coincidir siempre con el centro de gravedad de la distribución.

*Mapas con diagramas de dos dimensiones.* Se emplea este sistema casi siempre en combinación con el de gráficas circulares, para diferenciar datos de cosechas distintas u otras distribuciones sobre un mismo mapa. Puede hacerse uso de cualquier figura regular, como triángulos o rombos. Las áreas de las figuras empleadas son proporcionales a las cantidades representadas.

Los cuadrados, los círculos y demás figuras geométricas planas no se prestan a la medición directa; mejor es disponerlos en unidades separadas, formando filas o grupos donde puedan contarse con facilidad; cada unidad representará una determinada cantidad. Los grupos deben colocarse dentro del contorno de la región a que se refieran, pero en general se tiene más libertad para su distribución que en los sistemas anteriores (véanse las figuras 264 y 287).

*Mapas con gráficas o diagramas esféricos.* Se emplea este método cuando la variación del elemento que se trate sea extraordinaria, como en los mapas de distribución de industrias, ya que esta actividad está concentrada en ciudades relativamente poco numerosas. El radio de cada esfera es proporcional a la raíz cúbica de la cantidad representada. También puede construirse con toda facilidad una escala gráfica para estas raíces cúbicas. El centro de la esfera cae sobre la ciudad o lugar a que se refiera, en el centro de gravedad de la zona, cuando se trate de una extensión mayor. De ordinario, las esferas, de diferentes tamaños, están impresas en papel engomado que se pegan en sus respectivos lugares (véase pág. 222). La ventaja de las esferas sobre los círculos consiste en que aquéllas pueden disponerse más cerca unas de otras. En cambio, la desventaja estriba en que las esferas no pueden dividirse. Cuando están demasiado próximas entre sí, es difícil rotularlas. Los mapas con esferas fueron introducidas por Sten de Geer en 1917 en sus mapas demográficos de Suecia, y han conquistado gran popularidad en otros países, especialmente en los Estados Unidos.

*Mapas con bloques de tacos.* Para evitar las desventajas del sistema de esferas pueden emplearse bloques de tacos o de cilindros o montones de monedas. Los bloques pueden disponerse tan apretados como las esferas, y la ventaja de poderse contar sus unidades les dan una gran superioridad sobre los demás métodos. Los bloques se rotulan también muy fácilmente. Los mapas de bloques pueden emplearse ventajosamente para representar la producción industrial, minera, etc., y cualquier otro elemento cuya distribución esté muy concentrada (véase fig. 262).

*Otros mapas diagramáticos.* George B. Cressey ha confeccionado un mapa en que la producción minera en clima está representada por letras de varios tamaños (fig. 261). La altura de la letra es aproximadamente proporcional a la raíz cuadrada de la producción. La desventaja de este sistema consiste en que la letra *I* parece más baja que la letra *C*, aunque sean las dos realmente de igual altura; pero está justificado el método en este caso por-

que son muchos los minerales representados en un mapa pequeño, y las cantidades son solamente aproximadas.

*Mapas estadísticos simbólicos.* Pudiéndose substituir los diagramas por gráficos simbólicos, resultan los mapas estadísticos más animados y atractivos. Incluso los puntos del moteado de un mapa pueden ser substituidos por pequeñas figuras de casas, borregos, etc. La dificultad principal radica en que hasta las figuras más pequeñas ocupan más espacio que los puntos, por lo cual cada oveja, por ejemplo, tiene que representar un gran número de ovejas.

*Pictogramas.* Los mapas estadísticos sobre los cuales se expresa la distribución por medio de gráficas de barras, o gráficas con unidades separadas o con bloques, etc., se prestan muy bien a la representación pictórica. Casitas, hombres, bidones, fardos o montones de monedas, distribuidas sobre un mapa dan a éste un aspecto muy agradable y fácil de recordar por los escolares y por el público en general.

El principal inconveniente de este método consiste en que las figuras resultan excepcionalmente grandes respecto a la escala del mapa; pero si el mapa consta sólo de contornos, formando el fondo para las estadísticas, no importa adoptar tal sistema representativo.

Menos satisfactorios son los mapas estadísticos pictóricos sobre los cuales se representa la distribución de los elementos de que se trate, con figuras simbólicas cuyo tamaño sea proporcional a las cantidades correspondientes. Por ejemplo, la distribución de caballos en el mundo puede representarse con dibujos de caballos de diferentes tamaños. Se obtienen proporciones exactas, haciendo que la altura de la figura dibujada sea proporcional a la raíz cúbica del número de caballos en cada país. Es muy frecuente la no observancia de esta regla. La desventaja de este método consiste en que las figuras resultan difícilmente comparables entre sí.

*MAPAS DE DENSIDAD DE POBLACIÓN.* — Para el estudio de la Geografía humana, el elemento más importante es la distribución de habitantes sobre la Tierra. Los mapas de densidad de población constituyen uno de los asun-



FIG. 220. — Mapa pictórico de Argentina del Norte, con la distribución de productos vegetales mediante símbolos de diferentes tamaños.

tos más discutidos en Cartografía. La dificultad esencial para la confección de estos mapas consiste en la distribución tan desigual de la población a causa de la concentración en los grandes núcleos urbanos. La densidad de población en una ciudad puede llegar a valer 50.000 por kilómetro cuadrado, mientras que la población rural se considera muy densa con sólo 50 habitantes por kilómetro cuadrado. En una tercera parte de la Tierra habitada no se llega a una persona por kilómetro cuadrado. Estas enormes diferencias no pueden representarse por el método de las isopletas ni del punteado, a menos que el mapa esté dibujado a una escala muy grande.

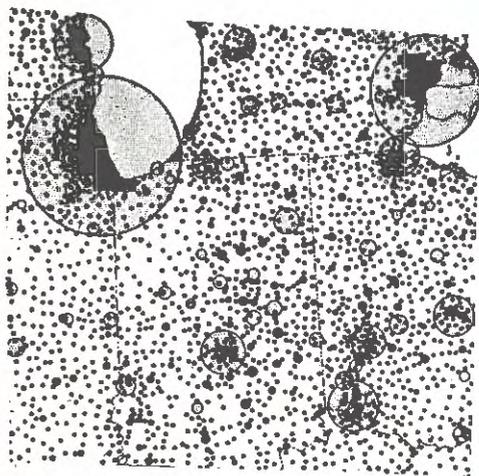


FIG. 221. — Parte del mapa de población de los Estados Unidos, de F. D. Stilgenbauer. Los círculos transparentes corresponden a núcleos urbanos.

Son varios los sistemas propuestos para vencer esta dificultad; en uno de éstos se representa la población total mediante punteado, y donde los puntos se agolpan de tal modo que forman una masa continua, como en las ciudades, se representan éstas separadamente por círculos. El tamaño de los puntos y el número de habitantes representado por cada uno depende de la escala del mapa y de la densidad de población de que se trate. El área de los círculos es proporcional a la población de las ciudades. El centro de los círculos está exactamente sobre la ciudad correspondiente, y su superficie está en relación con el tamaño de los puntos; por ejemplo, si un punto que tiene  $\frac{1}{2}$  milímetro de diámetro representa 100 habitantes, una ciudad de 10.000 habitantes tendrá un círculo con un diámetro igual a 10 veces el diámetro anterior, o sea, de 5 mm, puesto que

$$\frac{\sqrt{10.000}}{\sqrt{100}} = \frac{100}{10} = 10$$

Un círculo de este tamaño cubrirá una superficie considerable de zona rural, por lo cual deberá ser transparente, de modo que puedan verse los puntos que caen dentro de aquél. El modo de hacer transparentes tales círculos consiste en aplicarles color o sombreado muy tenues. Donde las ciudades están muy próximas entre sí, los círculos correspondientes se superponen.

Es más fácil representar la gran población de los distritos urbanos por medio de un solo círculo, que emplear un círculo para cada barriada. En la figura 221 se ve un mapa de esta clase.

Otro método para representar la densidad de población fue el ideado por Sten de Geer en 1917. Se ha empleado un sistema de puntos para la población rural, y de esferas pequeñas para la población urbana; la raíz cúbica de las esferas era proporcional a la población; ocupaban mucho menos espacio que los círculos del tamaño correspondiente. En el caso citado anteriormente, una ciudad con 10.000 habitantes estaría representada por una esfera de radio:

$$\frac{\sqrt[3]{10.000}}{\sqrt[3]{100}} = \frac{21,54}{4,46} = 4,64$$

menor que el quintuplo del diámetro del punto. Si un punto de 0,5 mm de diámetro representa 100 habitantes, la ciudad estará representada por una esfera de 2,5 mm de diámetro. Esta esfera ocupa una cuarta parte del espacio que ocuparía el círculo correspondiente, calculado anteriormente. Una esfera tan pequeña, en un mapa de escala relativamente grande, apenas si cubre más superficie que la propia ciudad representada en la misma escala que el mapa. No obstante, es necesario con frecuencia desviar un poco algunos puntos o algunas esferitas para evitar su superposición.

Comparando los dos métodos anteriores es evidente que las esferas dan una representación más significativa y más atractiva, pero en cambio no son tan fácilmente comparables ni mensurables como los círculos. Además, los círculos pueden dividirse para representar, por ejemplo, los habitantes de distintas razas o sexos, mientras que las esferas no son divisibles. También resulta menos difícil dibujar círculos parcialmente superpuestos, que esferas

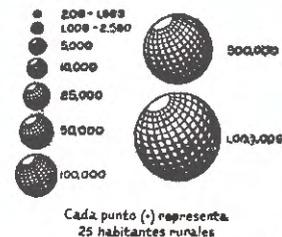


FIG. 222. — Mapa de densidad de población. Las esferas se destacan claramente, pero no se comparan sus tamaños con facilidad. Cada punto (.) representa 25 habitantes rurales.

en idénticas condiciones, pero en cambio son menos frecuentes los casos en que es preciso superponer esferas.

Ninguno de estos mapas puede rotularse, porque los trazos de las letras ocultarían puntos y, a veces, esferas. Las líneas límites y los ríos sólo se dibujan cuando son necesarios para identificar lugares, y en estos casos se trazan con líneas muy finas o en colores diferentes.

Se ha intentado con éxito substituir las esferas por bloques, que se pueden comparar y rotular más fácilmente, aparte el que los bloques son más apropiados para representar ciudades que las esferas.

Los mapas de población de escala reducida se hacen a base de isopletas, con la ventaja de que las cifras de las ciudades pueden leerse directamente en los espacios entre aquéllas, mientras que las figuras sólo indican bien las grandes diferencias de densidad. Es posible, combinando ambos sistemas, representar la densidad de población rural con isopletas, y la de urbana con esferas o bloques.

## CAPÍTULO XXVII

## CARTOGRAMAS

El término «cartograma» se presta a muchas interpretaciones y definiciones. Todo mapa presenta diferencias más o menos considerables respecto a la representación real del terreno. El que un mapa diagramático pueda llamarse un cartograma depende en gran parte del criterio personal de cada uno. Algunos autores, sobre todo en Europa, llaman cartogramas a todos los mapas estadísticos porque representan la distribución de un solo elemento; en cambio, en Norteamérica, se acostumbra decir «mapas» de lluvia, mapas de puntos, etc. En los párrafos siguientes se restringe el uso de la palabra «cartograma» a los mapas estilizados y más o menos abstractos, cuyo objeto es exponer una idea sencilla de modo diagramático.

El empleo más moderado de tal término es su aplicación a los mapas en que hasta los contornos o la posición exacta de otros detalles aparecen alterados. De acuerdo con esta definición, el mapa de ferrocarriles representado en la fig. 187 es un buen ejemplo de cartograma, ya que no puede decirse que todos los detalles estén a escala ni en su verdadera posición. Todavía pueden formarse cartogramas más abstractos para representar la disposición de redes eléctricas, telegráficas y de comunicaciones en general.

Los cartogramas constituyen unos

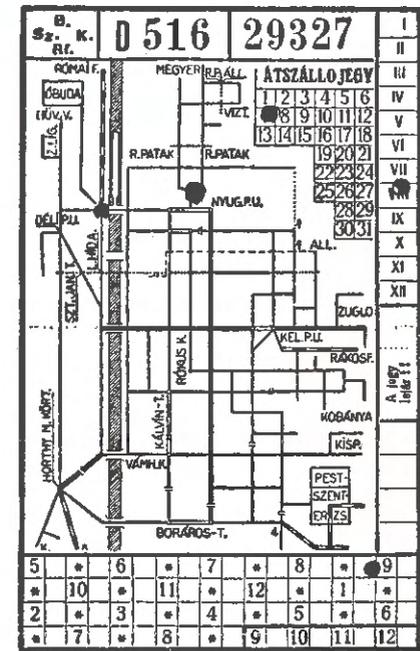
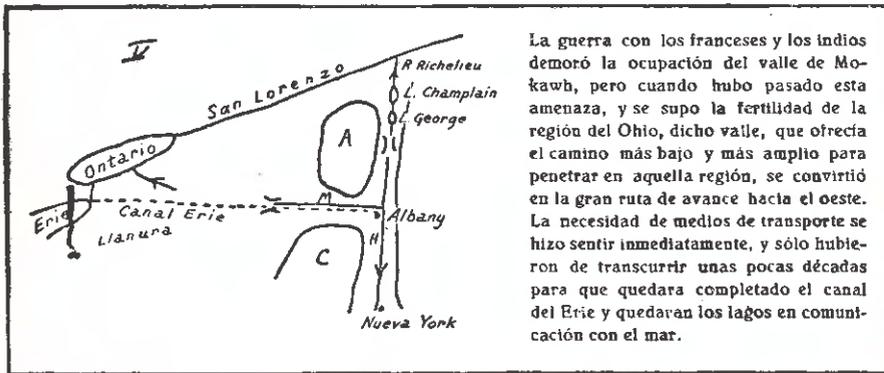


FIG. 223. — Cartogramas esquemáticos usados por los conductores de tranvías de Budapest.

magníficos auxiliares para la geografía moderna, y aún no se han explorado todas sus posibilidades. La introducción de nuevos métodos es un campo abierto a todos los cartógrafos. A continuación descubriremos algunos sistemas de los más conocidos.

MAPAS ESQUEMÁTICOS PARA LA ENSEÑANZA. — Todo profesor de Geografía o de Historia, aunque no tenga grandes dotes como dibujante, puede



La guerra con los franceses y los indios demoró la ocupación del valle de Mowkawh, pero cuando hubo pasado esta amenaza, y se supo la fertilidad de la región del Ohio, dicho valle, que ofrecía el camino más bajo y más amplio para penetrar en aquella región, se convirtió en la gran ruta de avance hacia el oeste. La necesidad de medios de transporte se hizo sentir inmediatamente, y sólo hubieron de transcurrir unas pocas décadas para que quedara completado el canal del Erie y quedaran los lagos en comunicación con el mar.

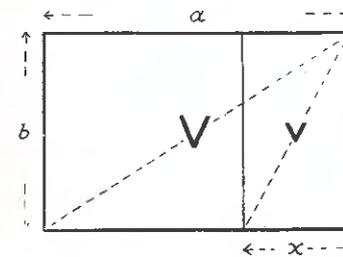
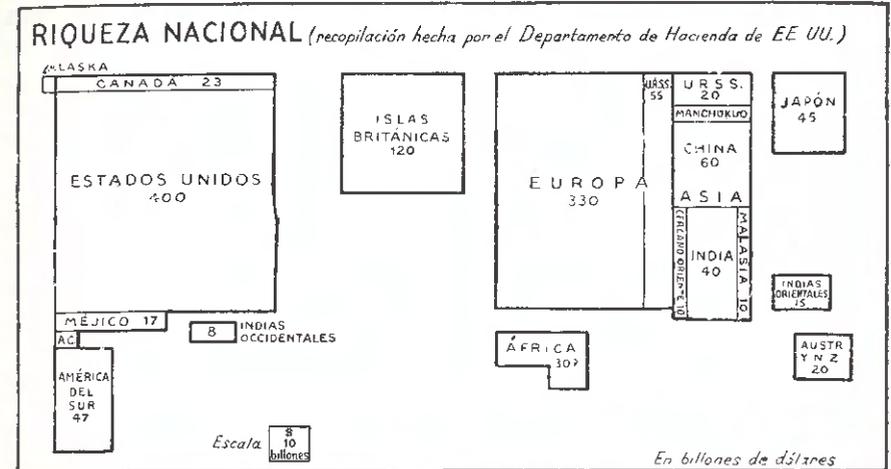
FIG. 224. — Mapa esquemático para explicar Geografía.

estimular el interés de sus alumnos dibujando en el encerado sencillos mapas esquemáticos, sin detalle alguno, con líneas rectificadas y simplificadas y en los que figuren sólo aquellos lugares directamente relacionados con el objeto a que se destina el mapa. El profesor no queda así muy rezagado respecto a los libros de texto, que omiten muchos detalles y hacen destacar únicamente los puntos más importantes. La figura 224 es un buen ejemplo de cómo se traza un mapa esquemático sencillo. También en la figura 152 se indicaron varios métodos para dibujar mapas esquemáticos de distintos continentes.

CARTOGRAMAS SUPERFICIALES. — En estos cartogramas, una región, un país o un continente se divide en pequeñas regiones, cada una de las cuales se representa por un rectángulo cuya superficie es proporcional al valor que representa respecto al elemento de que se trate. Se agrupan las regiones aproximadamente en la misma posición que ocupan en el mapa. Para comparar las diferentes densidades de distribución de tal elemento es importante que se siga la misma disposición, cualquiera que pueda ser la distribución representada. Conviene empezar por las divisiones mayores y llegar a las menores por el método de las mitades sucesivas, como se ve en la figura 225. Puede hacerse el cálculo fácilmente con una regla de cálculo, y el cartograma se puede dibujar sobre papel cuadrulado. La escala ha de

ser tal, que un cuadradito de papel cuadrulado corresponda a un número entero de unidades, como, por ejemplo 100.000 habitantes o 1.000.000 de pesetas, pero no es indispensable hacerlo siempre así.

Los cartogramas superficiales facilitan considerablemente la idea precisa sobre distribuciones geográficas de ciertos elementos. También estos carto-



$$V \text{ (valor de la unidad mayor)} = a \cdot b$$

$$v \text{ ( " " " menor)} = x \cdot b$$

$$\frac{x}{v} = \frac{a}{V} \quad x = \frac{va}{V}$$

Esquema para la división sucesiva proporcional

FIG. 225. — Cartograma de superficies.

gramas constituyen un excelente medio para comparar valores correspondientes a diferentes países o regiones; por ejemplo, empleando puntos para representar el número de jornaleros, en un cartograma de población, se tiene una idea clara de la población industrial del lugar o país de que se trate. No es preciso en modo alguno el empleo de rectángulos; puede hacerse uso de rombos, triángulos o de cualquier otra figura geométrica, con tal que su superficie sea proporcional al valor representado, como se ve en las figuras 226 y 288.

## CENTROGRAMAS

El crecimiento de población, de la industria y casi todos los elementos que requieren muchos datos estadísticos pueden representarse muy bien con un centrograma. Tanto incremento ha tomado este método, que países como

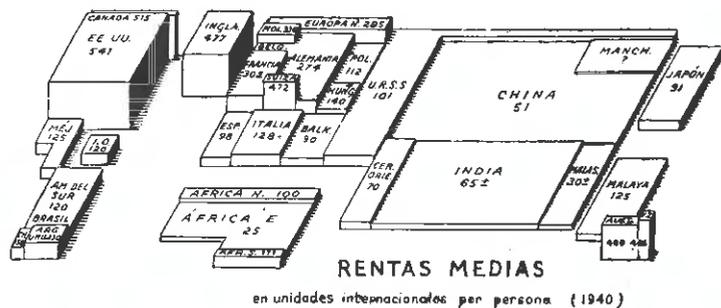


FIG. 226. — El área de la base de los diferentes países es proporcional a su población; su altura es la renta por cabeza.

Rusia han organizado un servicio especial (el Instituto Mendeleiev de Leningrado, por ejemplo) para la preparación de mapas centrográficos o centrogramas.

En 1874 apareció en el *Statistical Atlas of the United States* el primer mapa representativo del centro de población del país para cada censo desde el año 1790, preparado por F. A. Walker. Anteriormente, J. E. Hilgard, del Servicio de Costas, había hecho un cómputo parecido, con inclusión de definiciones y cálculos para los centrogramas.

Hay varias clases de centros posibles. El centro de población se define diciendo que «es un punto sobre el cual quedaría suspendida y en equilibrio la superficie de un país, considerada plana y sin peso, sobre la cual estuviera distribuida la población, si todos los habitantes tuvieran igual peso y su efecto sobre el punto central fuera proporcional a su distancia al mismo». A este punto se le llama también *centro de gravedad*.

La determinación de este punto requiere bastante trabajo. Se supone, en primer lugar, que el centro está en un cierto punto por el que se trazan un paralelo y un meridiano. Se divide después el país en trozos pequeños (grados cuadrados, por ejemplo) y se multiplica la población de cada cuadrado por su distancia al paralelo trazado, con la cual se obtiene su momento Norte o Sur; de modo análogo se calcula el momento Este u Oeste. Si las sumas de los momentos opuestos no son iguales, hay que correr el meridiano

y el paralelo supuestos centrales hasta conseguir esta igualdad. Hay que extremar el cuidado cuando en vez de un paralelo se utiliza un círculo máximo cuyo plano es perpendicular a la dirección Norte-Sur. Teóricamente debiera construirse una proyección azimutal oblicua y equidistante, centrada sobre el supuesto centro, y si el resultado no fuera satisfactorio habría que construir una nueva proyección. También es posible calcular el centro de cada estado, provincia o distrito (según el caso) y operar con estas extensiones como si fueran unidades de superficie.

**Punto medio.** A veces, por ser más fácil su determinación, se emplea el llamado *punto medio* en vez del centro. Este punto medio puede definirse diciendo que es el centro numérico de la población respecto a las distancias de las unidades al centro. Ordinariamente, se trazan un paralelo y un meridiano que dividen por mitad la población del país. La intersección de estas dos líneas es el punto medio.

El punto medio es diferente del centro de gravedad. Por ejemplo, la población entera de Minnesota puede moverse hacia Oregon sin que afecte a la posición del punto medio; en cambio, este movimiento afectaría considerablemente al centro de gravedad.

Para estudios regionales, el método del centro de gravedad es el más indicado, y se emplea en muchos países. No solamente los centros de población, sino también los de agricultura, industria, educación, etc., pueden expresarse por centrogramas. Se puede hallar el centro de gravedad de la superficie de un país construyendo un mapa en proyección azimutal oblicua, equidistante, centrada sobre un punto que se supone como centro. Cortando este mapa en cartón quedará en equilibrio al apoyarlo sobre un punzón por su centro.

Todos los problemas de centrografía toman un nuevo significado cuando se aplican a toda la superficie esférica de la Tierra. Puede determinarse el centro de gravedad de las superficies ocupadas por tierra firme en la superficie de nuestro planeta tomando un globo terráqueo pequeño y cubriendo todas las partes de tierra con una hoja de plomo de espesor uniforme. Sumergiendo este globo en agua, queda en equilibrio con un punto en el fondo alrededor del cual se equilibran todas las tierras. Este centro cae cerca de

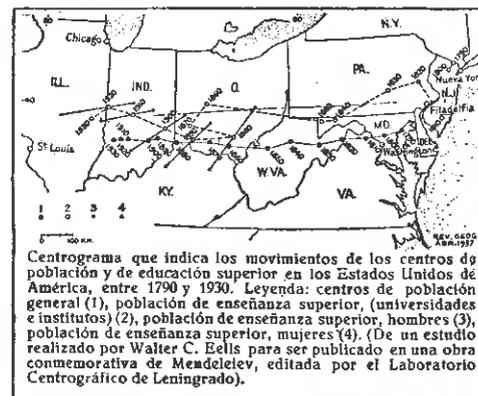


FIG. 227. — Centrograma.

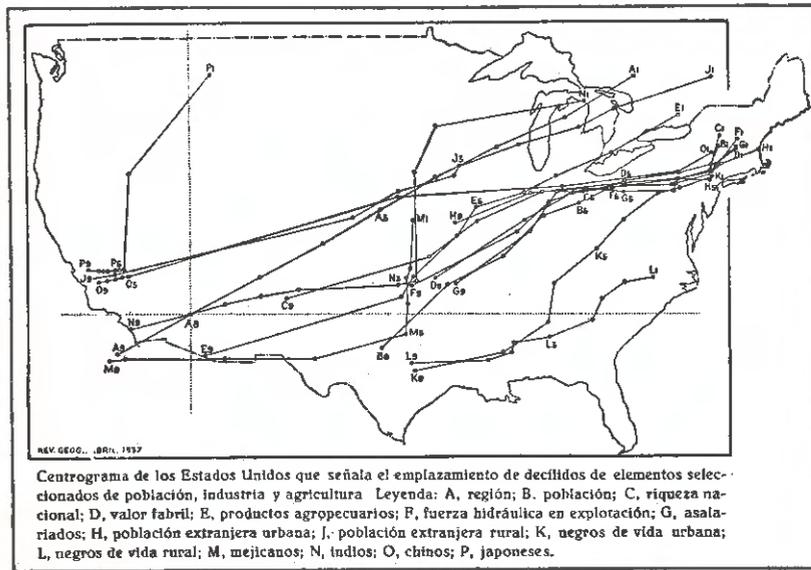


FIG. 228. — Decilas.

la frontera entre Rumania y Bulgaria, en el punto en que esta línea llega al mar Negro, no lejos de Varna (véase fig. 67). El punto medio de la población terrestre, empleando paralelos y meridianos, está cerca de Lahore (India). Los puntos medios de riqueza, comercio exterior, bienes inmuebles, y hemisferios de población caen todos en Francia o muy cerca.

**Cuartilas y decilas.** La uniformidad de distribución de ciertos elementos puede representarse muy bien mediante cuartilas y decilas. Estos puntos se determinan del mismo modo que el punto medio, pero no resultan de la división en dos partes equidistantes por un paralelo o un meridiano, sino que la población se divide en 3, 4, 10 ó un número cualquiera de paralelos y meridianos, separados cada uno del anterior según la fracción correspondiente de la población.

El objeto principal de todos los centrogramas es descubrir las tendencias de la población y su distribución, principalmente para estudios regionales. También se recomienda su preparación para pequeñas unidades, como naciones o ciudades. La mayor dificultad en su confección consiste en la falta de datos estadísticos suficientemente detallados.

## MAPAS DINÁMICOS

En contraposición a los mapas que expresan condiciones estáticas, se tienen los mapas dinámicos, es decir, que representan un cierto movimiento que puede ser, por ejemplo, transporte, emigración o inmigración, maniobras militares, y hasta la difusión de teorías. Muchos mapas históricos y políticos tienen carácter dinámico. Los símbolos empleados en estos mapas son flechas y líneas de flujo. A veces se expresa la magnitud de la variación con isopletas o coropletas. En el caso de variaciones muy complicadas es preferible casi siempre preparar una serie de mapas estadísticos sucesivos. Muchos mapas dinámicos pueden clasificarse como cartogramas.

**MAPAS DE INTENSIDAD DE TRÁFICO.** — En estos mapas, los caminos o rutas de transporte se dibujan con espesor proporcional a la intensidad del tráfico correspondiente. Una red de vías de esta clase, como la que se ve en la fig. 229, se asemeja al aparato circulatorio del organismo humano y da una idea clara y muy expresiva de la densidad del tráfico. Ordinariamente se rectifican y simplifican las líneas que representan los caminos de que se trate.

Es difícil medir el grosor de las líneas; por esta razón y siempre que el espacio lo permita, deben formarse estas líneas con varias muy finas y paralelas, cortando las cuales se aprecia mejor el valor representado. Como las vías de comunicaciones se cruzan casi siempre en las proximidades de los centros de tráfico, se acostumbra dibujar estos centros separadamente a una escala mayor que la general del plano o mapa. Cuando las líneas son de espesores muy desiguales, como, por ejemplo, si una representa 50 ó 100 veces el valor de otra, es necesario a veces emplear una escala redu-

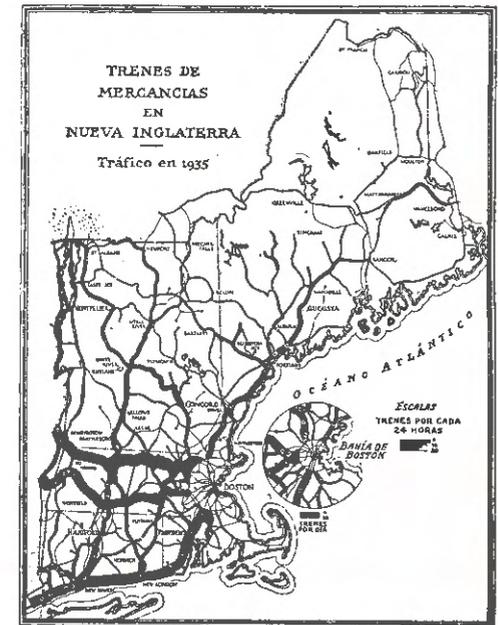


FIG. 229. — Mapa de intensidad de tráfico. El espesor de las líneas es proporcional al número de trenes de carga por día.

cida para tales espesores y anotar su valor verdadero con números. Si la línea más fina no es continua, sino de puntos, puede reducirse el espesor a una cuarta parte; la línea siguiente se dibuja con trazos cortos, la siguiente de trazos largos, y solamente la de cuatro unidades se hace continua. Otro método para indicar estas diferencias consiste en dibujar tubos de sección cuadrada o redonda (fig. 230).

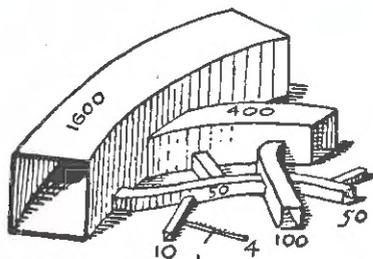


FIG. 230.—La capacidad de transporte del conducto mayor es 1.600 veces más grande que la del menor.

**MAPAS DE MIGRACIONES.**— En estos mapas se representa la migración de hombres o de animales mediante flechas cuyo espesor es proporcional al número de migrantes. No siempre se sigue la ruta exacta de migración; los mapas de migración intensa en los Estados Unidos, de C. W. Thorn-



FIG. 231.— Mapa de migración. El espesor de las flechas es proporcional al número de migrantes.

thwaite, constituyen un excelente ejemplo de esta clase de mapas: la ruta general seguida en las migraciones no fue tomada en cuenta en tales mapas, sino solamente se unieron con flechas de grosor variable los lugares de nacimiento y de residencia de los migrantes. Los mapas que representan la migración hacia un lugar o desde este mismo lugar se llaman de «migraciones simples», mientras que los de «migración compuesta» son los que representan la migración hacia y desde varios lugares. La figura 231 es un mapa de migración compuesta; en un mapa de esta clase, las flechas se entrecruzan.

**MAPAS ISOCRÓNICOS.**— Estos mapas representan los progresos posibles de los viajes en todas direcciones desde un centro dado en determinados intervalos de tiempo. Las distancias que hace un siglo se recorrían en un día, una semana o un mes, eran mucho más cortas que las que actualmente se recorren en el mismo tiempo. Este «encogimiento» del mundo es uno de los hechos más significativos de la época presente; este fenómeno está haciendo cambiar continuamente el modo de vivir de los pueblos en general, y por esta razón es de la mayor importancia el estudio de los mapas isocrónicos (fig. 233).

El tipo más corriente de mapas isocrónicos es aquel en que los puntos de igual tiempo-distancia están unidos por líneas *isocrónicas*. Estas líneas indican la rapidez o velocidad de los viajes, o el tiempo necesario para el transporte de correos, mercancías, etc.; tales líneas pueden representar la velocidad de las ondas sísmicas (en segundos), el avance de las olas en las mareas (en horas), etc.

En los mapas isocrónicos del *Atlas of Historical Geography of the United States* se indican las velocidades de traslado o transporte durante el período de 1800 a 1930. En los primeros mapas de esta clase, las líneas isócronas eran más o menos concéntricas, pero los actuales viajes aéreos han dado lugar a tal reducción en la duración de los recorridos, que las isócronas verdaderas son líneas muy irregulares, ya que a veces se tarda más en llegar a una casa de campo desde un aeropuerto, que en volar centenares de kilómetros. También resultan las isócronas deformadas, porque si es verdad que puede llegarse en un día desde la India hasta Chungking, también es verdad que para llegar a un punto de las montañas comprendidas entre ambos lugares se necesitan semanas y semanas.

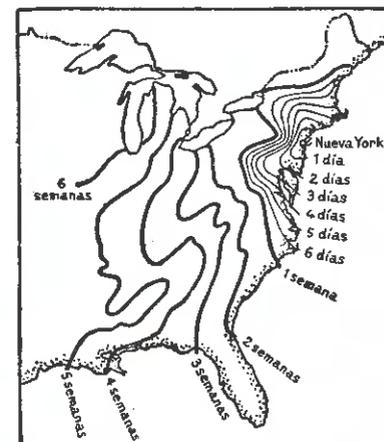
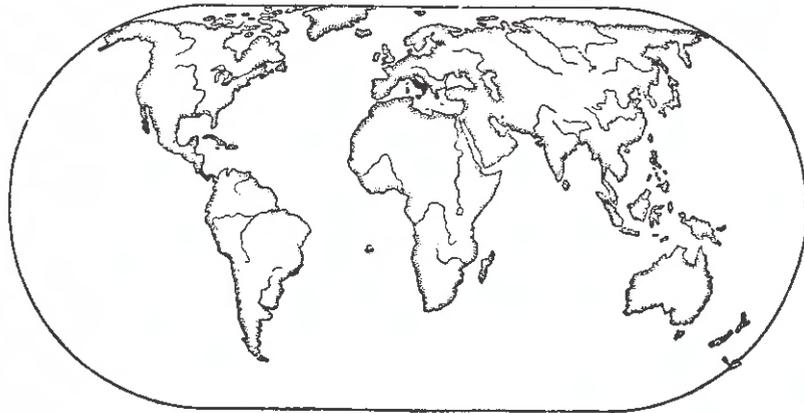


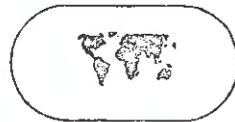
FIG. 232.— Mapa isocrónico que representa la duración de los viajes desde Nueva York, en 1800.

En los mapamundis isocrónicos es de capital importancia la clase de proyección empleada. Teóricamente, la mejor proyección es la oblicua, azimutal y equidistante, centrada sobre el punto cero de las isócronas. Esta



**EOTÉCNICA**  
( hasta 1830 y 1840 )

Máxima velocidad regular en tierra y mar, unos 15 Km./hora



**PALEOTÉCNICA**

( fines del siglo XIX, y principios del XX )

Máxima velocidad en tierra, unos 100 Km./h., y en el mar 60 Km./h.



**NEOTÉCNICA**

( era presente )

Máxima velocidad regular en el aire 300 Km./h.

FIG. 233. — Mapas de "encogimiento" o "achicamiento" del mundo.

es la única proyección en que tanto las direcciones como las distancias tienen valores verdaderos.

Otra clase de mapas isocrónicos muestran gráficamente el «achicamiento» del mundo. Aunque estos mapas ilustran de modo convincente la idea que representan, no debe prodigarse su uso, por la inexactitud intrínseca que entrañan.

También pueden hacerse mapas análogos a los isocrónicos referentes al coste de los transportes y no a la duración de los mismos. Estos mapas *isefódicos* (igual costo de viaje) tienen gran importancia tanto para los transportes de viajeros como de mercancías. Los puntos de igual costo de transporte se unen entre sí por líneas isefódicas semejantes a las isócronas. Las líneas isefódicas trazadas sobre un mapa ordinario son muy complicadas e irregulares; por esta razón convendría preparar otra clase de cartogramas isefódicos en que se trazaran círculos concéntricos alrededor de la ciudad central a intervalos iguales y de modo que cada círculo representara un coste proporcionalmente mayor que el anterior. Todas las demás ciudades importantes se sitúan en su dirección verdadera, pero a distancias proporcionales a los costes de transporte de mercancías. Basta con una mirada sobre un cartograma de esta clase para formarse idea de la cartografía de coste en que hay que encuadrar los diferentes puntos de embarque.

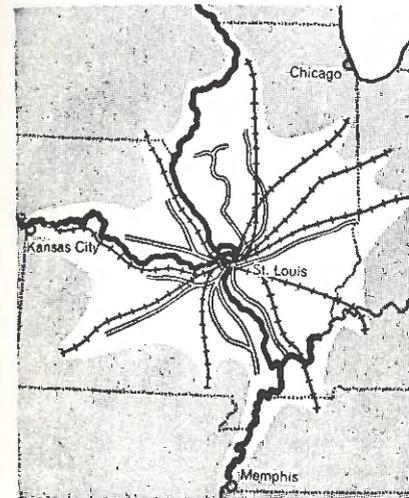


FIG. 234. — Mapa isefódico o de distancias de igual coste, que indica hasta dónde pueden transportarse mercancías desde un punto, por el mismo coste.

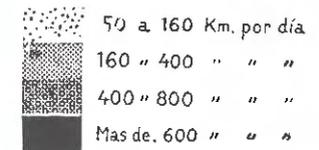


FIG. 235. — Mapa isotáquico, en el que se divide la Tierra en zonas según el coste del transporte de mercancías.

**MAPAS ISOTÁQUICOS.** — Estos mapas representan la máxima velocidad de los transportes en una cierta extensión superficial (así como los mapas isocrónicos indican la velocidad desde un cierto punto). Los aeroplanos no figuran en estos mapas porque la facturación de mercancías por el aire sólo se hace en condiciones muy especiales; también resultaría muy difícil construir un mapa isotáquico que comprendiese las rutas aéreas.

El transporte por ferrocarril es más rápido, en general, que por camino o por barco, y los más lentos son por carros o vehículos de tracción animal, o a lomo de acémilas.

En un mapa isotáquico, mientras más elevada es la velocidad, más intenso es el sombreado; la red de ferrocarriles se dibujará, por consiguiente, en negro, las carreteras en gris oscuro, las rutas marítimas y fluviales en gris más claro, etc. A S. W. Boggs se debe un mapa de los Estados Unidos en que aparecen coloradas las zonas de diferente costo de transporte, y al que llamó su autor mapa «isotímico».

## CAPÍTULO XXVIII

### GLOBOS TERRÁQUEOS Y MAPAS EN RELIEVE

La Cartografía, no sólo se ocupa en los mapas planos o de dos dimensiones. Las representaciones tridimensionales, como son los globos terráqueos y los mapas en relieve, están cada día más en boga, habiéndose adelantado mucho en estos últimos años en la solución de los muchos problemas técnicos que supone la construcción de tales modelos.

#### GLOBOS TERRÁQUEOS

Ya los griegos reconocieron la forma esférica de la Tierra e intentaron construir globos para representarla. También conocieron el tamaño de nuestro planeta, y la extensión de «mundo habitable» fue estimada con gran aproximación. Pero se encontró que todo el mundo conocido apenas si llenaba un cuarto de la superficie terrestre, que fue calculada por Eratóstenes; los otros tres cuartos fueron objeto de grandes investigaciones en que la imaginación desempeñaba un notable papel. Crates, unos 150 años antes de Jesucristo, preparó un globo terráqueo con otros tres continentes equilibrados, anticipándose así al descubrimiento de las Américas y de Australia. Este es el primer globo terráqueo de que se tiene memoria. Los globos celestes entrañaban menos problemas, y son varios los contruidos por los romanos y después por los árabes, que han llegado hasta nuestros días.

El primer globo terráqueo que ha perdurado hasta nuestros días fue hecho por Martín Benhaim en Nuremberg, en 1492. Este globo estaba basado enteramente en la concepción ptolomeica de la Tierra, y, desde luego, no aparece América en el mismo (fig. 17). Cuando los grandes descubrimientos de los siglos xv y xvi dieron lugar a una nueva concepción del mundo, no había mejor medio de explicar la nueva geografía que con globos terráqueos. La primera época del Renacimiento fue la edad de oro de los globos: en 1457 fueron introducidos por Waldseemüller los husos esféricos impresos, con lo cual se hizo posible la manufactura de globos terráqueos en cantidad. Casi todos los cartógrafos del Renacimiento eran fabricantes de globos. El

más célebre de todos ellos fue Johannes Schöner, de Nuremberg; en su globo de 1515 figuraba el estrecho de Magallanes antes de ser descubierto. Probablemente el globo terráqueo más perfecto fue el hecho por Coronelli, en Venecia, a fines del siglo XVII; este globo, destinado a Luis XIV, tenía cerca de 4 metros de diámetro; por fuera era un globo terráqueo y por dentro, una esfera celeste que movida por un mecanismo de relojería daba una vuelta completa en 24 horas. El Renacimiento fue la época de los grandes globos ornamentales, en algunos casos más famosos por su aspecto decorativo y su fondo científico que por su valor práctico. Después del Renacimiento decayó el empleo de globos terráqueos, pero últimamente ha recobrado nuevos prosélitos, reconociendo su gran valor instructivo.

**UTILIZACIÓN DE LOS GLOBOS TERRÁQUEOS.** — Un globo es la representación más perfecta de la Tierra y la única en que la escala es verdadera en todos los puntos. Las distancias sobre círculos máximos pueden tomarse directamente con una cinta métrica estrecha, cosa que se hace con mucha frecuencia en esta era de la aviación. Pero ya veremos que los globos están afectados por errores intrínsecos a su construcción ordinaria, y las distancias medidas sobre los mismos pueden padecer errores superiores al tanto por ciento tolerable. Estas mediciones son más precisas que sobre cualquier mapa, en que el método de proyección empleado introduce un error de consideración. Los globos terráqueos se prestan muy bien para proyectar largas rutas aéreas o marítimas, ya que las distancias y rumbos reales pueden tomarse bien sobre mapas precisos. La propagación de los movimientos sísmicos, de las mareas y de las ondas radioeléctricas se pueden seguir perfectamente sobre un buen globo terráqueo.

El globo terráqueo es una de las conquistas más importantes de la Cartografía; permite al hombre *pasear* por la Tierra y ver el planeta desde fuera. En los globos puede verse perfectamente la proporción entre continentes, océanos y regiones polares, y en ellos se descubren aspectos insospechados y relaciones sorprendentes. Con razón son muchas las escuelas graduadas que utilizan globos para la enseñanza de la Geografía en sus primeros grados. Sobre un globo se comprenden claramente los conceptos fundamentales de día y noche, invierno y verano, vientos periódicos, zonas horarias, mareas, etc.

Tampoco pierden importancia los globos en los grados superiores de estudios geográficos. Su empleo es muy útil en Geografía matemática, Geodesia, Climatología, Oceanografía, Sismología, Geotecnia, Magnetismo terrestre, Radio, etc. Antes de materializar nuestras ideas sobre una esfera, respecto a Geografía, Comunicaciones, Aviación y Economía, no estábamos en condiciones de comprender nuestra verdadera situación en este planeta tan pequeño que es la Tierra. Al comenzar la segunda guerra mundial se preparó un globo terráqueo de 1,5 m. para uso del Presidente de los Estados Unidos.

Todas las escuelas y todas las casas debieran tener un globo terráqueo. Y, sin embargo, las escuelas y los hogares que disponen de un globo terráqueo constituyen una excepción. La razón puede consistir en que los globos son voluminosos, difíciles de manejar, y en que su precio es igual al de un atlas completo. También es cierto que no puede verse de una vez más que la mitad del mundo, por lo cual no aparecen a la vista todas las relaciones que pueden apreciarse sobre un mapamundi. Pero es posible que la principal razón para la poca difusión de los globos radique en el hecho de que los globos terráqueos ordinarios dejan mucho que desear en cuanto a exactitud. No dan idea de una esfera que va girando por el espacio, sino más bien parecen una serie de mapas políticos pegados sobre una bola.

En primer lugar, para que un globo sea una imagen de la Tierra, ha de ser grande. Los globos corrientes de 30 ó 40 cm. no dan idea en modo alguno de la magnitud de nuestro planeta; ni siquiera un globo de 60 cm. da la impresión de representar una esfera más grande que la persona que lo mira. Un globo grande, no obstante su tamaño ha de ser delicado y fino en todos sus detalles. En un globo terráqueo de 1,25 metros (escala aproximada 1:10.000.000), las montañas más elevadas sólo tendrían menos de 1 mm. de altura, y los ríos más anchos aparecerían como líneas microscópicas. Claro está que para que estos detalles sean apreciables han de exagerarse mucho, pero sin que la superficie del globo pierda la tersura y delicadeza de detalles que se observaría en la Tierra si se mirara desde un cohete a varios miles de kilómetros de distancia. Este observador ideal sólo vería el color verde de los bosques, el color azul oscuro de los mares, el verde vivo de los prados, el gris oscuro de los terrenos incultos, el brillo del hielo y de la nieve, los tonos rojizos brillantes de los desiertos, etc. Esta impresión sería distinta en invierno que en verano; muy instructivo es el disponer de dos globos terráqueos, uno correspondiente al invierno y otro al verano. Es evidente que en un globo perfecto los rótulos deben ser todo lo pequeños y casi imperceptibles que sea posible, de modo que no entorpezcan la clara visión y la mejor apreciación del dibujo.

**CONSTRUCCIÓN DE GLOBOS TERRÁQUEOS.** — Los globos se hacen, de ordinario, con sectores (husos esféricos) impresos, que se pegan sobre una esfera ajustados adecuadamente; otro tipo de esferas se moldeaba convenientemente sobre una armazón de madera a la cual se aplicaban varias capas de una mezcla de pasta de papel y de yeso, reforzada con pelos y cola. Algunos fabricantes de globos aplicaban esta mezcla al interior de un molde semi-esférico.

Después de endurecido el medio globo así obtenido, se sacaba del molde y se pegaban las dos mitades por el ecuador. Este método se emplea todavía en algunos globos de gran tamaño, pero en la producción actual en serie se prensa dentro de moldes la materia empleada (metal, pasta, etc.).

**SECTORES PARA GLOBOS TERRÁQUEOS.** — Los globos pequeños tienen, de ordinario, 12 sectores o husos de 30° de longitud cada uno. Las regiones ártica y antártica se suelen pegar separadamente en forma de círculos.

Los sectores para los globos se trazan, de ordinario, en una proyección sinusoidal modificada. El meridiano central y el ecuador están divididos sin deformación. Curvas sinusoidales de poca curvatura trazadas por los polos y por las divisiones del ecuador determinan los meridianos, que se pueden dibujar con sólo medir las distancias verdaderas desde el meridiano central, resultando así casi exactamente la parte central de una proyección sinusoidal; la diferencia está en los paralelos, que no son horizontales, sino ligeramente arqueados, y que se obtienen uniendo las mismas divisiones de cada meridiano.

FIG. 236. — Construcción de globos con 12 sectores.

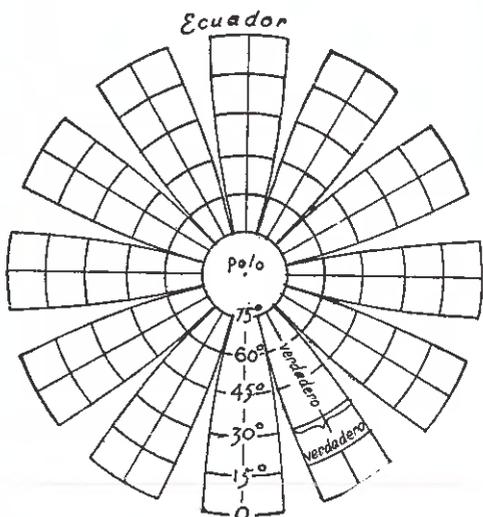


FIG. 237. — Los globos se hacen, con frecuencia de 24 zonas dispuestas radialmente desde los polos. Los dos hemisferios se unen entre sí por el ecuador.

Se obtienen globos más precisos con 24 sectores, que se disponen del modo indicado en la figura 237. Con este procedimiento se evitan las piezas polares separadas y el ajuste se hace mejor. Los paralelos son arcos circulares a distancias verdaderas: los meridianos se obtienen uniendo los pun-

tos de división de los paralelos, a izquierda y derecha del meridiano radial, rectilíneo y central de cada sector. Los meridianos laterales son un poco más largos que el central, pero la diferencia es mucho menor que en el método anterior. Todos los sectores de un hemisferio se imprimen a la vez, montados sobre chapa plana, cartón o metal. Se recorta el espacio comprendido entre los sectores, pero sin llegar a menos de 10 a 15° alrededor de los polos. Cada hemisferio se forma dentro de un molde semiesférico, se refuerzan interiormente y se pegan por el ecuador ambas mitades. Una tira muy estrecha pegada sobre el ecuador oculta toda posible aunque pequeña desviación entre los meridianos de los dos hemisferios.

ACCESORIOS. — Los globos tienen, de ordinario, un eje de acero o de madera, alrededor del cual pueden girar. En los globos grandes, el eje puede

Los globos se colocan en un alojamiento cóncavo (cuna) del cual pueden sacarse y volverse a colocar en una posición cualquiera.

ACCESORIOS. — Los globos tienen, de ordinario, un eje de acero o de madera, alrededor del cual pueden girar. En los globos grandes, el eje puede

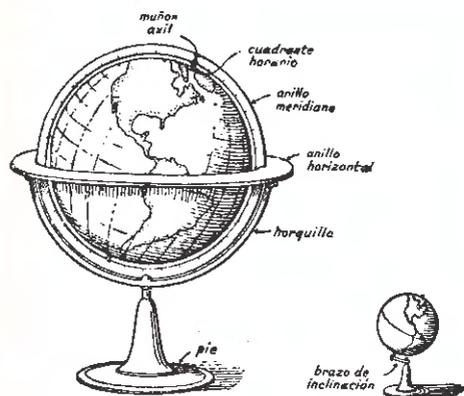


FIG. 238. — Accesorios de un globo terráqueo.

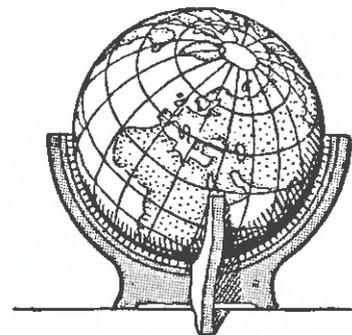


FIG. 239. — Los globos se colocan en un alojamiento cóncavo (cuna) del cual pueden sacarse y volverse a colocar en una posición cualquiera.

hacerse de dos piezas, con un muelle que asegura la presión uniforme; unos casquillos y unos cojinetes de bolas permiten el giro suave del globo. Los globos más pequeños pueden no tener eje, girando por sus polos en soportes adecuados. El eje o los muñones polares van ordinariamente fijados a un anillo o medio anillo meridiano. Este aro o anillo meridiano puede ir apoyado por su parte inferior, unido a una horquilla semicircular, o suspendido por su parte superior; en cualquier caso, el anillo y el globo pueden moverse de modo que el eje se coloque verticalmente o inclinado 23,5°, indicando la inclinación del eje de la Tierra respecto al plano de la eclíptica. Esta última posición es preferible cuando se considera la Tierra como un planeta, y para explicar las estaciones. Algunos globos montados así oblicuamente llevan un anillo horizontal que representa el plano de la eclíptica, ilustrado frecuentemente con los signos del Zodiaco. Los globos modernos raramente tienen anillo horizontal, porque tapa y da sombra a la zona ecua-

torial. Algunos globos antiguos tenían tal lujo de adornos en su soporte y en sus aros, que más parecían un objeto de arte que de estudio. Los actuales suelen tener solamente un pie metálico pesado al que va unido el anillo

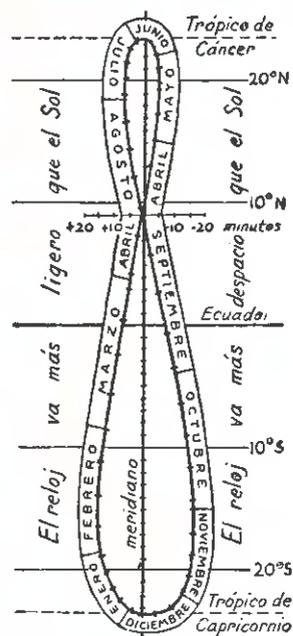


FIG. 240. — El analemma indica, para cada día del año, el punto sobre el cual inciden los rayos solares verticalmente (Sol en el zenit), cuando la hora local son las 12, en el meridiano.

más acusada cerca del ecuador que de los trópicos.

La componente Este-Oeste del analemma se debe a la ecuación del tiempo. A causa de la velocidad desigual de la rotación terrestre (ley de Kepler) y de la inclinación del eje de la Tierra, no tienen todos los días igual duración. Aunque la diferencia entre cada dos mediodías consecutivos raramente excede de unos pocos segundos, se acumulan tales diferencias de modo que el 2 de noviembre el Sol culmina a 11<sup>h</sup>43<sup>m</sup> de tiempo local, mientras que el 10 de febrero su culminación tendrá lugar a las 12<sup>h</sup>15<sup>m</sup>. Como un minuto de tiempo representa 15 minutos de arco, pueden tomarse estas diferencias a derecha e izquierda del meridiano y combinadas con la declinación se tiene

meridiano. Los globos más sencillos van unidos a un brazo, inclinado 23,5° respecto a la horizontal. Casi todos los globos llevan un cuadrante horario, que es un aro pequeño que puede girar alrededor del polo Norte; este anillo está dividido en 24 partes iguales que indican las horas; colocando una hora determinada sobre un meridiano, se puede saber fácilmente la hora local para otro meridiano cualquiera. En la actualidad, los globos se colocan en un alojamiento o especie de cesto o de cuna suelto, sin ligazón alguna; de este modo se puede dar al globo la posición que se quiera, por muy rara que parezca, descubriéndose aspectos a veces sorprendentes.

EL ANALEMMA. — Muchos globos llevan sobre el Pacífico una curiosa curva en forma de ocho que se llama *analemma*. Esta línea une los puntos de la superficie de la Tierra en que el Sol está directamente encima, a lo largo del año, cuando son las doce locales, en el meridiano que sirve de eje al analemma. Pueden trazarse analemmas semejantes para meridianos cualesquiera.

El analemma está compuesto de dos factores. La componente Norte-Sur se debe a la declinación del Sol, que está en el zenit, a 23°27' N. el 21 de junio, a 23°27' S. el 21 de diciembre, y sobre el ecuador en los equinoccios. La separación de los rayos verticales del Sol a mediodía, a un lado y otro, o mejor dicho, arriba y abajo, es

la conocida curva en forma de ocho. Hay que tener en cuenta que en la mayor parte de los globos no está bien trazado el analemma; bien dibujado, no debe ser simétrico, ni el nudo del ocho ha de caer exactamente sobre el meridiano. El analemma es muy útil para conocer la altura del Sol en un punto y en un momento cualesquiera. También se emplea en la construcción de relojes de sol.

CLASES DE GLOBOS. — Casi todos los globos terráqueos son *políticos*, y representan en colores vivos los diferentes países. También presentan bien destacadas las líneas de comunicaciones, como vías férreas, rutas aéreas y marítimas. Más apropiada representación de la Tierra se tiene en los globos físicos con tintas hipsométricas, combinadas a veces con sombreado a rayas. En estos globos se indica la profundidad de los mares, las corrientes, zonas de vegetación y líneas isógonas de magnetismo. El defecto principal de todas las tintas hipsométricas, de exagerar la altura sobre el nivel del mar, es también aplicable a los globos terráqueos.

También existen en el mercado *globos especiales* que representan distintos elementos climatológicos (temperatura, lluvia y presión) en las diferentes estaciones. Estos globos dan mejor idea del clima de la Tierra que los mapas ordinarios.

Se han hecho muchos ensayos de *globos en relieve* en que las montañas sobresalen y los océanos están algo hundidos. Pero como en un globo de 69 cm., cuya escala es aproximadamente de 1:20.000.000, las montañas más altas no sobresaldrían más del espesor de un papel, hay que exagerar la escala vertical de modo disparatado para apreciar el relieve, con lo que los globos resultan más bien caricaturas de la Tierra que imágenes de la misma.

Los globos esquemáticos hechos en pasta lavable, con la tierra en negro y los mares en azul oscuro, se prestan muy bien a la enseñanza de la Geografía, ya que puede dibujarse sobre ellos con yeso y borrarse con un paño lo escrito. También se emplean mucho, para el estudio de la geografía matemática o esférica, los globos completamente negros, sin continentes ni mares, pero con los meridianos y paralelos trazados de modo permanente.

En estos últimos años se han empleado diversos materiales para la confección de globos. Muy corrientes son los globos de cristal; los hay patentados para lámparas, iluminados por dentro y que giran mediante un mecanismo de relojería, indicando el día y la noche. También hay globos transparentes hechos con materias plásticas, para comparar los continentes y mares entre sí. Promete mucho el método de reproducción fotográfica de globos transparentes, sobre todo si los colores pueden reproducirse fielmente en la fotografía. Se han hecho globos de gran tamaño, impregnando sectores ya impresos, con un acetato plástico en un molde semiesférico. También existen en el comercio globos de caucho, de paño y de seda; algunos son acepta-

bles, pero la mayor parte son muy poco precisos y pueden considerarse sólo como juguetes científicos.

Para la más fácil comprensión del movimiento de la Tierra, de la Luna y de los planetas, existe en muchos centros de enseñanza un *planetarium*; los planetarios de los siglos XVIII y XIX eran muy complicados, con intrincado mecanismo de relojería para poner en movimiento diferentes piezas. En la actualidad han pasado a la categoría de objetos de museo; muy valiosos y de gran mérito, pero su eficacia pedagógica ha sido siempre muy inferior a su costo.

**GLOBOS CELESTES.** — Los globos celestes se construyen de modo semejante a los terráqueos; llevan un anillo meridiano movable, y casi todos están además provistos de otro anillo horizontal, para representar así las coordenadas celestes. Cuando el eje del globo está inclinado, según nuestra latitud y dirigido hacia el polo celeste, se puede hacer girar el globo de modo que cada radio que pase por una estrella del globo apunte hacia la misma estrella en el cielo. Los globos celestes antiguos estaban adornados con figuras mitológicas de las constelaciones, y constituían objetos decorativos más o menos pseudocientíficos. Los globos celestes modernos se emplean para la enseñanza de la Astronomía y muestran las estrellas visibles de acuerdo con su magnitud, las nebulosas, los enjambres de estrellas, la Galaxia, etc.

**GRANDES GLOBOS TERRÁQUEOS.** — Existen en la actualidad muchos globos notables de gran tamaño. En el vestíbulo del News Building de Nueva York, hay un globo giratorio de más de 3,5 m. de diámetro magníficamente dibujado. Otro globo análogo gira en el vestíbulo de la Pan American Airways, en Miami. En el Christian Science Building de Boston, existe un globo de cristal (que se ve desde dentro) de 9 m. de diámetro; es interesante observar que el Oeste está a la izquierda, mientras que, situándose el observador en el centro de la Tierra, debe hallarse a la derecha.

Reclus, el gran geógrafo francés, propuso la construcción de un globo de gran tamaño a escala 1:1.000.000, con la cooperación económica internacional, para ser conservado como imagen real del mundo actual; este globo habría de tener unos 13 metros de diámetro. Lo que fue una aspiración, un sueño de Reclus, va a verse realizado; un globo de tales dimensiones va a construirse en el Babson Institute de Wellesley, utilizando las hojas del mapa del mundo a escala 1:1.000.000, pero coloradas con los tonos reales de la Naturaleza, y no con los colores de las tintas hipsométricas. Este globo terráqueo irá colocado cerca del modelo en relieve a escala 1:250.000 de los Estados Unidos, existente en dicho Instituto y que constituye en realidad una parte de un globo, tal y como lo describiremos al final de este capítulo. La Sociedad Geográfica Americana tiene un mapa de la América latina a escala 1:1.000.000, sobre una superficie esférica.

### MAPAS TOPOGRÁFICOS EN RELIEVE

Hacer un mapa en relieve es el medio más eficaz para obtener una verdadera imagen de una región. Así como la historia de la escultura es más antigua que la de la pintura, así también la historia de los relieves topográficos es tan antigua o más aún que la historia de los mapas planos. En el capítulo primero citamos la extraordinaria habilidad de los pueblos primitivos para hacer mapas en relieve. Pero en los primeros tiempos de la Cartografía científica eran muy raros los relieves topográficos buenos, porque todavía se sabía muy poco sobre la altitud y la configuración de las montañas. Del siglo XVIII se conservan dos magníficos relieves de la Suiza central: uno, hecho de cera, por R. L. Pfyffer, está en Lucerna, y el otro, de pasta de papel, hecho por Meyer y por Müller, se encuentra en Zurich. Cuando se pudieron confeccionar mapas precisos y detallados con curvas de nivel, ya a mediados del siglo XIX, adquirió gran perfección el arte de confeccionar relieves. Probablemente son los más famosos los relieves de varias partes de los Alpes, de J. Albert Heim.

Un mapa en relieve es la representación más perfecta de una pequeña región. Todo estudio de una extensión no muy grande de terreno debiera hacerse con ayuda de un mapa en relieve. Muchos detalles y características de una región aparecen claramente en los relieves. También se emplean los mapas en relieve para el estudio de ciertos problemas de ingeniería, de Geología y para proyectar operaciones militares. Los mapas en relieve son muy apreciados por el público en general, por la sensación de realidad de que con frecuencia carecen los mapas ordinarios.

**EXAGERACIÓN VERTICAL.**—Si se hiciera un modelo en relieve de 60 cm. del monte Rainier, por

*Sin exageración vertical*

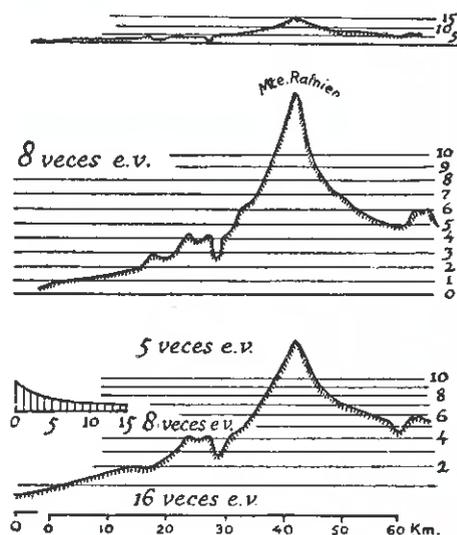


FIG. 241. — En los modelos de montañas a escala reducida, ha de disminuirse la exageración vertical en las alturas mayores.

ejemplo, se vería éste perfectamente sin necesidad de exagerar la escala vertical. Pero en un globo de estas dimensiones de los Estados Unidos el monte Rainier sobresaldría sólo 0,5 mm. sobre el Puget Sound si la escala vertical fuera igual a la horizontal. Para que las montañas den la impresión de realidad, tratándose de escalas reducidas, hay que exagerar la escala vertical, pero no excesivamente, pues, de hacerlo así, el monte Rainier se vería como una aguja si la exageración fuera de 40 veces, por ejemplo.

Lo primero que hay que determinar al construir un mapa en relieve es la exageración que hay que dar a la escala vertical. No pueden darse reglas fijas, ya que esta exageración depende de la escala horizontal, de la anfractuosidad del terreno, y de la precisión que se necesite según el uso que se haya de dar al mapa; pero el factor más importante es la escala. Como fórmula empírica aproximada puede darse la siguiente, para la exageración más conveniente en el relieve de una región poco montañosa, sin gran minuciosidad de detalles:

$$\text{Exageración vertical} = 3 \sqrt{m}$$

donde  $m$  es el número de kilómetros representados por 1 cm. del mapa. Es decir, que la exageración media vertical para los mapas de 1 cm. por kilómetro, es triple; para los de 4 cm. por kilómetro, será 6 veces, y para los de 16 cm. por kilómetro, será de 12 veces.

Si la región es montañosa, la exageración es menor; pero si es muy plana hay que aumentar la exageración. Cuando un mapa pequeño está muy bien detallado puede reducirse la exageración vertical.

En los mapas de pequeña escala (y aun en las grandes si el relieve es considerable) se obtienen los mejores resultados variando la escala vertical, con mayor exageración en las partes llanas y menor en las montañas. Por ejemplo, en un mapa a escala 1:4.000.000, la exageración en las llanuras puede ser solamente de 16 veces, reduciéndose poco a poco hasta 8 ó hasta 5 veces en las alturas mayores. Es conveniente trazar un perfil con las exageraciones proyectadas y ver cómo aparecen a la vista.

Cuando se emplea cartón para recortar las curvas de nivel se opera con espesores reducidos y la exageración vertical calculada sólo puede ser aproximada. En el cálculo comparamos centímetros del mapa con decímetros del terreno; por ejemplo, queremos hallar la exageración vertical de un mapa en relieve de 1 cm. por kilómetro, donde se cortan las curvas de nivel, de equidistancia igual a 5 m., en un cartón de 0,05 cm. de espesor. Se tendrá:

$$\begin{array}{l} 1 \text{ cm. horizontal corresponde a } 10.000 \text{ dm.} \\ 1 \text{ cm. vertical corresponde a } \frac{1.200}{10.000} \text{ dm.} \end{array}$$

$$\text{Exageración vertical} = 8,3$$

que es excesiva, por lo cual debe recortarse una curva de nivel sí y otra no, con lo que se reduce la exageración a 4,1 veces, que no es demasiado si se trata de regiones planas.

**CORTE DE CARTONES.** — Si se dispone de un buen mapa con curvas de nivel, se prepara el relieve ordinariamente con láminas recortadas de cartón. Los cartones empleados deben ser finos; cuando tienen menos de 1 mm. de espesor, se pueden cortar fácilmente con una cuchilla; con 1,5 mm. de espesor, se pueden cortar muy bien con una sierra redonda giratoria. Los cartones más gruesos se cortan con una sierra de marquetería, cuyo uso es más bien difícil, porque hay que ir girando continuamente el cartón para seguir la forma tan complicada de las curvas de nivel. El cartón especial engrasado es más fácil de cortar. Cuando se requiere el empleo de cartones más gruesos, pueden substituirse por chapas finas de madera, Celotex, etc. Personalmente, nos ha dado buen resultado el uso de la plastilina en láminas, en la preparación rápida de relieves.

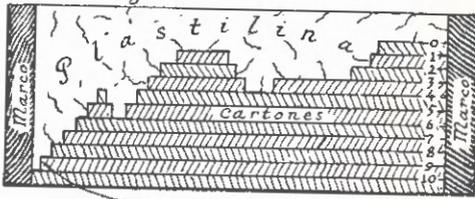
**MÉTODO POSITIVO.** — Una vez elegido el cartón, se cuadrícula el mapa o una fotografía del mismo y se pega un papel carbón por detrás del mapa, trazando sobre el cartón la curva de nivel más baja del mapa; se marcan también unos cuantos puntos característicos de la curva siguiendo, para la debida posición de la misma. Después, sobre otro cartón se dibuja la curva de nivel inmediatamente superior a la primera, y así sucesivamente, hasta que se hayan dibujado todas las curvas de nivel. Las cimas de las montañas pueden trazarse unas junto a otras para ahorrar cartón. Cada cartón recortado se señala con el mismo número de la curva de nivel correspondiente, y ya se tienen los cartones dispuestos para ser cortados.

El cortar el cartón exactamente a lo largo de las curvas de nivel es cuestión de práctica. Cuando éstas presentan entradas pronunciadas y angostas,

#### Método positivo



#### Método negativo



#### Vaciado positivo desde un negativo



FIG. 242. — Los modelos sencillos de gran escala se hacen por el método positivo; el método negativo se emplea para los modelos de pequeña escala con mucho detalle.

es mejor dejarlas para el final y cortarlas por sus dos bordes. Se empieza por recortar la curva de nivel más baja; después se van cortando las demás y se disponen unas sobre otras ordenadamente, hasta construir un relieve positivo. Los cartones se pegan con una solución de caucho de poca consistencia. Los salientes marcados en cada cartón ayudan a determinar exactamente la colocación del siguiente. El relieve así obtenido se cubre con plastilina (especie de arcilla grasienta), y los detalles topográficos más delicados, como rocas y canales, se señalan a mano hasta obtener un relieve bien preciso de la región de que se trate. Hay que procurar que no quede plastilina sobrante alguna, sobre todo en los valles. Las curvas de nivel deben quedar apenas visibles. Después se dispone un marco de madera alrededor del relieve, sin que su altura sobrepase demasiado la de los picos más altos de aquél. Se unta con aceite este marco, se cubren sus juntas con plastilina, y ya se tiene el relieve dispuesto para modelar el negativo.

**MÉTODO NEGATIVO.** — En este método se invierte el proceso anterior para la construcción de relieves. Primero se recorta la curva de nivel más alta, y el cartón que queda se coloca boca abajo; se corta la siguiente curva de nivel y se coloca sobre el cartón anterior, y así sucesivamente, hasta tener formado el *negativo* completo del relieve. De este negativo se obtiene el positivo correspondiente por vaciado. Cuando se trata de mapas de cierta precisión se retoca este positivo con toda exactitud de modo que presente los menores detalles, y después se obtienen un negativo y un nuevo positivo. Este sistema tiene la ventaja de que su empleo no requiere el copiar las curvas de nivel, ya que el mapa mismo puede adaptarse a los cartones sucesivos a medida que se van cortando las curvas; además, con este procedimiento no se corre el riesgo de que se pierdan algunas de las elevaciones menores. En cambio existe el peligro de que el cartón se empape con la escayola húmeda y se deforme; para evitar este inconveniente debe remojarse el cartón con aceite antes de hacer el vaciado. En general, el método negativo es mejor cuando se trata de relieves a escala reducida con detalles finos, mientras que el positivo conviene más para los mapas de escala grande.

**VACIADO.** — Midiendo las paredes y la profundidad media de la caja que contiene el molde de cartón se calcula el número de centímetros cúbicos de pasta que hay que echar para obtener el modelo. En una vasija a propósito se echa el agua necesaria y se le mezcla a mano el yeso, a razón de 1,5 kg. por cada litro de agua; no debe batirse el yeso sacándolo del agua porque se pueden formar burbujas de aire; poco a poco va espesándose la mezcla, y cuando no baja más polvo, al echarlo en su superficie, se da por terminada su preparación. El nivel del agua, después de agregado el yeso, se eleva en una cuarta parte de su altura total. No conviene remover la pasta después de terminada, pero deben deshacerse con los dedos los grumos que

se hayan formado. Con un brocha se extiende una capa espesa de pasta sobre el molde, y después se va vertiendo aquélla en la caja, empezando por un rincón y llenando poco a poco toda la caja, para evitar la formación de burbujas. Se agrega más pasta con una cuchara, comprimiéndola suavemente en dirección de las paredes de la caja, sin dejar caer el yeso desde lo alto, para evitar las burbujas de aire. El yeso no se endurece, por lo menos en 10 ó 15 minutos; si se acelera el fraguado, puede estropearse el modelo. En los modelos grandes pueden trabajar a la vez dos o tres personas, cada una desde un rincón de la caja. Se llena ésta completamente, y cuando empieza el yeso a endurecerse se allana la superficie superior con una regla. El yeso termina completamente su fraguado en unas horas, pero es más seguro no sacarlo del molde hasta el día siguiente; para ello se introducen cuñas de madera entre el yeso y el molde, a ser posible en alguna parte plana del molde (un mar o un lago); estas cuñas dejan señales (escoriaciones) que después se retocan con yeso medio húmedo.

**ACABADO.** — Cuando mejor se hace el acabado es cuando aún está tierno el yeso. Se rellenan las burbujas de aire, se ahondan los ríos, arroyos, etc., y se repasan los acantilados, rocas, etc. Los campos de labor se señalan con líneas paralelas trazadas sobre el yeso con un trozo de hoja de sierra. Los bosques se representan produciendo rugosidades en el yeso mediante un cepillo de alambre. El yeso se trabaja perfectamente con *herramientas vibratorias*. Una vez acabado el modelo, se cubre con una capa de goma laca y se pinta con colores al óleo. Pueden representarse también los bosques espolvoreando arena sobre la pintura todavía fresca. El rotulado se puede hacer con tinta china directamente sobre la pintura ya seca, o pegando letras sueltas de papel. También se pueden grabar las letras en el negativo, que después aparecerán salientes en el positivo. Se logran relieves muy atractivos suavizando el yeso con papel de lija y pintando después el modelo con colores de acuarela en vez de emplear la pintura de aceite. Las partes laterales del mapa en relieve se pintan de modo que representen la estructura geológica del terreno; cuando no es precisa tal representación, es mejor conservar el modelo en su caja.

**MAPAS PEGADOS SOBRE LOS RELIEVES.** — Sobre un relieve de escayola se puede pegar un mapa impreso en papel de tela fino. En el Congreso de Geografía de París, de 1931, se exhibió un relieve del norte de Francia, a escala 1:20.000, con una exageración vertical de 1:2, con hojas del mapa topográfico pegadas encima. Este método fue perfeccionado por Wentschow, de Munich, cuyos relieves de varias partes de Alemania son famosos.

**MATERIALES EMPLEADOS EN LOS MAPAS EN RELIEVE.** — Se ha intentado varias veces el montar un mapa sobre cartón, calentarlo con vapor y prensarlo dentro de un molde de acero, que constituye un modelo positivo y negativo de la superficie representada en el mapa. El primer ensayo de esta clase

hecho en 1884 (*Royal Relief Atlas*), realizado por Berau en Londres, despertó gran curiosidad, pero el excesivo costo de los modelos de acero limitó los deseos de imitación.

Se ha obtenido un progreso considerable con el empleo de los *relieves de caucho*, que pueden vaciarse en moldes de yeso, y resultan así mucho más baratos que los prensados en caliente, o los confeccionados con sustancias plásticas. Primero se extiende una capa fina de caucho sobre el modelo, que se refuerza con caucho esponjoso mediante una pistola de pulverización. El mapa puede fotografiarse sobre el caucho sensibilizado. Pulverizando pintura gris oscura desde un mismo lado del mapa se da al relieve un sombreado que hace resaltar más claramente las diferentes alturas del terreno.

La duración y la facilidad de transporte hizo que los relieves de caucho se emplearan mucho durante la segunda guerra mundial. Las fuerzas de mar y de aire de los Estados Unidos prepararon excelentes relieves, tanto en campo como en gabinete, y todos los escenarios de guerra y todas las costas de desembarco fueron reproducidos en relieve, cuya eficacia se comprobó sobradamente en los campos de batalla.

Las materias *plásticas* se prestan muy bien para la formación de relieves. Aunque los modelos resultantes son muy ligeros e irrompibles, su empleo no se ha extendido demasiado por el elevado precio del molde de acero, en que hay que someter a presión al modelo. Pero como con un solo molde de acero se pueden obtener miles de relieves, cabe esperar que pronto se disponga de modelos de esta clase tan baratos como buenos. Los materiales plásticos transparentes son muy apropiados para ciertas aplicaciones, sobre todo para poner de manifiesto la estructura geológica del terreno, las minas y los filones de mineral, pero la configuración y los detalles superficiales resultan peor sobre el material transparente.

Una lámina caliente de vinilita puede adherirse por el vacío a un molde de yeso, y una vez fría se puede desprender fácilmente, obteniéndose un relieve del cual es fácil obtener a su vez otra copia, fuerte y de poco peso. El mapa se imprime o se fotografía sobre la lámina de vinilita.

También se emplean mucho los *metales* para la formación de relieves. El cinc, el estaño o el cobre pueden pulverizarse sobre un molde cubierto de grafito, con lo cual se obtiene un relieve ligero y consistente. También se pueden obtener modelos en relieve por galvanoplastia de un negativo. Los relieves de acero así preparados se imanán y pueden emplearse para colocar encima pequeños aviones, cañones, símbolos de tropas, etc., para estudios militares.

**RELIEVES BATIDOS.** — Se fotografía el mapa sobre una chapa de cobre, aluminio o de otro metal, previamente sensibilizado, y mediante una batidora eléctrica (martillete eléctrico) se eleva la chapa a las alturas deseadas.

Este método se presta mejor a los mapas de gran escala que a los de escala reducida. A esta clase pertenecen los mapas tridimensionales de J. J. Bround.

**MÉTODOS DE LAS COTAS.** — Si no se dispone de hojas topográficas detalladas, pero se conoce el terreno y las cotas de varios puntos, se puede hacer

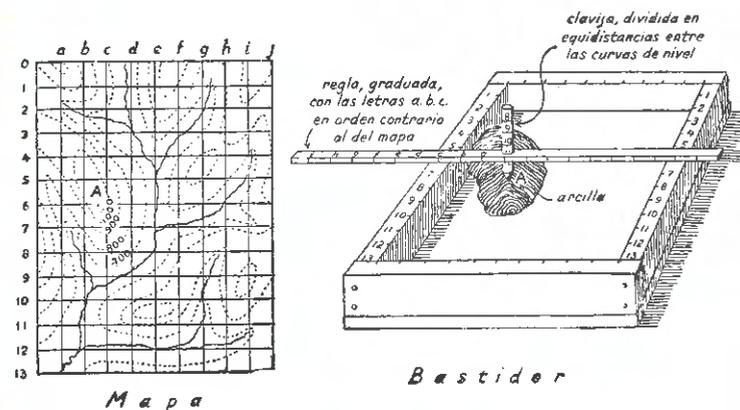


FIG. 243 Y 244. — Método de las cotas para la obtención de relieves.

un relieve del modo siguiente (figs. 243 y 244): se dibuja sobre el mapa una cuadrícula de 1 cm. de malla y se numeran los lados; se construye un bastidor de madera algo más alto que la mayor cota del mapa; este bastidor no tiene que ser forzosamente igual en tamaño al mapa, sino que puede ser mayor o menor a una escala conveniente. Se dividen dos lados opuestos del bastidor en el mismo número de partes que el mapa, y se numeran en el mismo orden que en este último. Sobre el bastidor se dispone una regla, en cuyo centro va una especie de clavija que se puede mover arriba y abajo; esta clavija está graduada en relación con la equidistancia de las curvas de nivel y ha de tener suficiente longitud para poderse dividir y numerar. La regla lleva las mismas divisiones que el mapa, pero numeradas en orden inverso; la posición de cada punto de cota conocida se determina por sus coordenadas, es decir, corriendo la regla hacia arriba o hacia abajo, según sean las coordenadas dadas por las divisiones laterales del mapa, y hacia la derecha o la izquierda, leyendo las letras sobre la regla con el borde interior del bastidor; se baja la clavija hasta que su punta marque la altura del punto de que se trate: se levanta la arcilla o la plastilina hasta la cota así marcada; entre los puntos de cota conocida se completa el relieve a mano con sencillas herramientas de madera o de alambre.

Si se dispone de un buen pantógrafo de suspensión, se puede transformar su punzón trazador en una clavija de cotas, y mientras el punzón indi-

cador se coloca sobre una montaña del mapa, el trazador marca la cota del relieve, que puede hacerse a mayor o menor escala que el mapa.

El método de las cotas encuentra su principal aplicación en la preparación expeditiva de relieves de poca precisión para uso temporal.

**RELIEVES DE Poca PRECISIÓN.** — Los métodos anteriores se emplean para la obtención de relieves de cierta precisión. Pero sucede con mucha frecuencia que se necesitan relieves casi esquemáticos, para la enseñanza principalmente. Para ello puede emplearse cualquier material disponible: la plastilina es muy buena, pero no se endurece. En las instrucciones de la Armada de los Estados Unidos, en su folleto titulado *How to Build Terrain Models*, se recomienda la siguiente mezcla:

- 1 litro de serrín
- $\frac{3}{4}$  litro de yeso
- $\frac{1}{2}$  litro de engrudo de encuadernador
- 6 litros de cola.

Se disuelve el engrudo en agua, se diluye un poco y se agrega la cola, el yeso y el serrín, amasando la mezcla hasta consistencia pastosa espesa. Después se deja asentar durante 8 horas.

Se coloca el mapa en el fondo de una caja y se moldea la mezcla en su interior hasta la altura deseada, comprobando estas alturas con un palillo de dientes graduado. Para la superficie se emplea arena previamente colorada, tiza en polvo, serrín y harina. Las ciudades se pueden imitar con trozos de goma de borrar de color rojo, las carreteras y las vías férreas con fajas estrechas de colores, y el agua con pintura esmalte azul. Se han hecho grandes relieves, llamados de «canasto de huevos», cortando perfiles en madera y cubriéndolos con una tela de saco, que se cose por debajo. Durante la guerra, el autor de este libro preparó un relieve de Alemania, de gran tamaño, en 5 días, con una masa compuesta de cebada perlada y pegamento de caucho, que extendió al nivel de los ríos; sobre la plataforma así dispuesta, extendió una capa de plastilina de 0,5 cm. de espesor, en la cual marcó los ríos tomados de un mapa. Después bastó con elevar las zonas intermedias empleando una pasta adecuada, y ya quedó el modelo en condiciones de acabado.

**CONSTRUCTORES NOTABLES DE MAPAS EN RELIEVE.** — Entre los mejores constructores de relieves de los Estados Unidos se encuentra E. E. Howell, que preparó varios centenares de relieves topográficos de diferentes partes de los Estados Unidos, siempre poniendo de manifiesto la estructura geológica. Uno de los mejores artistas en relieves fue G. C. Curtis, cuyos modelos de la región de Boston, la isla de Bora Bora, el volcán de Kilanea (actualmente en el Museo de Cambridge, Massachusetts) son ejemplos magníficos.

Curtis dirigió también los trabajos para la formación del modelo a gran escala de los Estados Unidos, conservado en el Instituto Babson. La escala horizontal de este relieve es de 1: 250.000, y la escala vertical está exagerada en 12 veces. El marco de acero en que se halla encastrado es circular, de 19 metros de diámetro, y sigue la curvatura de la Tierra. Tardó mucho en terminarse por no disponerse de hojas topográficas más que de la mitad del país, pero quedó acabado antes de la segunda guerra mundial, bajo la dirección de W. W. Atwood Jr. Tuvo que ser rehecha gran parte del modelo a causa de ser excesiva la exageración vertical en el occidente del país. La exageración actual es de seis veces sobre el nivel de los 1.800 m. Causa gran impresión contemplar un relieve de tales dimensiones.

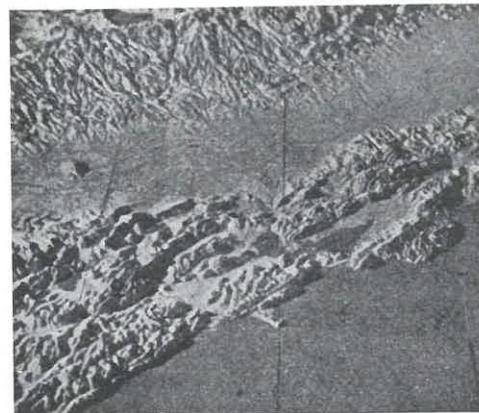


FIG. 245. — El relieve de los Estados Unidos (Babson) es una parte de un globo gigante, de 50 metros de diámetro; los Estados Unidos ocupan, en este globo terráqueo, cerca de 20 metros de anchura.

## OCTAVA PARTE

## MAPAS CIENTÍFICOS

Esta parte roza ya los límites de la Cartografía: cada ciencia requiere una clase especial de mapas y diagramas, con los problemas inherentes a cada una. La solución de estos problemas abre nuevos horizontes a la Cartografía. Esta parte contiene también el estudio de las pendientes, que constituye por sí solo una ciencia, y en el capítulo xxx nos ocuparemos de los «mapas integrales», los más prometedores para el futuro de la Cartografía.

## CAPÍTULO XXIX

## ESTUDIO DE LAS PENDIENTES

Cuando se describe un terreno, lo primero que se dice es si es llano, quebrado o montañoso, es decir, la primera cuestión que se ofrece es la del relieve. Dentro de una misma región climatológica, el aprovechamiento de un terreno depende principalmente de su inclinación. Son muchos los medios ideados para expresar esta inclinación de modo cuantitativo; el más sencillo consiste en expresar la inclinación en algún mapa, pero también se pueden expresar las pendientes en determinadas extensiones mediante diagramas, curvas o coeficientes. Existen cinco métodos diferentes para expresar la pendiente de una superficie.

1. En las hojas topográficas, el método más sencillo consiste en expresar la pendiente en *metros por kilómetro*.

2. Los ingenieros prefieren, en general, expresar las pendientes en *tanto por ciento*, como en el caso siguiente:

$$\frac{100}{x} = \frac{40}{528} = 7,6 \%$$

3. Para usos militares se acostumbra expresar la pendiente en *milésimas* (1 metro de desnivel por 1.000 m. de distancia); una milésima es igual a una inclinación de un 10 %, luego una pendiente en *milésimas* es igual a

10 veces la misma pendiente expresada en tanto por ciento; en el caso anterior la inclinación sería de 76 milésimas.

4. Para muchos cálculos resulta más fácil el empleo de la pendiente expresada por un quebrado ordinario o por una fracción decimal; en el caso antes considerado se tendría:

$$\frac{40}{528} = \frac{1}{13,2} = 0,076$$

5. Algunos niveles expresan la pendiente en *grados*. Un grado corresponde aproximadamente a una unidad de altura por 57,3 de distancia horizontal, mientras el ángulo sea de poca abertura, como en nuestro caso, en que  $x/57,3 = 40/528$ , de donde  $x = 4^{\circ}20'$ . Para cálculos expeditivos es mejor tener en cuenta que 20 m. por kilómetro corresponden a un ángulo de  $1^{\circ}8'45''$ .

MAPAS DE PENDIENTES. — Pudiera creerse que los mapas en relieve satisfacen todas las necesidades en el estudio de las pendientes de un terreno;

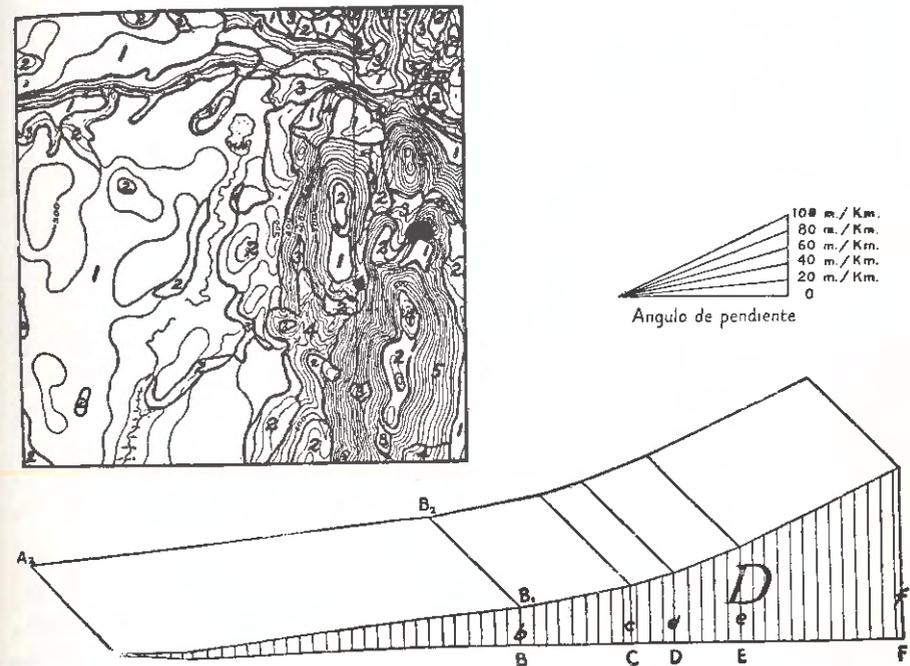


FIG. 246. — Cálculo del gradiente o pendiente. Las áreas de diferente inclinación se calculan con un planímetro, sobre el mapa, y las cifras así obtenidas se disponen desde A hasta F.

pero sólo es así cuando se trata de escalas muy grandes cuyas curvas de nivel pueden dibujarse con precisión y a intervalos reducidos. La pendiente de un terreno se puede calcular para un punto cualquiera midiendo la distancia entre las curvas de nivel (mientras más cerca están unas de otras, más pendiente es el terreno). Este método puede fallar cuando se trata de dunas, que pueden faltar en parte para equidistancias de 15 m. entre curvas de nivel, pero en general no hay mejor modo de representar la inclinación de un terreno que mediante un plano con curvas de nivel. En los mapas con sombras rayadas, el grosor de las rayas y, como consecuencia, el sombreado más o menos obscuro, indica la mayor o menor pendiente del terreno; pero este método depende en gran parte de la propia iniciativa del delineante, como sucede con el sombreado plástico. Los dos métodos fallan completamente en terrenos llanos.

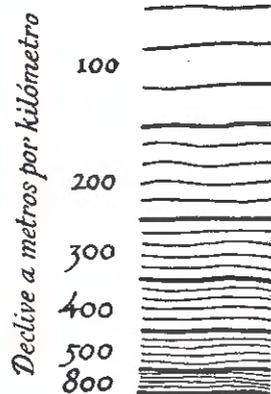


FIG. 247. — Indicador de densidad de curvas de nivel.

MAPAS DE PENDIENTES MEDIAS. — En los mapas de escala mediana — 1:500.000 a 1:1.000.000 —, la equidistancia de curvas de nivel puede ser de 150 a 300 m., demasiado grande para dar idea de las condiciones del relieve del terreno. Por ejemplo, puede parecer completamente llano un terreno bastante quebrado, pero que no tenga ninguna cima superior a 300 m. Lo mejor para esta clase de mapas es la clasificación de pendientes por importancia relativa. Las hojas topográficas de gran escala de la misma zona se dividen en 5 a 10 grados u órdenes de pendientes, como se ve en la figura 246, utilizando para ello un indicador que representa la densidad de las curvas de nivel a una escala dada para una equidistancia determinada. Se coloca el indicador sobre las diferentes partes del mapa, que se divide así fácilmente en las clases o grados de pendientes deseados. Las zonas así obtenidas se numeran y es preferible pintarlas en colores diferentes. Se trasladan estas zonas al mapa de escala mediana, ya sea por el método de la cuadrícula, por fotografía o mediante un proyector. También puede emplearse un pantógrafo, pero su uso requiere gran experiencia.

Los diferentes grados u órdenes de pendientes se coloran en 5 a 10 tonalidades; mientras más pronunciada es la pendiente, más intenso es el tono, resultando así una imagen viva del terreno, con sus accidentes bien destacados (fig. 248). Claro está que no puede representarse una extensión menor de 1 kilómetro cuadrado, que en un mapa a escala 1:1.000.000 ocuparía 1 mm. cuadrado. También es natural que no se podrá trazar una línea gruesa separando órdenes de pendientes de poca importancia, porque de

hacerlo así se perturbaría la sensación de relieve gradual que producen las curvas de nivel.

MÉTODO DE WENTWORTH. — En la clasificación de las zonas por pendientes influye bastante la iniciativa personal, y se necesita mucha práctica para discernir dónde termina una categoría y dónde empieza la siguiente. Un método más laborioso, pero más objetivo, ha sido el propuesto por C. K. Wentworth. El mapa con curvas de nivel se divide en pequeños cuadrados, y contando el número de curvas de nivel que se encuentran a lo largo de las dos diagonales de cada cuadrado se obtiene un número que es un coeficiente o índice para cada uno. Por ser la densidad de curvas de nivel directamente proporcional a la pendiente se obtiene con este método una representación muy precisa del relieve del terreno.

MAPAS DE PENDIENTES A ESCALAS PEQUEÑAS. — El método de las pendientes medias puede aplicarse también a los mapas de escala menor de 1:1.000.000, pero hay que hacer los grupos más amplios, reduciéndose así el detalle de los accidentes. Por ejem., en un mapa a escala 1:400.000, una zona de 2 km. cuadrados quedaría representada por un cuadrado de medio milímetro de lado, imposible de dividir en varias categorías o grados de pendientes.

MAPAS DE LLANURAS Y PENDIENTES. — El uso más práctico de los mapas de pendientes corre a cargo de los agricultores, pero éstos encuentran en general preferible el empleo de los *mapas de llanos y pendientes*. En estos mapas sólo hay dos categorías o clases de pendientes: las casi nulas en terrenos blandos y labo- rables, y las de terrenos francamente quebrados. Se dibujan tomándolas de una hoja topográfica todas las zonas llanas y se pasan al mapa de escala media de que se trate. El blanco de las llanuras se destaca muy bien sobre el negro de las zonas pendientes.

Para mapas de escala pequeña hay que calcular para cada hoja topográfica (o parte de la misma) el tanto por ciento de llanuras y se unen los lugares de igual porcentaje con isopleas. Este método da excelentes resultados en



FIG. 248. — En los mapas de escala mediana se pone mejor de manifiesto el relieve del terreno por el método de las zonas de pendientes medias.

terrenos bajos, pero en zonas montañosas puede ser la variación tan grande que no sea posible el trazado de isopletas con cierto grado de precisión. Pero, en cambio, es posible colorar de modo distinto cada rectángulito que representa una hoja topográfica, obteniéndose así una especie de mapa coplético.

**MAPAS DE RELIEVES RELATIVOS.** — Este método, originario de Alemania y Polonia, seguido por Guy Harold Smith, consiste en dividir una hoja topo-

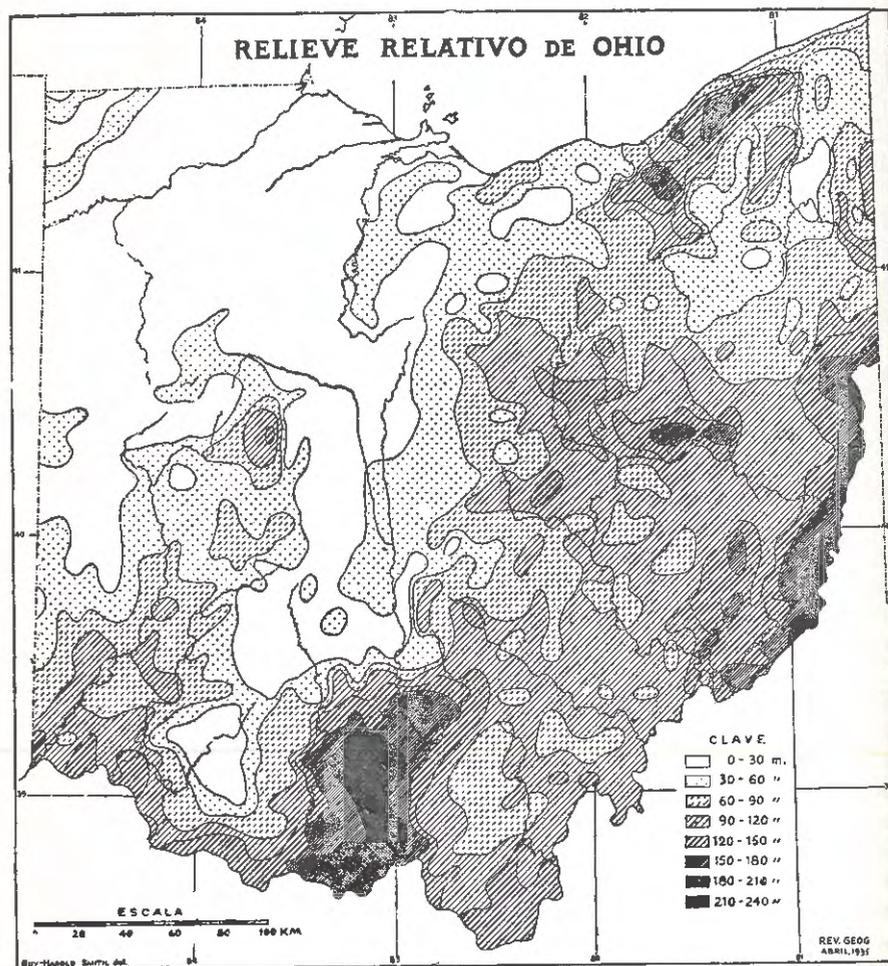


FIG. 249. — Este mapa fue confeccionado anotando la diferencia entre los puntos de niveles extremos (más alto y más bajo), en cada uno de los rectángulos de lados de 5 minutos.

gráfica en rectángulos de 5 minutos de longitud por otros tantos de latitud. En cada rectángulo se anota la diferencia entre el punto más alto y el más bajo y se pasan los números obtenidos a un mapa de escala reducida. Los lugares de igual diferencia de niveles extremos se unen con isopletas (1), una por cada 30 m., por ejemplo, de relieve relativo. Como se ve en la figura 249, el mapa resultante da una idea bien definida sobre el relieve relativo de Ohio. Este método se presta muy bien a la representación del relieve de terrenos formados por mesetas y altiplanicies, pero no da resultados satisfactorios en las zonas de configuración muy compleja.

**MAPAS TRACOGRÁFICOS.** — Esta clase de mapas es más fácil de interpretar y comprender que cualquiera de las anteriores, pero requiere cierta habilidad y destreza para su preparación. En estos mapas se representan la pendiente media y el relieve relativo. En el capítulo XI describimos ya este método, especialmente aplicable a los mapas de escala reducida.

**CURVAS SUPERPUESTAS.** — Mejor se aprecia la distribución de pendientes en un terreno utilizando una especie de perfiles longitudinales. Estas curvas pueden disponerse sobre el mapa, por ejemplo, en cada provincia o término municipal, y dan una idea muy clara sobre las condiciones predominantes del relieve del terreno. Hay varias clases de estas curvas, de las cuales las más importantes son las siguientes:

**Curva hipsográfica.** El uso de estas curvas fue introducido por Laparent (1833), y desde entonces son muchos los geógrafos que las han empleado para expresar la extensión de terrenos a diferentes niveles en una zona dada.

Se construye la curva calculando la superficie de terreno comprendida entre dos curvas de nivel. El área limitada por la primera curva de nivel se representa por  $A_1$ , la siguiente por  $A_2$ . La diferencia  $A_1 - A_2$  se toma, a una escala convencional, sobre el eje de las abscisas, y como ordenadas se toman las equidistancias correspondientes (figura 250), de ordinario con alguna exageración vertical. Las áreas pueden medirse muy bien con un planímetro. Esta curva indica la extensión de terreno que hay en cada nivel, pero no es un perfil longitudinal, como se vio en la figura 89, en que las curvas hipsográficas de distintos sólidos están representadas por líneas de puntos. La curva hipsográfica de un cono es muy

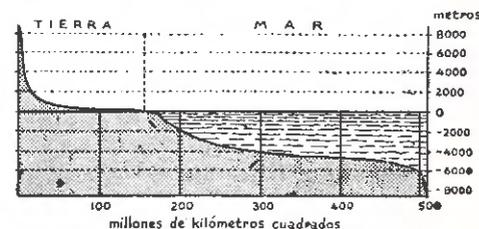


FIG. 250. — Curva hipsográfica que indica la distribución de una zona de terreno por altitudes.

(1) Las isopletas que unen puntos de igual pendiente o de igual relieve pueden llamarse también "isotraccónicas" (de igual aspereza o rugosidad).

puntiaguda: solamente el paraboloide tiene una curva hipsográfica compuesta de dos rectas.

Para indicar el perfil real en conjunto de un terreno trazó F. Uhorzak, de Lemberg, una *hipsografoide* en la cual estaba representado el terreno

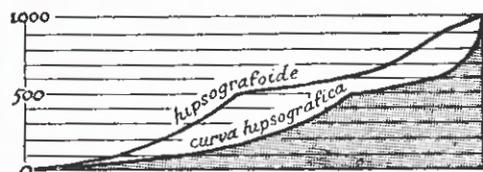


FIG. 251. — La curva hipsográfica indica la extensión de terreno que hay en cada nivel. La curva hipsografoide representa los radios de círculos expresivos de las áreas que hay en cada altitud. Las dos curvas están entre sí en una relación cuadrática.

limitado por cada curva de nivel por conos truncados dispuestos unos sobre otros; una sección lateral de este cuerpo de revolución da una curva que representa el perfil real del terreno en una escala vertical exagerada. La hipsografoide se construye del modo siguiente: sean  $A_1, A_2, A_3$ , etcétera, las áreas limitadas por las sucesivas curvas de nivel; se calculan los radios  $R_1, R_2$ , etc., de los círculos de superficies iguales a  $A_1, A_2$ , etc. Se toman sobre el eje horizontal a escala los segmentos  $R_1, R_2$ , etc., y sobre el vertical las equidistancias correspondientes, y se unen con una curva continua los puntos resultantes. Claro está que  $R_1, R_2$ , etc., son proporcionales a las raíces cuadradas de  $A_1, A_2$ , etc., por lo cual las curvas hipsográficas y las hipsografoides están entre sí en una relación cuadrática. La hipsografoide ayuda a descubrir interrupciones en el perfil general del terreno e indica las mesetas y las planicies.

*Curva de porcentaje de terreno llano.* Más que el perfil general, interesa al agricultor conocer la cantidad de terreno en relación con la totalidad de la superficie de que se trate. Veatch divide el terreno en tres clases: alta llanura, ladera o pendiente, y llano bajo. Se mide cada una de estas superficies sobre hojas topográficas con un planímetro, y se representan con una gráfica, como se ve en la figura 252. Varias de estas gráficas sobre el mapa de una cierta región dan una idea muy precisa sobre la parte cultivable de cada zona.

*Curva de pendiente general.* El defecto evidente de la curva de porcentaje de terreno llano es que no da idea de los terrenos inclinados. Las laderas se aprovechan para cultivar naranjas, viñas, heno y plantaciones en bancadas, y cada uno de estos cultivos se adapta mejor a una cierta pendiente. Antes de trazar una curva de pendiente general hay que preparar un mapa de pendientes

distintas, como antes se indicó; después se mide todo el terreno perteneciente a cada clase de pendiente con un planímetro y se suman los de la misma clase. Se traza una línea horizontal sobre la cual se toman estos valores (primero el terreno llano, después las primeras pendientes, y así sucesivamente); a continuación se trazan líneas inclinadas, tanto más inclinadas cuanto mayor sea la pendiente, como se vio en la figura 246, y ya puede trazarse una línea continua. Si se quiere expresar la pendiente de una región con un coeficiente, el área de  $D$  proporcionará una cifra característica para cada caso. Para un terreno perfectamente llano,  $D$  vale cero.

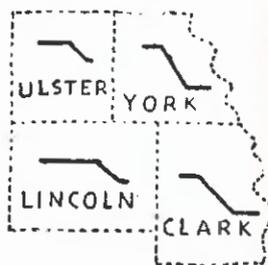


FIG. 252 — Los mapas de porcentaje de terrenos llanos representan la proporcionalidad entre las altiplanicies, las llanuras bajas y los terrenos inclinados, mediante diagramas superpuestos.

CAPÍTULO XXX

MAPAS DE APROVECHAMIENTOS Y ECONÓMICOS

A este grupo corresponden los mapas que representan la utilización real y el aprovechamiento posible de un terreno, tanto desde el punto de vista agrícola como industrial, urbano, deportivo, minero, etc. La importancia de estos mapas es considerable, y para el estudio de la Geografía son más útiles que las hojas topográficas corrientes. La preparación de un buen mapa de aprovechamiento es un problema cartográfico difícil.

Un mapa de un terreno bien cultivado requiere una escala más bien grande. En Inglaterra se emplean los mapas oficiales (escala 1:10.730) como

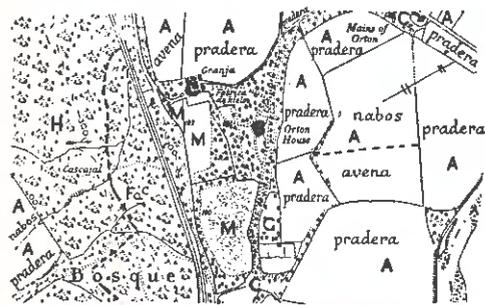


FIG. 253. — El mapa de aprovechamiento de Inglaterra fue hecho por operadores voluntarios, que sobre las hojas a escala 1:10.730 marcaron los diferentes cultivos con una de seis letras según una clave convencional.

esta labor de gran valor educativo. Sería de desear que esta empresa que tan alto habla de la cultura del pueblo inglés fuera imitada en todos los países civilizados.

En los Estados Unidos, donde no se dispone de mapas a escala aproximada a 1:10.000, se pueden utilizar las fotografías aéreas. Ciertamente, no

fondo para delimitar los diferentes cultivos, que se indican con letras distintas, como se ve en el trozo representado en la figura 253.

De estos mapas se tiran copias en colores a escala 1:63.360 que reproducen fielmente el aspecto tan complicado del terreno cultivado en Inglaterra. Los planos fueron levantados por voluntarios bajo la dirección de Dudley Stamp, el célebre geógrafo; estudiantes, profesores, exploradores y simples ciudadanos contribuyeron con todo interés en

resulta fácil dibujar sobre fotografías, pero frotando una superficie mate o brillante con una goma de borrar se puede escribir perfectamente con una pluma estilográfica ordinaria.

CLAVE DE INICIALES. — Para cualquier parte del mundo puede prepararse una clase de iniciales que den una información bastante completa sobre las características de un terreno. Como norma general puede aceptarse el sistema de no anotar las condiciones corrientes, sino sólo las excepcionales, con lo cual la clave constará de pocas letras, pero siempre hay que emplear mapas o fotografías de escala 1:10.000 ó más grande aún.

CONFECCIÓN DE MAPAS DE APROVECHAMIENTOS DE ESCALA GRANDE. — Se copian las carreteras, ríos, caseríos, lindes, etc., de una fotografía, en el tablero de dibujo y se pasan en tinta los detalles copiados. Se marcan los diferentes cultivos con las letras correspondientes en la clave utilizada, y los detalles más importantes se hacen resaltar dándoles color. Como norma puede servir el siguiente esquema de colorido:

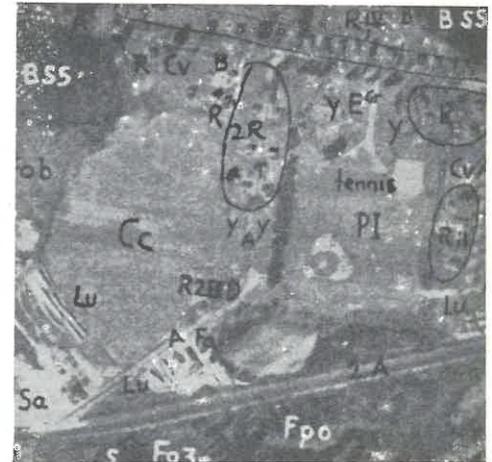


FIG. 254. — Se confeccionan buenos mapas de aprovechamiento escribiendo sobre fotografías aéreas.

Coníferas . . . . .	Verde obscuro.
Bosque de hojas caedizas.	Verde claro.
Matorrales (monte bajo) .	Verde muy claro, con moteado irregular verde obscuro.
Dehesa . . . . .	Amarillo verdoso.
Heno . . . . .	Amarillo.
Terreno arado . . . . .	Sepia.
Huerta . . . . .	Signo en negro sobre fondo amarillo.
Viñedo . . . . .	Signo en negro sobre fondo sepia.
Pantano . . . . .	Lineas azules horizontales sobre el signo de bosque, matorral o pradera.
Jardín . . . . .	Rosa.
Casas . . . . .	Rojo.
Edificios industriales . .	Púrpura.

Dentro de una misma zona puede haber variación de tipos de cultivo, por ejemplo el monte alto se convierte a veces en bosque. En estos casos se cambia de color sin línea negra de separación.



FIG. 255. — En los mapas del Servicio de Conservación del Suelo de los Estados Unidos se dan muestras de aprovechamiento y se indican los tipos de erosión, inclinación y clases de terreno con índices de letras y de números. Los originales están reproducidos a tres colores.

se hacen mapas, principalmente a escala 1:16.100. Los grupos principales de aprovechamientos se distinguen por símbolos en color verde como sigue:

1. Zonas urbanas o cultivadas (sin color).
2. Baldíos o eriales (líneas cruzadas).
3. Pastizal (símbolo de pasto).
4. Bosques (símbolo de arbolado).

El terreno se divide en parcelas, cada una de las cuales lleva un número compuesto de tres cifras: la primera representa la clase y magnitud de la erosión, la segunda es el grado de pendiente y la tercera la clase de suelo. No figura en estos mapas el nombre del dueño de cada parcela. En estos mapas, no solamente se tiene presente el aprovechamiento del terreno, sino que dan perfecta idea de las posibilidades a este respecto. El objeto principal de estos mapas es contribuir a la lucha contra la pérdida de terrenos aprovechables.

MAPAS DE DISTINTOS PAÍSES. — En 1860 aparecieron varias series de grandes mapas, combinaciones de mapas topográficos y de cultivos. Las hojas del Mapa Nacional de España a escala 1:50.000 llevan curvas de nivel y signos de cultivos, dibujados a mano en el original, sobre viñas, olivares, huertas, etc., en colores perfectamente combinados y de apariencia muy grata a la vista. Excelentes también los mapas de Java a escala 1:100.000.

Si no pueden emplearse colores, se recurre a símbolos de tonos blanco y negro.

MAPAS DE CONSERVACIÓN DEL SUELO. — El intento más eficaz realizado en los Estados Unidos para llegar a un verdadero mapa de aprovechamiento lo constituye el mapa de conservación del suelo, que más bien está ideado para conocer la denudación que el aprovechamiento. Hasta ahora sólo hay cubierta una pequeña extensión del territorio de los EE. UU. en estos mapas. Se forman mosaicos con fotografías aéreas, de los cuales

con un sistema muy completo de signos convencionales para los cultivos y de colores combinados con sombreado plástico. Semejantes a éstos fueron los mapas confeccionados por los franceses en Argelia. Es muy de lamentar lo mucho que se ha perdido en Cartografía con la substitución de estos métodos realistas y de colorido, por los puramente geométricos de las curvas de nivel. Ahora que las fotografías desde aviones ponen de manifiesto el verdadero aspecto de la superficie terrestre, se comprende lo acertado que era el antiguo sistema de representación por masas de cultivos con signos y colores

y del relieve mediante curvas y sombras. Actualmente, en muchos servicios geográficos coloniales se levantan mapas con cultivos (Indias Orientales, Katanga, etc.), y también hay servicios nacionales como el Instituto Geográfico y Catastral de España que continúa la formación y puesta al día de sus magníficos mapas a escala 1:25.000 y 1:50.000, con colores, signos de cultivo y curvas de nivel.

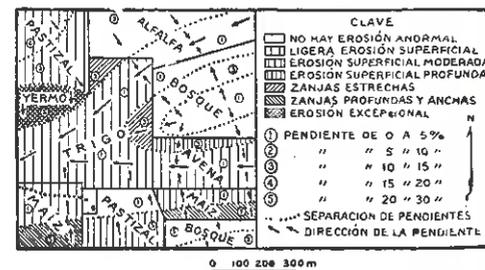


FIG. 256. — Pendiente, dirección de las mismas, cultivos y erosión, representados en un solo mapa.

MAPAS DE APROVECHAMIENTOS EN ESTUDIOS GEOGRÁFICOS. — Ordinariamente, los estudios geográficos de determinadas regiones van acompañados de mapas de aprovechamiento; pero sucede a veces que el autor de tales trabajos no encuentra satisfactorios los signos normales y tiene que recurrir a crear otros más en consonancia con la realidad o con el carácter del estudio emprendido. Robert M. Glendinning propone un método para los mapas de escala grande, en los cuales se indican los grados de pendiente por líneas de puntos y cifras convencionales, la dirección de las pendientes por flechas,



FIG. 257. — Perfiles con cultivos, según la altitud.

los cultivos por su nombre dentro de las zonas homogéneas bien delimitadas, y la erosión por colores o por rayados diferentes, como se ve en la figura 256. Cuando la erosión no es importante, se coloran las diversas pendientes. Queda por comprobar la posibilidad de representar todos estos elementos en un mapa sin colores, pero no carece de interés la idea y creemos que podrá desarrollarse con éxito.

**PERFILES CON APROVECHAMIENTOS.** — Los perfiles longitudinales siempre ayudan a interpretar y comprender los problemas del campo, y demuestran bien claramente que el aprovechamiento o cultivo del terreno depende de su inclinación, de su altitud, de la clase de suelo y del subsuelo. Conviene que la escala vertical de estos perfiles sea algo exagerada, para apreciar bien las diferencias de altura. Si en vez del perfil exactamente lineal se extiende éste a una estrecha faja del terreno (fig. 257), se obtienen figuras de un realismo impresionante, como sucede con los perfiles geológicos (capítulo XXXI).

**PERSPECTIVAS.** — Cada vez se usan más las perspectivas para representar la relación entre las estructuras geológicas, el relieve y los aprovechamientos de un terreno. En el capítulo XXXI, describiremos la construcción de las perspectivas.

**PLANOS DE POBLACIÓN.** — Los mapas urbanos presentan muchos problemas cartográficos. En los planos de población a gran escala (1:5.000 a 1:10.000) se puede representar cada edificación separadamente e indicar su cometido o destino mediante colores o signos convencionales,

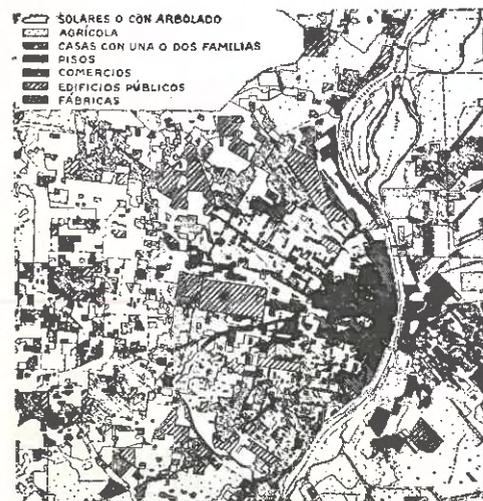


FIG. 258. — Plano de población a escala reducida (zonas según clave).

distinguendo las diferentes clases de viviendas, los edificios oficiales o industriales, escuelas, iglesias, hospitales, bancos, etc., y los lugares abiertos, como jardines, parques, cementerios; también se pueden representar, con su indicación propia, las estaciones de ferrocarril, aeropuertos, accesos a los puertos, etc. Si se dispone de fotografías aéreas, se facilita mucho la confección de mapas de esta clase; también pueden emplearse directamente las fotografías aéreas, en vez de mapas o planos, utilizando colores transparentes y letras o signos adecuados.

En los planos de población a escala pequeña, lo más que puede hacerse es indicar las diferentes zonas, según su actividad predominante, mediante el empleo de colores distintos. Es buena práctica la de aplicar los colores más

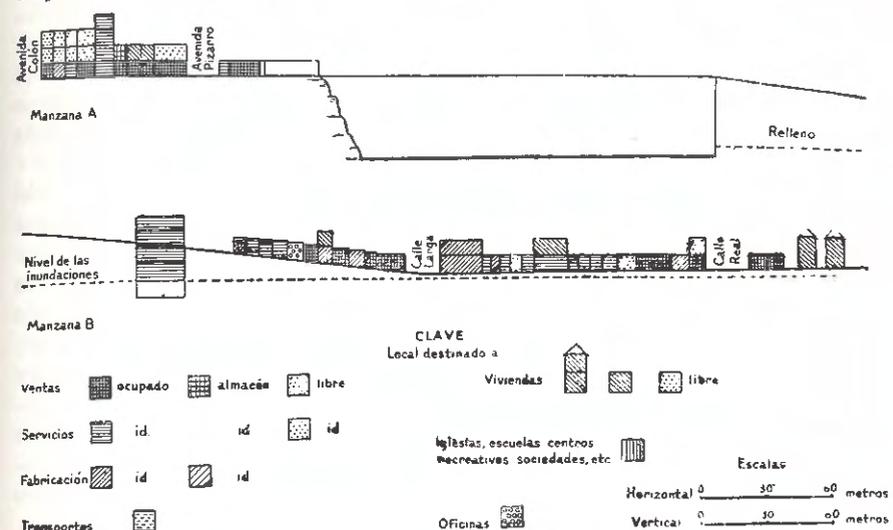


FIG. 259. — Perfil o sección vertical de unas manzanas de población.

intensos en las zonas o barrios de mayor densidad de población. Ordinariamente, se pintan de negro los edificios públicos.

Además de los planos urbanos en proyección horizontal, resultan muy elocuentes los perfiles, con la distribución vertical de los edificios. Los pisos más bajos pueden destinarse a comercios, los siguientes a oficinas y los superiores a viviendas. En la figura 259 se ve un perfil, o corte vertical, de unas manzanas.

Los mapas especiales de poblaciones requieren un trabajo duro y continuo; los mapas de densidad del tráfico de automóviles se hacen con series de fotografías tomadas de hora en hora desde un aeroplano. Los mapas de densidad de población en la calle ponen de manifiesto la gran afluencia de personas en ciertas calles a determinadas horas del día y de la noche. Los mapas esquemáticos que representan el número de viajeros en cada autobús o tranvía, hora por hora, ayudan considerablemente al estudio del aspecto económico de estos medios de transporte. Los servicios públicos como los de gas, electricidad, teléfonos, agua, etc., requieren la formación de mapas esquemáticos. También son objetos de mapas las condiciones sociales de una población, incluyendo la separación en grupos por profesiones, razas, asociaciones, etc. En los planos de población a gran escala pueden indicarse



neda que haya podido tener lugar en el mismo periodo. Estos mapas de valores son además más permanentes que los de cantidades, porque en años de malas cosechas los precios más altos pueden compensar en parte la diferencia. Para ciertos estudios se preparan mapas agrícolas de porcentajes o de proporciones, que por medio de isopletas o coropletas representan la proporción de cosecha por hectárea, por ejemplo, o el tanto por ciento de un cereal respecto a todos los cereales recolectados.

Además de los productos figuran en los mapas agrícolas otros elementos, como el valor de los aperos de labranza, el número de carros o caballos, las hipotecas y gravámenes de las fincas, el valor de éstas, los precios, superficies en regadío, terrenos desecados, etc. En estos mapas se emplean todos los métodos estadísticos gráficos, como son, entre otros, el de puntos, el de isopletas, coropletas, y diferentes clases de diagramas, según el objeto de que se trate; y, en efecto, la difusión y la ampliación de los mapas agrícolas ha dado lugar al desarrollo de los métodos estadísticos gráficos.

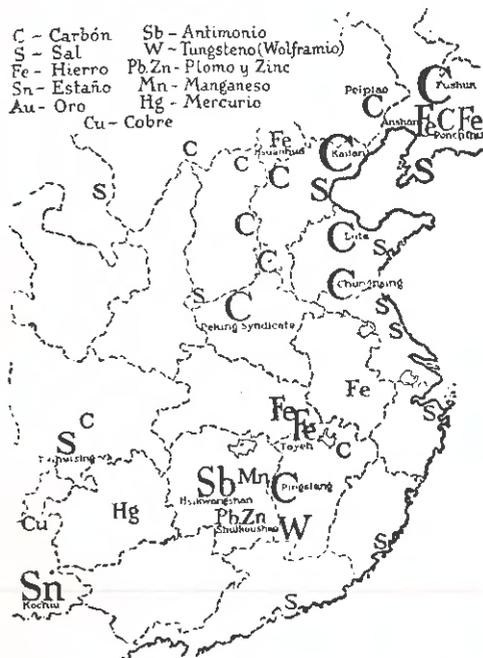


FIG. 261. — Un mapa sencillo de productos minerales, de China, representa la diferente importancia de las minas por letras de distintos tamaños.

la interpretación del mapa, sino que tampoco dan idea clara de la producción universal, que de ordinario se halla muy concentrada en pocos lugares, y el mapa para ser útil tiene que ser cuantitativo, aunque puede ser muy variable la producción anual.

**MAPAS DE PRODUCTOS MINERALES.** — Estos mapas, que registran la producción de carbón, petróleo, hierro y demás metales, y otros productos minerales, son muy corrientes en los atlas y libros de Geografía. En estos mapas se representa más bien la presencia en determinados lugares de ciertos productos minerales, que el valor o cantidad de la producción. Los mapas de cuencas carboníferas son más corrientes que los que dan la producción en cada mina, y cosa análoga ocurre para el petróleo y para los metales. Las letras y signos que no se diferencian en tamaño, no sólo hacen confusa

El método más sencillo es el seguido por Cressey, empleando iniciales de diferentes tamaños, que da excelentes resultados cuando no se conocen con exactitud las cantidades y sus valores. Para mapas más detallados es muy recomendable el sistema de pila de bloques. De este modo se pueden representar minas con producción 10.000 veces mayor que las de otras. A veces es necesario hacer que figuren en el mapa algunas minas de escasa producción, por la excepcional importancia de las mismas, como sucede con la mina de criolita, en Groenlandia, única de esta clase.

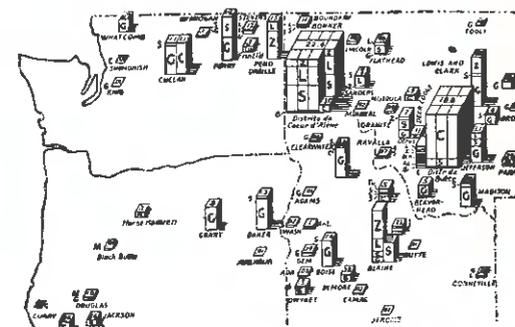


FIG. 262. — Producción mineral metálica en el noroeste de los Estados Unidos en 1938.

En la serie de mapas de minerales de los Estados Unidos, preparados por el autor de este libro, figura el petróleo por su valor dado en número de pozos, el carbón en toneladas con sus precios, los minerales metálicos por el valor del metal obtenido en cada mina, aunque la fundición se halle en otro lugar distinto.

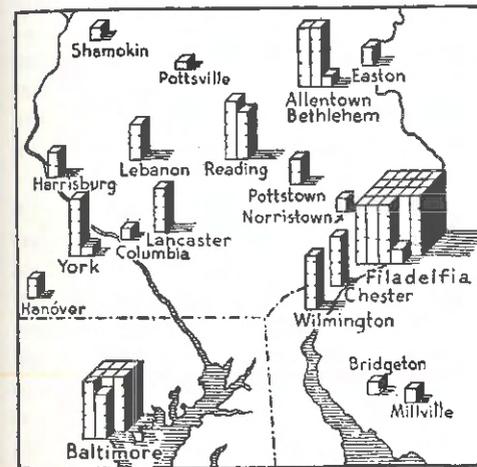


FIG. 263. — Parte de un mapa que representa el número de operarios empleados en la fabricación. Los mapas de pila de bloques son reducidos y de fácil interpretación.

**MAPAS DE FABRICACIÓN.** — Los mapas referentes a manufacturas pueden hacerse a base de datos muy diferentes, como, por ejemplo, número de trabajadores, valor de los jornales, valor de los productos y valor de la fabricación. Desde el punto de vista social pueden formarse mapas que indiquen el número de operarios, como exponente de la industrialización de una región, R. Hartshorne representa en sus mapas el número de jornaleros por el método de las esferas. También

los mapas de A. J. Wright, basados en los valores de los productos manufacturados, utilizan el sistema de esferas. Los mapas de fabricación pueden dibu-

jarse también con el método de las pilas de bloques, como se ve en la figura 263.

Los mapas de industrias especiales, como los de productos del acero, pueden indicar la evolución de los materiales en bruto, semifabricados, etc., en los diferentes centros fabriles, por alguno de los métodos antes indicados. La preparación de estos mapas requiere un conocimiento exacto de la industria, y constituye un problema de Cartografía muy interesante.

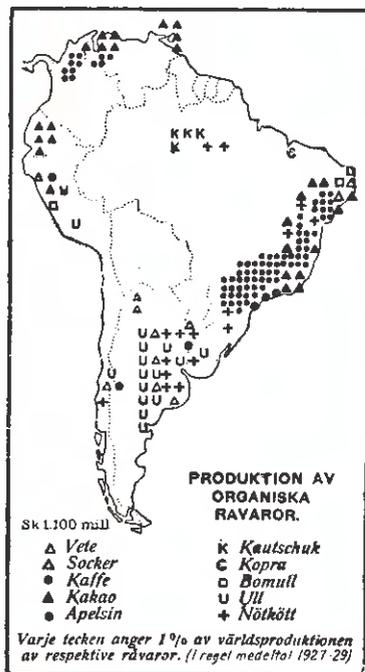


FIG. 264. — Los mapas de signos agrupados se emplean mucho en los estudios económicos. Cada signo representa el 1 por 100 de la producción mundial del artículo correspondiente.

apelmazados y confusos. Conviene tener en cuenta que a veces el producto característico de una región no es el que proporciona los ingresos más importantes. Por ejemplo, los relojes son el producto típico de Suiza y sin embargo produce más ingresos al país la industria textil.

Estos mapas pueden dar una idea falsa de la economía de la región, con los símbolos de los diferentes productos distribuidos por toda su superficie, sin indicar la magnitud de la producción. Por ejemplo, con un mapa del Canadá a la vista, donde aparece varias veces la palabra «pieles», puede creerse que este es un negocio predominante, siendo así que no llega al 1 por 100 de la producción total del país. Por estas razones, los mapas de

MAPAS DE MOVIMIENTO DE MERCANCIAS. — Es frecuente encontrar en atlas modernos mapas sobre producción, transporte y comercio de ciertas mercancías de interés internacional, como, por ejemplo, caucho, petróleo y algodón. Estos mapas están de ordinario, en escala reducida, entre otras razones, porque no es fácil disponer de datos detallados. En las publicaciones sobre economía se encuentran mapas más minuciosos sobre el mercado de algodón y el trigo en los Estados Unidos. La producción se representa con grupos de círculos o de cuadrados, el transporte con líneas apropiadas, y el mercado con flechas.

MAPAS ECONÓMICOS REGIONALES. — En realidad, estos son mapas de aprovechamientos a escala reducida. Los productos se pueden indicar por sus nombres, por figuras o por letras; pero siempre se corre el riesgo de que tales mapas resulten muy

esta clase, aunque no carecen de cierto valor informativo, sólo son aptos para textos de estudios elementales y para fines turísticos.

Más útiles son los mapas en que se representa la producción con pequeños diagramas que indiquen a la vez la clase y la cantidad del producto. Son varios los métodos ideados para preparar estos mapas. La figura 264 representa un mapa con un sistema de signos diferentes agrupados en número proporcional a la importancia de la producción; cada signo representa el 1 por 100 de la producción total mundial del artículo correspondiente; este método tiene dos inconvenientes, a saber: en el caso de producción concentrada, los signos se entrecruzan y confunden; y por otra parte se tiene que el 1 por 100 del cacao mundial es difícilmente comparable con el 1 por 100 del trigo producido en todo el mundo. Más completo sería el mapa, desde el punto de vista económico, si cada signo llevara el valor monetario del producto representado.

#### MAPAS MORFOLÓGICOS, PANORÁMICOS, DE APROVECHAMIENTOS E INTEGRALES

Estos términos, muy usados por geógrafos y cartógrafos, no tienen un significado perfectamente definido, por lo cual creemos oportuno precisar estos conceptos, de tanta importancia en Cartografía. Estos cuatro términos representan las cuatro clases fundamentales de mapas corrientes.

1. Los mapas morfológicos indican las mesetas, llanuras, montañas, los ríos, lagos y mares, es decir, la geomorfología de la región, incluyendo su hidrografía. Suele llamarse a estos mapas físicos; el único inconveniente de esta denominación es que se emplea como contraste a la de *mapa político*, reminiscencia de la época en que la descripción de las líneas límites era una de las partes más importantes de la Geografía.

La formación de mapas morfológicos es relativamente sencilla. Para los de gran escala pueden emplearse curvas de nivel, sombreado de rayas o plástico, según el levantamiento topográfico de que se disponga. Para los mapas de escala media (1:250.000 a 1:1.000.000) da muy buenos resultados el empleo de curvas de nivel y tintas hipsométricas. Los mapas de escala reducida pueden ser morfológicos o tracográficos (véase fig. 105); también puede utilizarse la fotografía de un buen mapa en relieve, sin colores, o imitar este último con sombreado plástico. Si se emplean solamente tintas hipsométricas, como se ve en muchos libros de texto, el resultado puede dar lugar a confusiones. Los mapas morfológicos constituyen, con frecuencia, la base de otras clases de mapas.

2. Mapas panorámicos. Estos mapas son realmente imágenes bastante fieles de la superficie terrestre. Si desde un aeroplano se hace una fotografía vertical en colores y se le agregan algunos rótulos, ya se tiene un mapa

panorámico de gran escala. Este es el método más objetivo en Cartografía; campos, selvas, caminos y ciudades, todo está representado en estos mapas. El cartógrafo nada tiene que interpretar, sino sólo poner nombre a los detalles y el lector interpreta el mapa sin necesidad de aclaraciones. Pero cuando los mapas son de escala media o pequeña, ya interviene el cartógrafo interpretando detalles, no limitándose a hacer un mosaico de fotografías en color y a reducir el conjunto (por ejemplo de 1:10.000 a 1:1.000.000); las carreteras y los ríos pequeños resultarían verdaderamente de tamaño microscópico y no serían perceptibles; incluso los terrenos de labor y las ciudades aparecerían como simples borrones. El cartógrafo tiene que dibujar signos convenientes para los campos cultivados, los bosques, carreteras, ríos, etc., que sean semejantes en forma y color al detalle representado en las fotografías de gran escala; su deseo de destacar los detalles le induce a emplear símbolos normalizados y a utilizar colores más vivos. Por ejemplo, un lago, cuyo color real es más bien amarillento, lo pinta en azul, y diferencia los trigales verdes de las praderas también verdes, pero procura siempre mantenerse dentro de la mayor objetividad posible. Estos mapas son muy apreciados por los viajeros de avión, y hasta por los de ferrocarril y automóvil, que ordinariamente se encuentran sorprendidos por la diferencia entre el mapa y el terreno, sobre todo en el colorido.

En los mapas de escala muy pequeña, el cartógrafo debe escoger la proyección ortográfica, o una fotografía de un globo terráqueo, que es como se vería la Tierra desde el cielo. Los mapas panorámicos varían según la estación del año, cosa que no debe extrañar: para ciertas partes del mundo resulta muy interesante e instructivo el comparar un mapa *de invierno* con otro *de verano*. Si sólo se hace un mapa, debe elegirse la estación más representativa para cada símbolo; las siembras verdes para el maíz, los campos dorados de trigo, etc.

No es de esperar que los mapas panorámicos adquieran gran desarrollo en el futuro, pero debiera estudiarse a fondo el problema, procurando combinar los métodos empleados en la representación convencional con la realidad, puesta de manifiesto claramente con los aeroplanos.

3. Los mapas de aprovechamientos ponen de relieve la acción del hombre sobre el terreno. En los mapas de escala grande deben figurar las diversas clases de cultivos, con colores bien distintos, o con signos que se destaquen perfectamente; además tienen que verse muy bien las carreteras, las vías férreas, y en las ciudades deben distinguirse los barrios comerciales de los industriales, etc. En los mapas de escala reducida han de figurar los cultivos dominantes (trigo, maíz, etc.), con indicación de las fábricas y minas, que por muy importantes que sean no tienen por qué figurar en un mapa panorámico. Conviene agregar signos, letras y rótulos para diferenciar los diversos tipos de productos, y cuando sea el caso deben indicarse las rutas

marítimas, así como insertar notas estadísticas de interés. Las montañas y el relieve sólo han de ser tenidos en cuenta cuando puedan influir sobre los cultivos o las comunicaciones, y con frecuencia no figuran para nada en esta clase de mapas. La existencia de montañas se puede colegir de la especie de los cultivos (véase fig. 260).

Los mapas de aprovechamientos son de la mayor importancia, casi más que los topográficos, y sería muy de desear el disponer de una colección completa de mapas de esta clase de todas las partes del mundo.

*Mapas integrales.* Cada uno de los mapas anteriores representa un intento de representación de la superficie terrestre. Los mapas morfológicos muestran la configuración del suelo, con sus montañas y corrientes de agua; los mapas panorámicos ponen de manifiesto principalmente la vegetación y los cultivos de modo puramente objetivo; los mapas de aprovechamientos presentan el problema desde el punto de vista humano. No es fácil el combinar estos tres aspectos en un solo mapa que los comprenda a todos; hay regiones en que el relieve es lo principal, otras en que predomina la agricultura, y otras con gran densidad de población y de industrias; la variedad de detalles no tiene límites y, sin embargo, el cartógrafo sólo puede emplear un limitado número de símbolos o signos. Estos signos han de ser elegidos de modo que representen la configuración del terreno (tierras y aguas), que se asemejen al detalle respectivo en forma y color, y que pongan de relieve la importancia que cada detalle tiene para el hombre. Hasta ahora no se ha conseguido el mapa que resulte a la vez armónico y claro, rico en detalles y no apelmazado, y lo bastante sencillo para ser fácilmente interpretado y comprendido. Únicamente los antiguos mapas holandeses de Java a escala 1:100.000, y mucho más aún los magníficos mapas del Instituto Geográfico Español, a escala 1:50.000, se aproximan notablemente a esta aspiración ideal de lo que podemos llamar el *mapa integral*.

Es inevitable y forzoso el desarrollo de los mapas integrales; cada vez es mayor el número de viajeros en avión que comprueban continuamente la disparidad entre los mapas usuales y la realidad que ven desde el aire. Las fotografías aéreas en colores indican el camino que la Cartografía ha de seguir para marchar de acuerdo con la Edad del Aire en que nos encontramos.

CAPÍTULO XXXI

MAPAS Y BLOQUES GEOLÓGICOS

Entre las diferentes ramas de las ciencias son las Naturales y especialmente la Geología las que más se prestan al uso de mapas para su estudio y exposición. En América puede decirse que la relación entre la Geología y la Geografía es más estrecha que en ningún otro país, y esta relación ha dado gran impulso a la Cartografía. El progreso realizado por la geomorfología ha dado lugar a nuevos métodos, como, por ejemplo, el de los diagramas perspectivos (bloques), el de los mapas fisiográficos, el de perfiles múltiples, etc. Por esta razón dedicamos un capítulo especial a los mapas geológicos y a los métodos gráficos empleados en la morfología terrestre.

*Historia.* En 1809 fue publicado por William Machure un mapa geológico, pequeño, pero de toda garantía, de los Estados Unidos, anticipándose así a los famosos mapas geológicos de Inglaterra, publicados por William Smith en 1824. En el siglo XIX, las principales naciones dieron gran impulso a la formación de sus mapas geológicos, al mismo tiempo y a veces con anterioridad a los mapas topográficos. En la segunda mitad de dicho siglo, la mayor parte de los países europeos disponían ya de buenos mapas geológicos; a fines de siglo, estos trabajos quedaron integrados en la *Carte Géologique Internationale d'Europe* (1:1.500.000), que fue uno de los primeros mapas internacionales hechos con la colaboración de varios Estados; en este mapa se adoptó una clave internacional de colores, en vez de los colores arbitrarios de los mapas anteriores.

En los Estados Unidos, entre 1830 y 1840, fueron levantados los mapas geológicos de casi todos los estados del Este.

*Mapas geológicos de todo el mundo.* En la actualidad, únicamente las partes más remotas de la Tierra carecen de mapa geológico, y aun los países más atrasados disponen de buenos mapas de esta clase.

En los mapas del Atlas Geológico de los Estados Unidos se representan los distintos aspectos de la ciencia geológica, tales como el histórico, el económico y los descriptivos de la estructura del suelo y subsuelo, complementados con cortes verticales y profusión de leyendas y notas. Muchos estados disponen de mapas a escala 1:500.000. En 1930 fue publicado un mapa geo-

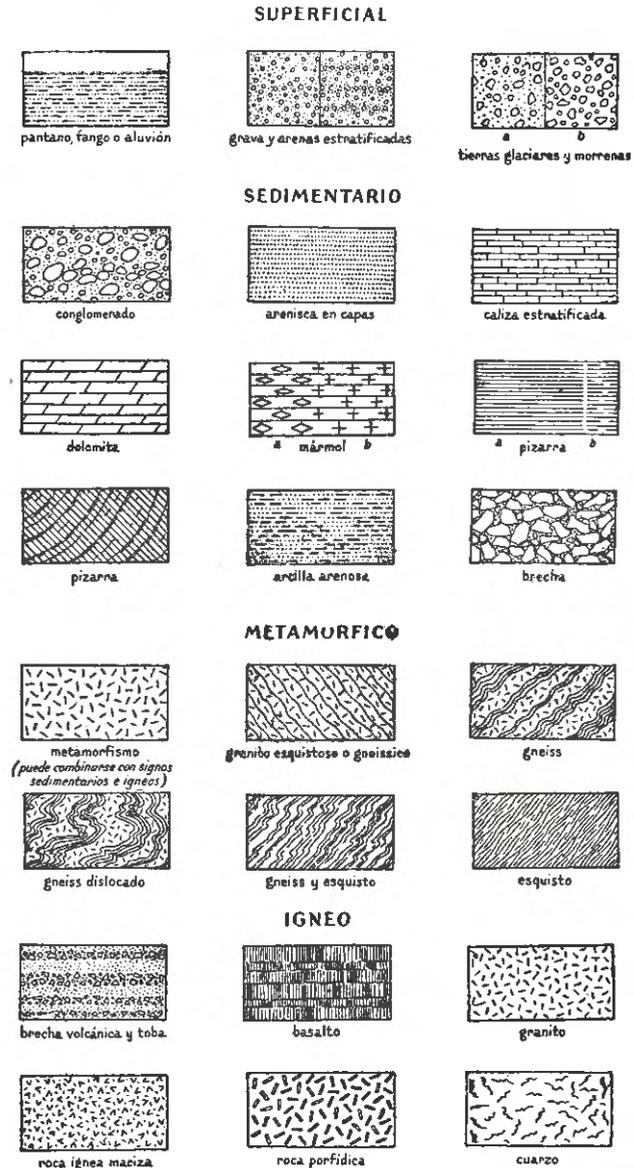


FIG. 265. — Algunos signos convencionales empleados en el Servicio Geológico de los Estados Unidos en los cortes verticales.

lógico general de los Estados Unidos, a escala 1:250.000, seguido de un mapa «arquitectónico» a la misma escala en 1944.

Muy dignos de encomio son los mapas geológicos de Inglaterra y de Escocia, en los que, además de los colores correspondientes a las diferentes formaciones (vetas, filones, fallas, líneas esquistosas en rocas metamórficas, yacimientos, etc.), el metamorfismo de contacto está representado por el tono rebajado del color propio de las intrusiones. Más detallados aún son los mapas de Suiza, enriquecidos con perfiles sucesivos de la complicada cordillera alpina. Casi todos los países europeos y el Japón tienen excelentes mapas geológicos generales y otros especiales, a escala grande, de sus zonas mineras. En ejecución se encuentran mapas geológicos de gran escala en Alaska, Canadá, Méjico, algunos Estados sudamericanos, en casi todos los países del Imperio británico, en las colonias francesas, holandesas y belgas, así como en China, Rusia, India, África del Sur, Australia, Brasil, y algunos otros países han publicado buenos mapas geológicos generales (1).

**Tintas y colores.** La mayor parte de los mapas geológicos son «corocromáticos», es decir, tienen pintadas del mismo color las superficies situadas sobre la misma formación. También pueden presentarse los mapas geológicos en tonos blanco y negro solamente. Todo mapa de esta clase gana mucho si se le agregan símbolos especiales para las vetas, filones, fallas, etc.

**Secciones verticales o perfiles.** Las estructuras geológicas se distinguen y se interpretan mejor sobre secciones o cortes, que en los mapas. Estas sec-



FIG. 266. — Corte vertical animado.

ciones, llamadas también perfiles, han de ser normales a la dirección de las capas representadas. Un corte geológico a escala grande no debe llevar exageración vertical alguna, porque se falsearían los verdaderos espesores de los diferentes estratos. En cambio, los cortes a escala pequeña tienen que estar

(1) El autor parece ignorar la existencia en España del Instituto Geológico y Minero, fundado en 1849, con el nombre de Comisión del Mapa Geológico de España, que en 1889 publicó el primer mapa geológico de España, a escala 1:400.000, en 64 hojas. Está publicado el magnífico mapa geológico a escala 1:50.000, en 1.130 hojas, que comprende España, con las Islas Canarias y Baleares, y ejecuta numerosos mapas especiales a diversas escalas referentes a investigaciones mineras, gravimétricas, sísmicas, eléctricas, magnéticas y radiactivas, con cortes verticales, bloques en relieve, etc., todo ello de modo insuperable en cuanto a técnica, a base científica y a presentación. — N. del T.

exagerados en dirección vertical, porque de no hacerlo así habría capas de tan poco espesor que no se verían. En la fig. 265 damos algunos de los signos convencionales empleados en el Servicio Geológico de los Estados Unidos.

Si al corte vertical se le agrega una estrecha faja panorámica de modo que forme un relieve largo y estrecho, se da vida a aquél, y a la sección así acabada se le suele llamar «corte animado». En la segunda parte de este capítulo nos ocuparemos de los diagramas perspectivas o de relieve.

**Cortes verticales.** Los cortes verticales dan el espesor, la sucesión de los periodos geológicos y las clases de rocas de las formaciones de una región (figura 267). La formación más antigua está en el fondo, y cada capa ocupa una altura igual a su espesor medio en el lugar de que se trate. Obsérvense las irregularidades de las capas cuando una de ellas está sobre una superficie erosionada. Las intrusiones que penetran en capas más viejas están representadas como si procedieran de abajo.

**Mapas paleológicos.** Estos mapas representan la superficie terrestre en las eras geológicas pasadas. Algunos geólogos de gran renombre han intentado confeccionar tales mapas, pero nuestro conocimiento actual de las eras más remotas no permite sino la preparación de mapas, de escala reducida, de Europa y de algunas partes de América. Los mapas paleológicos son muy interesantes y marcarán, en su día, los puntos

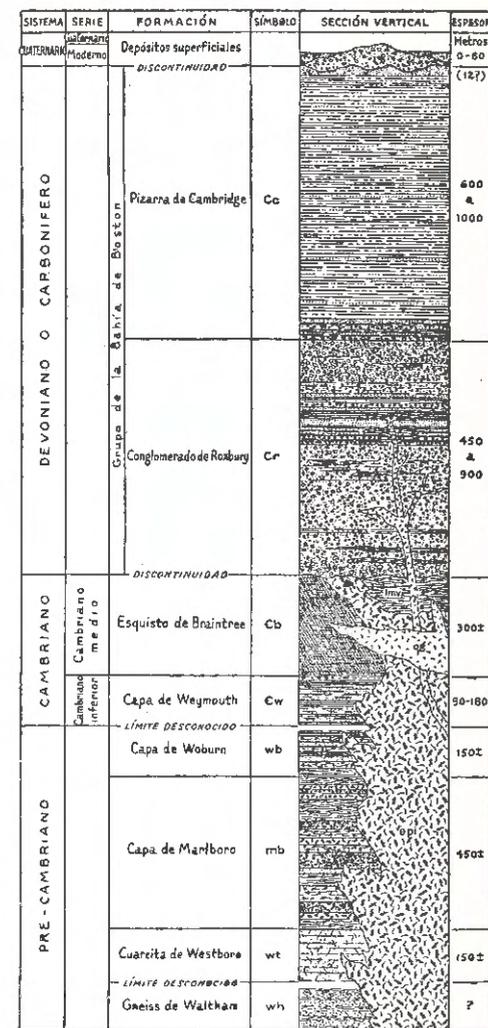


FIG. 267. — Corte geológico vertical. Obsérvense las líneas onduladas en las discontinuidades, y las diferentes intrusiones.

hacia los cuales habrá que orientar las investigaciones del subsuelo y de las capas más profundas de la Tierra.

Muchos mapas paleográficos de los hoy existentes adolecen de bastantes defectos, desde el punto de vista cartográfico. Por ejemplo, en la mayoría de estos mapas, las costas están representadas por líneas seguidas y curvas con-

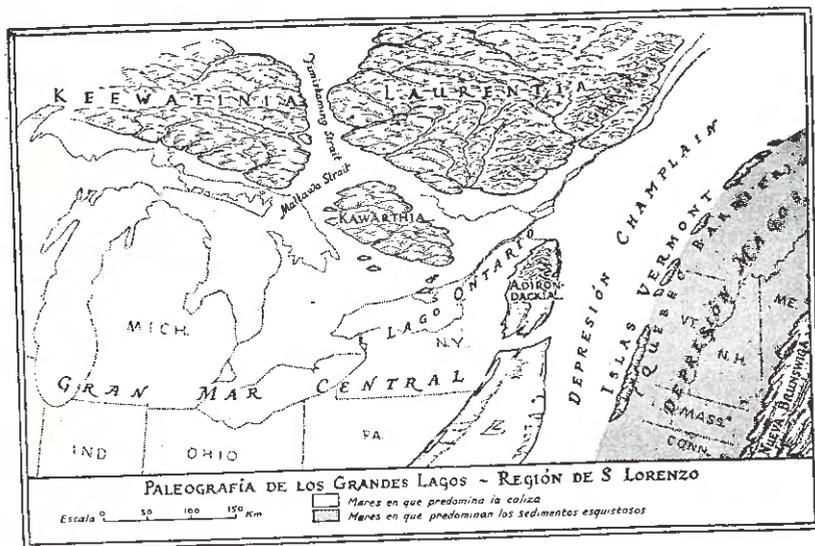


FIG. 268. — Mapa paleográfico. Obsérvese la diferencia entre las líneas costeras de emersión y las de sumersión. Las líneas de puntos que marcan los límites de los estados actuales (en Norteamérica) están dispuestas a lo largo de la línea de las futuras Montañas Verdes.

tinuas; el contorno de la tierra firme no es ahora ni ha sido nunca redondeado. En particular, las líneas de sumersión han tenido que ser complicadas; por esta razón, es mejor dibujar las viejas líneas costeras con un contorno lobulado, aunque se ignore la situación exacta de sus lóbulos.

Se puede suponer que los tipos geomorfológicos del pasado eran iguales a los de hoy. La topografía de los periodos pasados puede representarse mejor que de ningún otro modo mediante el método fisiográfico, porque en este sistema se muestran los tipos de relieves cuya clase puede suponerse, aunque no su magnitud ni su configuración precisa, ya que no se conocen las altitudes.

En los mapas predevonianos se puede suponer que la erosión era mucho más violenta sobre los terrenos desprovistos de arbolado. En los mapas paleológicos se indican los límites actuales con líneas de puntos para poder identificar los lugares; es un error muy común el indicar los límites y con-

tornos actuales con más intensidad que los de épocas pretéritas representadas por el mapa.

En la figura 268 se ve un mapa paleológico que ofrece a la consideración del observador un problema muy interesante. Puesto que la superficie de la Tierra fue lanzada hacia arriba en decenas de km. para formar las montañas verdes, esta misma superficie debe figurar plana sobre un mapa de una época anterior a tal formación montañosa. Y por representar los mapas paleológicos la configuración o morfología más bien que la topografía o geografía, debieran llamarse con más propiedad mapas «paleomórficos», mejor que paleográficos».

*Mapas morfológicos.* Con tintas uniformes y con colores se pueden representar los diferentes detalles morfológicos, como, por ejemplo, las llanuras, las crestas o rocas de erosión, las terrazas y las morrenas. En la fig. 269, se ve un mapa de esta clase; si esta misma configuración se expresase con signos o símbolos fisiográficos, como se vio en el capítulo XI, el mapa precisaría una escala mucho mayor.

El *Glacial Map* de Norteamérica, editado por la Sociedad Geológica de América en 1945, es uno de los más completos de esta clase.

#### DIAGRAMAS PERSPECTIVOS (BLOQUES)

Estos diagramas se emplean mucho para representar la morfología de pequeñas extensiones; fueron ideados por Grove Karl Gilbert y perfeccionados por William M. Davis a fines del pasado siglo XIX. Un diagrama perspectivo es, en teoría, la imagen perspectiva, vista desde arriba, de un trozo de superficie terrestre: en las partes laterales de estos diagramas se repre-



FIG. 269. — Mapa morfológico. El negro intenso de las morrenas marginales o laterales caracteriza muy bien las sedimentaciones glaciarias.

sentan las secciones geológicas del suelo. En la práctica se toman las perspectivas de un modelo en relieve, y no directamente del terreno. Con mucha frecuencia los diagramas perspectivos no reproducen la configuración real del terreno, sino que se refieren a determinados detalles morfológicos.



FIG. 270. — Perspectiva que muestra la relación entre la estructura geológica y la morfología superficial.

El diagrama puede dibujarse por el método geométrico de la doble perspectiva, pero a veces basta con una construcción simplificada que no es una verdadera perspectiva, pero da una aproximación suficiente.

**PERSPECTIVA SIMPLE.** — La figura 271 ilustra el procedimiento para obtener perspectivas simples, es decir, desde un solo punto de vista. Todas las líneas paralelas a  $AD$  son horizontales; todas las líneas paralelas a  $AB$  convergen en un punto, el punto de fuga, que puede caer fuera del papel. Pueden formarse las perspectivas con distinta convergencia de los rayos, pero no siempre se obtienen resultados satisfactorios. Un buen término medio consiste en dar al lado  $AB$  una inclinación de  $45^\circ$  sobre  $AD$ , y de  $55^\circ$  al lado  $CD$  sobre la diagonal  $BD$ , cuando se trata de pequeñas extensiones a representar, y de  $60^\circ$  cuando la superficie es mayor. Para situar  $BC$ , se corre una regla horizontal arriba y abajo hasta que el cuadrilátero formado se vea como un cuadrado. Claro está que este es un método aproximado, pero como el procedimiento es también aproximado, no puede darse otra norma mejor; el ojo aprecia perfectamente el momento exacto en que la horizontal superior forma un cuadrado con la inferior y con los dos rayos laterales. En el caso anterior se obtiene la impresión del cuadrado cuando la diagonal  $BD$  forma un ángulo de  $45$  a  $50^\circ$  con  $AD$ .

Si el diagrama ha de mirarse desde la derecha o desde la izquierda es cuestión de gusto, y depende de la estructura geológica. Los diagramas vistos directamente desde delante, de tal modo que los lados resultan convergentes, es raro que den buen resultado; además se pierden las secciones laterales.

**TRANSFORMACIÓN DE UN MAPA EN UNA PERSPECTIVA.** — Una superficie reducida (del tamaño correspondiente a una hoja topográfica corriente) puede transformarse en un diagrama perspectivo tan exacto y tan conmensurable como el mapa original con curvas de nivel.

Se divide primero el mapa en una retícula cuyas mallas sean cuadrados de unos 2 cm. de lado; se traza después un cuadrado, sin tener en cuenta si el mapa es cuadrado o no, y su lado delantero se divide en el mismo

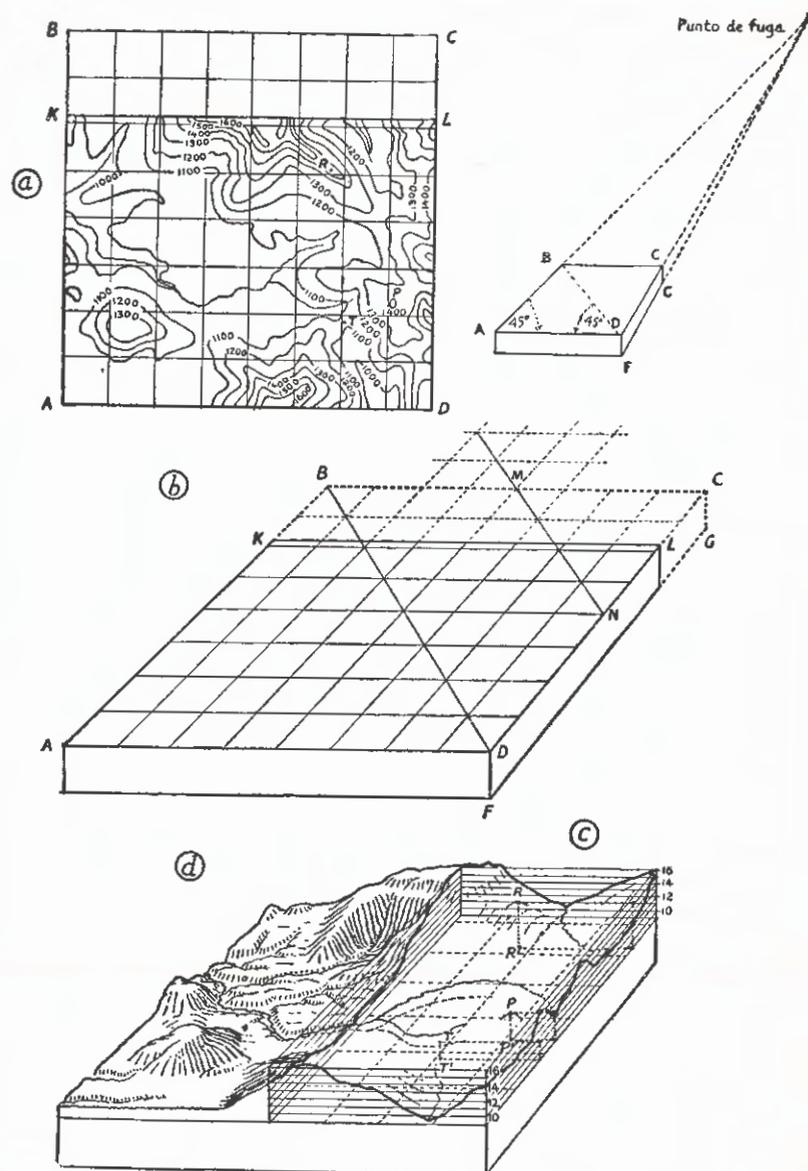


FIG. 271. — Las cuatro fases principales del dibujo de un diagrama en perspectiva simple.

número de divisiones que el mapa. Desde cada punto de división se traza una línea que vaya a parar al punto de fuga, que se señala con un alfiler. Si el punto de fuga está muy distante, se puede dividir *BC* en el mismo número de divisiones que *AD*, y se unen entre sí los puntos correspondientes; seguidamente se traza una diagonal, y por cada punto en que corte a las líneas anteriores se traza una horizontal. Si el mapa no es cuadrado se pueden agregar las filas necesarias de cuadraditos o prolongar la cuadrícula en el sentido de la mayor dimensión del mapa; para el trazado de nuevas horizontales adicionales, más allá de la última de la cuadrícula, se traza una línea *MN* paralela, en perspectiva, a la diagonal *BD*.

La altura del diagrama depende de la profundidad del corte geológico vertical que se quiere representar. Es conveniente, de ordinario, dar poca altura al diagrama, aunque queden sin representar las capas más profundas, que son total o parcialmente desconocidas; un buen espesor para un diagrama respectivo de tamaño de folio es de 1 a 1,5 cm. Téngase en cuenta que la línea *FG* encuentra a la *DC* en el punto de fuga.

La superficie del papel en que se dibuja el diagrama representa un plano topográfico de referencia que no tiene por qué ser necesariamente el plano de la curva de nivel más baja del mapa. Con frecuencia resulta muy práctico el tomar como plano de referencia el nivel de los valles por donde discurren los principales ríos de la región. Una vez elegido este plano, se dibujan los perfiles en los cuatro

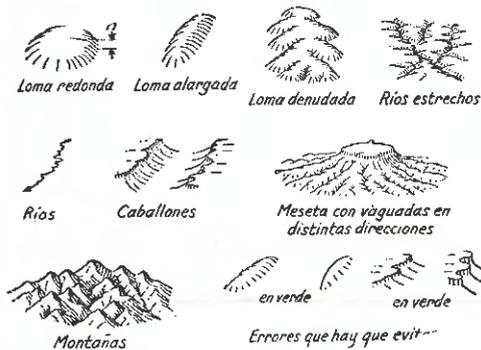


FIG. 272.— El relieve del terreno se puede representar en los diagramas perspectivas manejando convenientemente los elementos que se ven en esta figura.

perfiles como de ordinario; pero en los laterales debe tenerse en cuenta que los ejes verticales de las montañas permanecen verticales, resultando así los perfiles muy deformados.

A continuación se sitúan los picos más salientes y se anotan sus alturas

sobre una línea vertical; las líneas finas que forman las *vallas* laterales se utilizan como escala. Después se dibuja la red hidrográfica cuadrado por cuadrado. Las cabeceras de las cuencas tienen a veces que elevarse, y en cambio las partes más bajas de los ríos tienen que deprimirse. Es de la mayor importancia el dibujar todos los ríos, incluso los cauces secos, porque así se facilita el dibujo de las montañas y elevaciones.

La última fase de la construcción de una perspectiva consiste en el dibujo de las montañas, con su sombreado de rayas; no debe olvidarse que la dirección del rayado indica el curso que sigue el agua que corre por las laderas, y que las rayas han de escorzarse por tratarse de una perspectiva. Las principales formas del terreno se pueden dibujar con pocos tipos elementales, como los representados en la figura 272.

Se acaba el dibujo agregando signos de cultivos y los rótulos necesarios, que a ser posible deben ir, en su mayor parte, fuera del dibujo propiamente dicho; los letreros dentro del dibujo han de ir *tendidos*, es decir, como se verían en la fotografía de un mapa en relieve. Cuando se pueden emplear colores resulta la perspectiva mucho más agradable a la vista, con los ríos en azul, las líneas de pendiente en sepia, los signos de cultivos en negro, y en púrpura el sombreado plástico. Si se quieren representar más cortes geológicos que los de los lados, se puede cortar

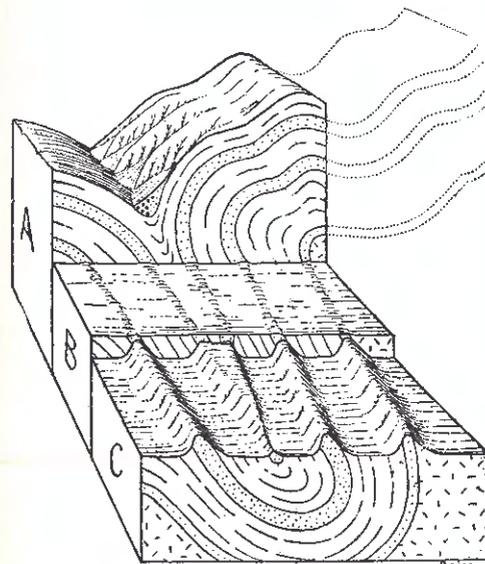


FIG. 274.— Perspectiva que representa las distintas fases de la erosión.

el diagrama y separar sus trozos, como se ve en la figura 273. En las perspectivas se pueden representar muy bien las diferentes fases o grados de la erosión (figura 274).

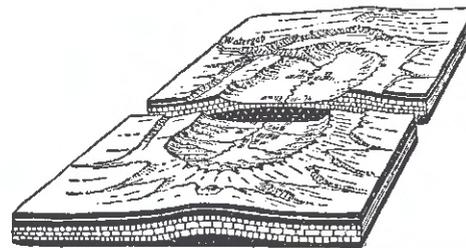


FIG. 273.— Perspectiva cortada para mostrar la estructura geológica del subsuelo.

PERSPECTIVA DOBLE O VERDADERA. — Para los diagramas de gran tamaño y muy complicados, o cuando se quieren representar dos secciones geológicas perpendiculares con igual claridad, el procedimiento más sencillo consiste en tomar dos puntos de fuga y elegir uno de los muchos diagramas posibles. La transformación de un mapa en una perspectiva se hace como en el caso anterior, de un solo punto de fuga. Se traza la cuadrícula sobre el mapa, dividiéndolo en mitades sucesivas con ayuda de las diagonales, como se ve en la figura 275. Las perspectivas dobles dan más sensación de realidad que las simples.

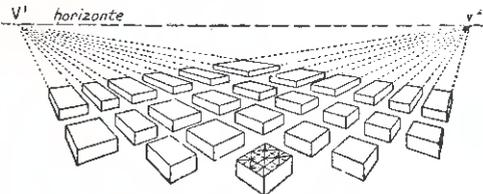


FIG. 275. — Perspectivas desde dos puntos. Únicamente los diagramas de la parte central sirven para la representación en perspectiva. Se pasa el mapa a los diagramas empleando una retícula de diagonales, como se ve en el diagrama central.

método que vamos a describir a continuación se obtiene la perspectiva exacta de un diagrama paralelepípedo visto desde un punto dado (fig. 276).

Desde el centro de perspectiva o punto de vista *E* se mira el mapa *AB-CD* para ver cómo aparecería su imagen si se proyectara sobre un plano vertical *PP'*. Es evidente que el tamaño de esta imagen proyectada dependerá de la distancia del punto de vista al plano vertical; mientras más cerca esté el plano, menor será la imagen.

Se rebate el plano vertical *PP'* alrededor de la línea *PP'*, hasta que coincida con el plano del papel; la línea de horizonte *V<sub>1</sub>V<sub>2</sub>* aparecerá al mismo nivel que el ojo *E*, a una altura dada *h* sobre el fondo o base del diagrama. El espesor del bloque *FA* se determina a voluntad. Todas las líneas paralelas horizontales se cortan en la línea de horizonte, y los puntos de fuga *V<sub>1</sub>* y *V<sub>2</sub>* para las distintas series de líneas paralelas se pueden determinar como se ve en la figura 276. Los puntos *B*, *C*, *D* y *G* se hallan por medio de estos puntos de fuga. El resto de la construcción de la perspectiva se hace como en el caso de un solo punto de fuga.

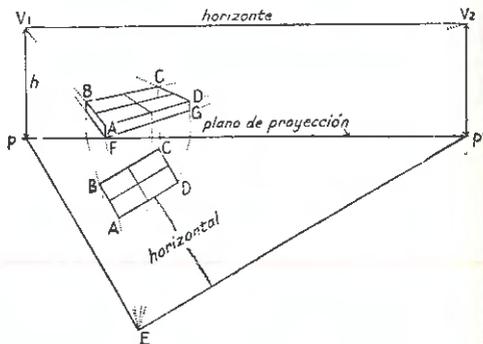


FIG. 276. — Método preciso para la construcción de perspectivas.

A veces ocurre que uno de los puntos de fuga cae a distancia muy

grande; para evitar esto, el ángulo del mapa con el plano vertical no debe ser demasiado agudo (lo mejor es que no baje de 30°). También puede construirse el diagrama completo en tamaño reducido, cuando algún punto de fuga está muy distante, y ampliarlo después al tamaño necesario.

DIAGRAMAS DUFOUR. — Se puede transformar un mapa con curvas de nivel en un diagrama perspectivo mediante un sencillo dispositivo consistente

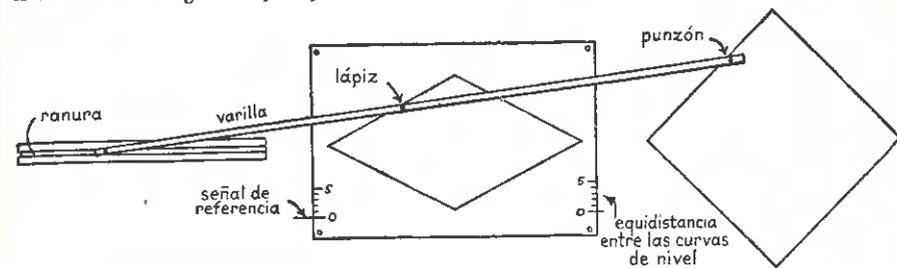


FIG. 277. — Pantógrafo Dufour para dibujar diagramas perspectivos.

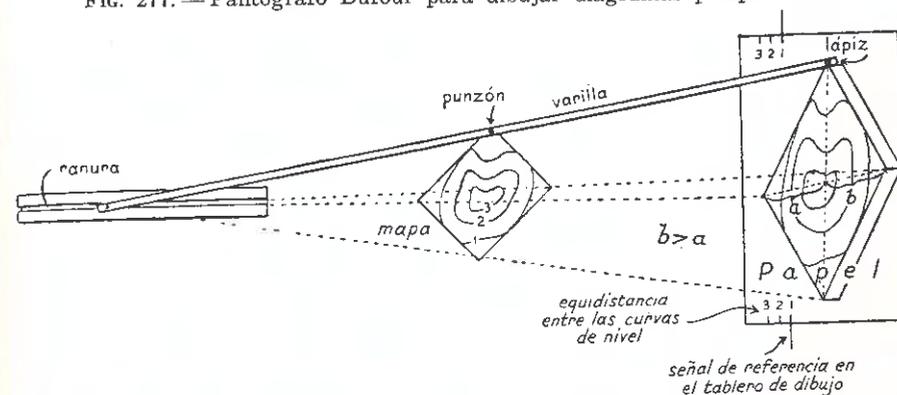


FIG. 278. — Disposición del pantógrafo para dibujar una perspectiva mayor que el mapa.

en una varilla larga, uno de cuyos extremos se desliza por una ranura, o corre a lo largo de un borde lateral del tablero de dibujo sujeto con una tira larga de caucho. El otro extremo de la varilla lleva un punzón y en el centro va un lápiz. Se coloca el mapa sesgado, como se ve en la figura 277, formando sus lados un ángulo de unos 45° con la ranura-guía de la varilla; si el ángulo es más agudo, la perspectiva resulta deformada. Se mueve el punzón sobre la curva de nivel más baja del mapa; al deslizarse la varilla en la ranura, todas las líneas paralelas a esta última conservan su verdadera longitud, mientras que las perpendiculares quedan reducidas. Antes de dibujar la siguiente curva de nivel se corre el papel hacia abajo en una longitud

igual a la equidistancia entre curvas de nivel (de ordinario se exagera esta longitud de 2 a 10 veces); de este modo, la segunda curva de nivel resulta corrida hacia arriba. De modo análogo se dibujan las demás curvas de nivel. Se marcan muy bien los puntos en que las curvas de nivel tocan o cortan los bordes del mapa; uniendo estos puntos se tienen los perfiles laterales. Se termina el diagrama dibujando los ríos, los caminos y rotulando. Se acostumbra en estos diagramas agregar rayas de sombras y sombreado plástico para hacer resaltar el relieve del terreno.

El mayor o menor relieve de la perspectiva depende de la distancia entre la ranura, el punzón y el lápiz; mientras más cerca del mapa esté la ranura, más plano y achatado resultará el diagrama. Las líneas rectas perpendiculares a la varilla quedarán dibujadas como arcos de poca curvatura. Conviene que la varilla sea muy larga, de 2 a 3 metros, para reducir al mínimo esta deformación curvilínea.

Cuando se quiere que la perspectiva sea de mayor tamaño que el mapa, como sucede con frecuencia, se cambian entre sí las posiciones del lápiz y del punzón y se corre el mapa horizontalmente en vez de hacerlo en sentido vertical, para dibujar las curvas de nivel superiores. El papel se corre alejándose del mapa, porque en esta dirección, a causa de la deformación curvilínea, da más sensación de realidad la perspectiva obtenida.

Los diagramas Dufour no son una perspectiva exacta, en el sentido geométrico de la palabra, ni tampoco son isométricos, pero constituyen una excelente aproximación de ambos métodos.

**DIAGRAMAS ISOMÉTRICOS.** — Estas perspectivas se hacen tomando tres ejes, uno vertical y otros dos arbitrarios, que representan tres direcciones

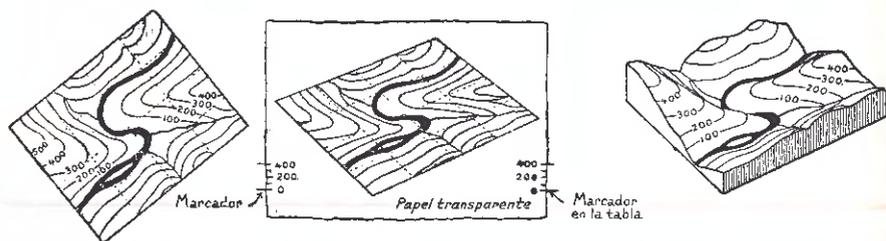


FIG. 279. — Confección de diagramas isométricos.

ortogonales entre sí en el espacio. En los diagramas isométricos, todas las rectas paralelas permanecen paralelas, y, en consecuencia, todas las líneas verticales resultan también verticales. Las distancias únicamente son verdaderas en la dirección de los ejes; en las demás direcciones quedan deformadas: también los ángulos resultan deformados. Todo punto puede determinarse por sus tres coordenadas rectangulares. La ventaja de los diagramas

isométricos es su precisión y la facilidad con que pueden tomarse medidas sobre los mismos; su desventaja consiste en su falta de perspectiva, ya que parece como si hubiera aumentado de tamaño hacia la parte posterior.

Los diagramas isométricos son muy útiles en los estudios geológicos de minería. Existen varios medios para facilitar la construcción de estos diagramas; el más corriente es el empleo del papel isométrico, sobre el cual se pueden tomar las tres coordenadas a 120° unas de otras, y que se vende en los comercios de material de dibujo para ingeniería. También se emplean varios tipos de pantógrafos con el mismo fin.

Se utilizan también los diagramas isométricos para representar la morfología superficial de una región; el modo más fácil para conseguirlo es dibujar una cuadrícula sobre el mapa, y una retícula semejante, isométricamente deformada, sobre un papel transparente, en el cual se dibujan también las curvas de nivel con la misma deformación isométrica. Se copian sucesivamente las curvas de nivel sobre papel de dibujo, corriéndolas en una longitud igual a la equidistancia entre curvas, del mismo modo que en los diagramas Dufour.

**PERFILES LINEALES.** — Se pueden construir auténticos *relieves* dibujando perfiles en cartones separados, que se recortan y se pegan en un bastidor de madera, guardando entre sí las distancias verdaderas a la escala de que se trate; se da con barniz de laca a las dos caras del cartón de cada perfil y se refuerzan éstos con alambre o madera, para evitar que se tuerzan. Cuando hay que usar continuamente estos perfiles se hacen de metal o de chapa de madera. También pueden hacerse los perfiles de cristal, que se pintan, y que colocados en un marco y debidamente iluminados, dan una idea muy completa y clara de la estructura geológica de la región representada.

**PERFILES SUPERFICIALES O POR FAJAS.** — Se emplean estos perfiles para el estudio de mesetas y de superficies de denudación en épocas pretéritas. Los perfiles no son lineales, sino que comprenden una faja o zona estrecha; para ello se divide el mapa en zonas de 1 a 2 km. de anchura, mediante líneas paralelas, y los perfiles se construyen de modo que indiquen los puntos más elevados a lo largo de la zona, en toda la anchura de la misma. Con este método se elimina en parte el efecto de la erosión fluvial.

**DIAGRAMAS DE CELDAS.** — Esta ingeniosa combinación de perfiles nor-

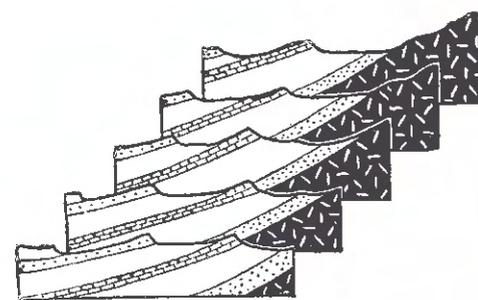


FIG. 280. — Relieve con perfiles lineales.

males entre sí fue ideada y dada a conocer por N. W. Bass. Efecto semejante puede lograrse dibujando dos series de perfiles perpendiculares sobre placas de vinilita semitransparentes, y trabándolas entre sí mediante muescas, unas

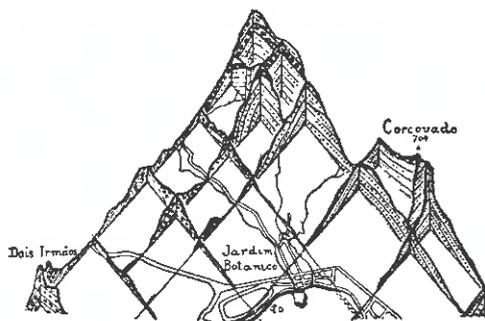


FIG. 281. — Diagrama de celdas, de Bass, obtenido con dos series de perfiles entrelazados, colocados sobre un mapa.

por arriba y otras por abajo. Una fotografía de esta combinación de perfiles, que forman entre sí a manera de celdas, pone de manifiesto las formaciones geológicas más complicadas.

## CAPÍTULO XXXII

### MAPAS DE VARIAS CIENCIAS

Si comparamos los libros científicos actuales con los de la generación anterior, observamos un aumento continuo en la tendencia a enriquecer aquéllos con mapas y diagramas.

Un mapa o un diagrama da, por su simple contemplación, unos conocimientos sobre el asunto representado, fácilmente retenibles y que ayudan a descubrir relaciones y propiedades ocultas. Los métodos gráficos hacen también que un libro o un artículo resulte más corto y más interesante. Muchos de los hechos y relaciones en que se ocupan los libros pueden ser expresados de modo más abreviado y más convincente por mapas y diagramas, dejando para el texto la interpretación de los hechos. Pero con demasiada frecuencia sucede que hay autores que por sí mismos dibujan gráficas mal ideadas y peor ejecutadas. Por esta sola razón debiera formar parte la Cartografía de todos los planes de enseñanzas científicas.

Casi todas las ciencias hacen uso de mapas y diagramas. Es natural que las ciencias geográficas sean las que más mapas utilicen, pero también las ciencias sociales y las históricas ofrecen interesantes problemas al cartógrafo. Cada rama científica requiere tipos especiales de mapas, que vamos a considerar a continuación, aunque muy a la ligera.

**MAPAS ASTRONÓMICOS.** — En muchos mapas y globos antiguos se representaban estrellas y constelaciones. Los globos más antiguos que se han conservado hasta nuestros días, como el globo de Farnesio, del siglo II a. de J. C., y los globos árabes del siglo XIII eran esferas celestes. Los artistas del Renacimiento dieron rienda suelta a su imaginación al dibujar figuras representativas de las constelaciones, tanto, que las estrellas mismas pasaban inadvertidas entre la fastuosidad de las imágenes celestes.

Los mapas astronómicos modernos son mucho más serios. Por representarse mejor la multitud de estrellas visibles con el telescopio mediante fotografías, únicamente se emplean los mapas dibujados en tamaños muy reducidos. Los mapas astronómicos o estelares indican la magnitud (luminosidad) de las estrellas, y en ellos se representan también las nebulosas, las estrellas

variables, los enjambres de estrellas, las nubes de estrellas, etc. Los mapas del cielo son de gran valor para el geógrafo, que puede determinar la latitud y la longitud de un lugar valiéndose de la observación de ciertas estrellas.

Son varias las proyecciones que se emplean en los mapas celestes. Los hemisferios celestes se representan ordinariamente en alguna proyección polar, con el polo celeste en el centro. En la proyección polar estereográfica aparecen las formas de las constelaciones muy exactamente, pero las dimensiones aumentan hacia los bordes del mapa. En los atlas celestes, en que el cielo se divide en secciones, y cada sección se desarrolla a lo largo de su meridiano central, pueden emplearse casi todas las proyecciones; la cónica, la policónica y la poliédrica son las más corrientes. El gran atlas estelar, el *Bonn Durchmusterung*, que representa el cielo en 1855, está hecho en proyección cónica. R. A. Proctor, autor del *Star Atlas*, en 1870, propugna el uso de la proyección acimutal equidistante.

Las estrellas pueden situarse en otros sistemas coordenados diferentes del polar-ecuatorial: el movimiento de los planetas se representa muy bien en un sistema en que el ecuador está substituido por el plano de la eclíptica, sobre la cual se mueve la Tierra alrededor del Sol.

Evidentemente, una fotografía de alguna región del cielo es en realidad una proyección gnomónica, pero por representar una pequeña parte del cielo queda reducida al mínimo la gran deformación propia de esta proyección. Es cierto que en los grandes telescopios de reflexión la película fotográfica se mantiene en forma algo cóncava por medio de una bomba de vacío, pero no por eso se elimina la deformación de la imagen. Se da a la película esta forma cóncava para obtener un foco mejor, más que para evitar la deformación periférica.

La Luna se representa en proyección ortográfica, que se puede transformar en otra proyección cuando se quieren poner de manifiesto con más exactitud las imágenes situadas cerca de los bordes de aquella. En Pasadena, California, se llevó a cabo un ensayo muy interesante proyectando una fotografía de la Luna sobre una esfera.

Ningún mapa del cielo se acerca tanto a la realidad como un globo celeste, sobre todo si éste se ve desde dentro, como sucede en todo planetario moderno.

**MAPAS DE MAGNETISMO TERRESTRE.** — Probablemente los mapas científicos más antiguos son los que representan la variación de la declinación magnética, llamados mapas *isogónicos*, en los cuales están unidos por líneas (isógonas) los puntos de igual declinación. Casi todos los mapas magnéticos están dibujados en proyección Mercator, por ser la más empleada por los marinos. Pero esta proyección no es la mejor para esta clase de mapas, por la gran deformación con que aparecen las regiones polares. Los fenómenos magnéticos se interpretan mejor sobre mapas en proyección polar. El autor de este

libro preparó una serie de hemisferios en una proyección oblicua equidistante, centrada sobre los polos magnéticos Norte y Sur, con líneas isodinámicas. Para ciertas aplicaciones dan mejor resultado hemisferios semejantes centrados sobre los polos *geomagnéticos* de latitud  $78^{\circ},5$  N. y longitud  $291^{\circ}$  y sobre su antípoda. El servicio Geodésico y de Costas de los Estados Unidos, en colaboración con la *Carnegie Institution* publica, además de los mapas de isógonas, mapas de intensidades horizontales y verticales (inclinación magnética) y cartas *isopóricas*, que muestran la rapidez de los cambios de declinación de año en año.

El Instituto Geográfico y Catastral de España publica mapas con isógonas de la Península de gran exactitud.

**MAPAS DEL TIEMPO.** — El primer mapa diario del tiempo fue publicado en Inglaterra en 1855. Estos mapas sirven para facilitar las predicciones meteorológicas y para indicar de modo sinóptico el estado general del tiempo en una región más o menos extensa. En la actualidad, todas las naciones civilizadas publican sus boletines diarios meteorológicos, con mapas del tiempo de diferentes clases. El tiempo no respeta las fronteras, y por esta razón los mapas meteorológicos son verdaderos modelos de cooperación internacional.

Aunque un mapa del tiempo comprende un sinnúmero de datos, la clave empleada para su transmisión telegráfica es tan sencilla y a la vez tan completa, que en muy poco tiempo se puede comunicar a varios centros, donde en breve plazo se dibujan otros mapas idénticos al primero. En estos mapas

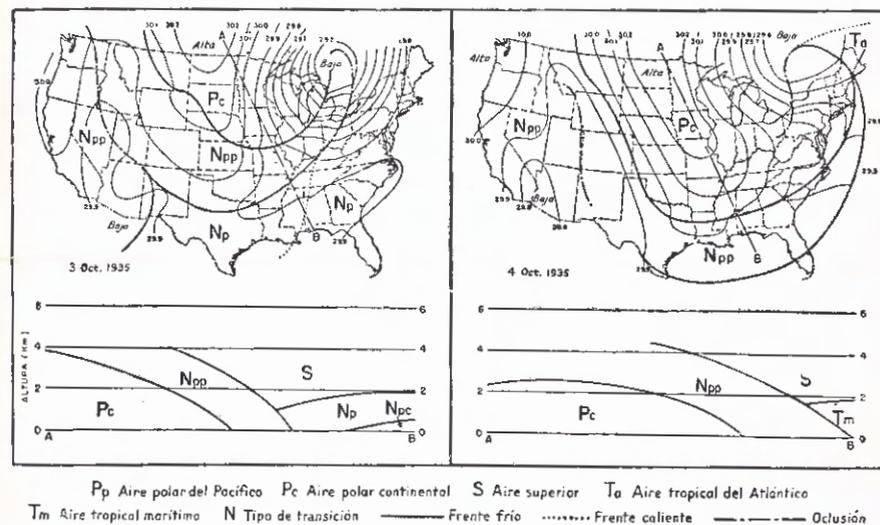


FIG. 282. — Mapas del tiempo, con análisis de masas de aire.

se representan los gradientes de temperatura y de presión mediante isotermas e isobaras; la lluvia se indica con un sombreado de rayas, y los frentes fríos y calientes, así como las oclusiones, se representan con líneas de colores (azul, rojo y violeta respectivamente). Sobre cada punto de observación van hasta 20 signos diferentes que indican temperatura, presión, dirección y fuerza del viento, precipitación, nubes bajas, medias y altas, humedad, punto de rocío, cambios en las 2 ó 3 horas anteriores, etc. Un mapa moderno del tiempo, con su simbolismo tan simple como expresivo, constituye un verdadero alarde cartográfico.

Con el aumento del tráfico aéreo actual y las exigencias cada vez mayores de la Aviación, la confección de mapas del tiempo se ha convertido en una labor de gran especialización científica. Continuamente se están empleando nuevos métodos para poner de manifiesto las condiciones atmosféricas a diferentes altitudes; por ejemplo, los cortes verticales a lo largo de las rutas aéreas, dibujadas sobre hojas transparentes con lápiz blando, y los mapas correspondientes a capas de distintas altitudes (topografías). Los mapas diarios del tiempo de todo el hemisferio Norte facilitan considerablemente la ejecución de los vuelos transoceánicos.

MAPAS CLIMATOLÓGICOS. — Estos mapas indican la lluvia media, la temperatura, la presión, el viento, la nubosidad, la evaporación, etc., todo ello referido a un período de diez años o más.

En 1838 fue publicado en Alemania, por Berghaus, el primer atlas mundial meteorológico y climatológico, y después, en 1899, publicó Bartholomew el suyo. Desde entonces, la enorme cantidad de datos acumulados hace desear una nueva edición de tales atlas universales. En Norteamérica, en 1936, fue publicado un buen atlas de 6 mapas climatológicos; en la actualidad, el mejor atlas de esta clase conocido es el contenido en el *Handbuch der Klimatologie* (Manual de Climatología), en cinco tomos, de Köppen y Geiger.

Durante la guerra, publicaba en los Estados Unidos el *A. M. S.*, mensualmente, mapas climatológicos detallados de todos los continentes y de todos los teatros de guerra. Estos mapas constituían una excelente ayuda para el equipo y aprovisionamiento de los soldados acampados entre el hielo de Groenlandia, o en las selvas ardientes de Nueva Guinea.

OCEANOGRAFÍA. — En algunos mapas del Renacimiento figuraban las corrientes oceánicas, pero entonces se sabía muy poco acerca de su naturaleza. La oceanografía científica comenzó con los trabajos de M. F. Maury (1806-1873), que extractó sus mapas de los cuadernos de bitácora de los navegantes. Pero no puede decirse que la oceanografía fuera una ciencia hasta la segunda mitad del siglo XIX, en que se hicieron observaciones y exploraciones súbmarinas sistemáticas. Aunque se han efectuado grandes progresos en el estudio de los océanos, todavía no se dispone de información suficiente

para hacer mapas oceanográficos universales. La *Carte Générale Bathymétrique des Océans* (Bureau Hydrographique International, Mónaco), patrocinada por el príncipe de Mónaco (1905) representa la configuración del fondo de los mares mediante curvas de nivel y tintas batimétricas. Estos atlas (de los cuales se está preparando una nueva edición), dibujados en proyección Mercator, comprenden toda la Tierra en 24 láminas. El nuevo método de sondeos por reflexión (eco) proporciona tal cantidad de datos, que resulta ya una verdadera necesidad científica el disponer de un nuevo atlas oceanográfico a escala mucho mayor.

El descubrimiento de cañones o desfiladeros submarinos en las orillas de los bancos de arena continentales ha creado un nuevo interés por los mapas del fondo del mar. Los mapas de pendientes costeras a escala 1:120.000, preparados por E. C. Veatch y publicados por el Servicio Geodésico y de Costas de los Estados Unidos, ponen de manifiesto unas laderas muy rugosas, con parecido aspecto al de las vertientes continentales, cosa que antes no podía sospecharse y que presenta nuevos problemas en el estudio de la historia de la Tierra. En la actualidad, se está procediendo con gran intensidad a la confección de mapas detallados en las costas continentales.

La profundidad y la configuración del fondo del mar constituye solamente uno de los aspectos de la Oceanografía; son muchos los mapas especiales sobre vientos, corrientes, temperatura, salinidad, légamo, etc., que han sido publicados con gran acogida por parte de los hombres de ciencia de todo el mundo. La variación de estos factores con la profundidad presenta interesantes problemas cartográficos. Las *Pilots Charts* del Servicio Hidrográfico contienen gran cantidad de datos e informaciones. Un atlas grande que reuniera este material oceanográfico, tan disperso, constituiría un paso de gigante en este aspecto científico.

Durante la segunda guerra mundial, las cartas de temperaturas, de corrientes submarinas y de salinidad a varias profundidades, así como los mapas de sedimentos en el fondo del mar, constituyen un buen auxiliar para la guerra submarina. El *Ice Atlas of the Northern Hemisphere*, publicado por el Servicio Hidrográfico de los Estados Unidos (1946), presenta en 90 grandes láminas el mayor resumen de datos sobre hielos flotantes y sobre mares helados que hasta ahora se había conocido.

MAPAS SISMOLÓGICOS. — Los mapas se usan en Sismología para varios objetos: para localizar terremotos, prefieren los sismólogos mapas en que las trayectorias sobre círculos máximos aparecen como líneas rectas, porque las ondas sísmicas se propagan a lo largo de círculos máximos. Ordinariamente, se hace uso de un globo terráqueo de gran diámetro o de un mapa gnomónico, para ir señalando la posición de los terremotos registrados. Pero los mapas gnomónicos alteran las distancias hasta el extremo de que no convienen cuando las observaciones son de una sola estación. En este caso, lo

mejor es emplear una proyección azimutal oblicua y equidistante, centrada sobre la estación registradora, porque de este modo se obtienen distancias y direcciones verdaderas a partir de la estación.

Para localizar la propagación de las ondas sísmicas, se trazan las líneas *isosísmicas* sobre una proyección horizontal oblicua, centrada sobre el epicentro, pero de este modo habría que construir un mapa para cada terremoto.

En muchos libros y atlas se representan las regiones sísmicas de la Tierra y el número e intensidad de terremotos registrados. La Sociedad Sismológica de América publicó en 1922 un mapa a escala 1:506.880, con las zonas activas y las muertas en California.

**MAPAS BOTÁNICOS.** — Mientras que se dispone de mapas geológicos bien detallados hasta para las regiones relativamente poco conocidas topográficamente, faltan mapas de vegetación para regiones muy importantes. Ciertamente, en los mapas topográficos modernos se representan las diferentes clases de vegetación y de cultivos, pero son muchos los que sólo contienen indicaciones generales sobre tal distribución. Es de esperar que con el progreso de la fotografía aérea todos los mapas topográficos nuevos contendrán suficiente información sobre vegetación y cultivos. Un atlas de vegetación del mundo entero constituiría un magnífico complemento de la cartografía moderna.

Los mapas botánicos presentan muchos problemas desde el punto de vista cartográfico. En los mapas a escala grande puede representarse la vegetación y la distribución zoológica, en colores o con signos especiales en negro. En el caso de selvas no uniformes conviene indicar mediante letras la naturaleza, la edad, la densidad y el valor del arbolado.

Para ciertos estudios es de la mayor importancia el conocer la vegetación natural de la región antes de que el hombre mediante el cultivo, cambiara aquélla por otras.

En casi todos los países europeos se publican mapas de vegetación, así como en Japón, India, Indias Orientales Holandesas, Australia, Canadá, Argentina, Brasil, etc. Claro está que la terminología aún no está realmente normalizada; por ejemplo, la palabra *bosque* se emplea por algunos como sinónimo de monte alto, por otros como selva, etc.

Un método interesante para deducir la clase de vegetación primitiva de una región consiste en estudiar los nombres locales. Por ejemplo, si un sitio se llama Prado Grande puede suponerse que estuvo rodeado de bosques, pues de no ser así se hubiera llamado prado. Con este razonamiento ha reconstruido Leo Waibel la primitiva vegetación de Cuba, encontrando que era más arbórea de lo que hasta ahora se había supuesto.

La dificultad en la preparación de mapas a escala reducida reside en que las clases de vegetación son más transitorias y están más mezcladas que los tipos de tierras o de subsuelo. Son muy raros los mapas de vegetación que

representan estas transiciones. La figura 284 representa un mapa universal de vegetación. Los colores o tonos de paso o transición tienen que ser reproducidos por tricromía, mientras que los signos o símbolos en negro pueden dibujarse perfectamente por todo delineante con sentido artístico.

Se dispone de muchos mapas botánicos con la distribución de un solo género o especie de plantas. Estos mapas, especialmente indicados para el estudio de la Botánica, no ofrecen, por lo regular, problema alguno para la Cartografía.

La distribución de los animales es aún menos permanente y duradera que la de las plantas, y es muy difícil disponer de datos fidedignos sobre la fauna de cada país. En la actualidad, solamente algunos mapas zoológicos de escala reducida indican la distribución de animales por regiones.

**MAPAS ARQUEOLÓGICOS.** — La fotografía aérea y los levantamientos aéreos han aportado una nueva ayuda a los estudios arqueológicos. En los terrenos de cereales del sur de Inglaterra se descubrió desde el aire un campamento romano que los habitantes del país no habían descubierto ni sospechado siquiera su existencia. En Ohio se descubrieron varios baluartes y fortalezas indias. La Gran Muralla del Perú fue revelada desde el aire. Viejos lechos de ríos han podido trazarse con toda precisión por fotografías aéreas, y su situación constituye excelentes indicios para las investigaciones sobre eras pasadas.

La principal aplicación de un mapa arqueológico consiste en la reconstrucción de los estados antiguos de la superficie de la Tierra en relación con el hombre. Para evitar confusiones, las líneas que representan la geografía del pasado se dibujan de trazo lleno, y las que corresponden a la era presente se dibujan de puntos.

La Sección Arqueológica del Servicio Geográfico Inglés está preparando una serie de mapas a escala 1:1.000.000 por épocas de unos 400 años de intervalo, desde el período neolítico hasta nuestros días. También publica mapas detallados de algunas zonas importantes.

Nuestras ideas sobre la vida en el período neolítico en Europa sufrieron grave quebranto cuando los mapas de la edad del bronce y la del hierro probaron que los valles y los terrenos bajos constituían impedimento serio para las comunicaciones hasta que las herramientas de hierro fueron de uso común y sirvieron para que el hombre acometiera a los bosques y a los enemigos que habitaban en aquéllos.

**MAPAS DE IDIOMAS, RELIGIONES, RAZAS Y OTRAS DIVISIONES HUMANAS.** — En estos mapas encuentra el cartógrafo grandes problemas. Cuando sólo se trata de representar la lengua o la religión *dominante* en una región, no se tropieza con dificultad alguna: pueden emplearse colores, tintas, signos, ya sea por divisiones políticas o por zonas del mismo elemento representado. Con mucha frecuencia se hallan mezcladas, en una misma región, lenguas y

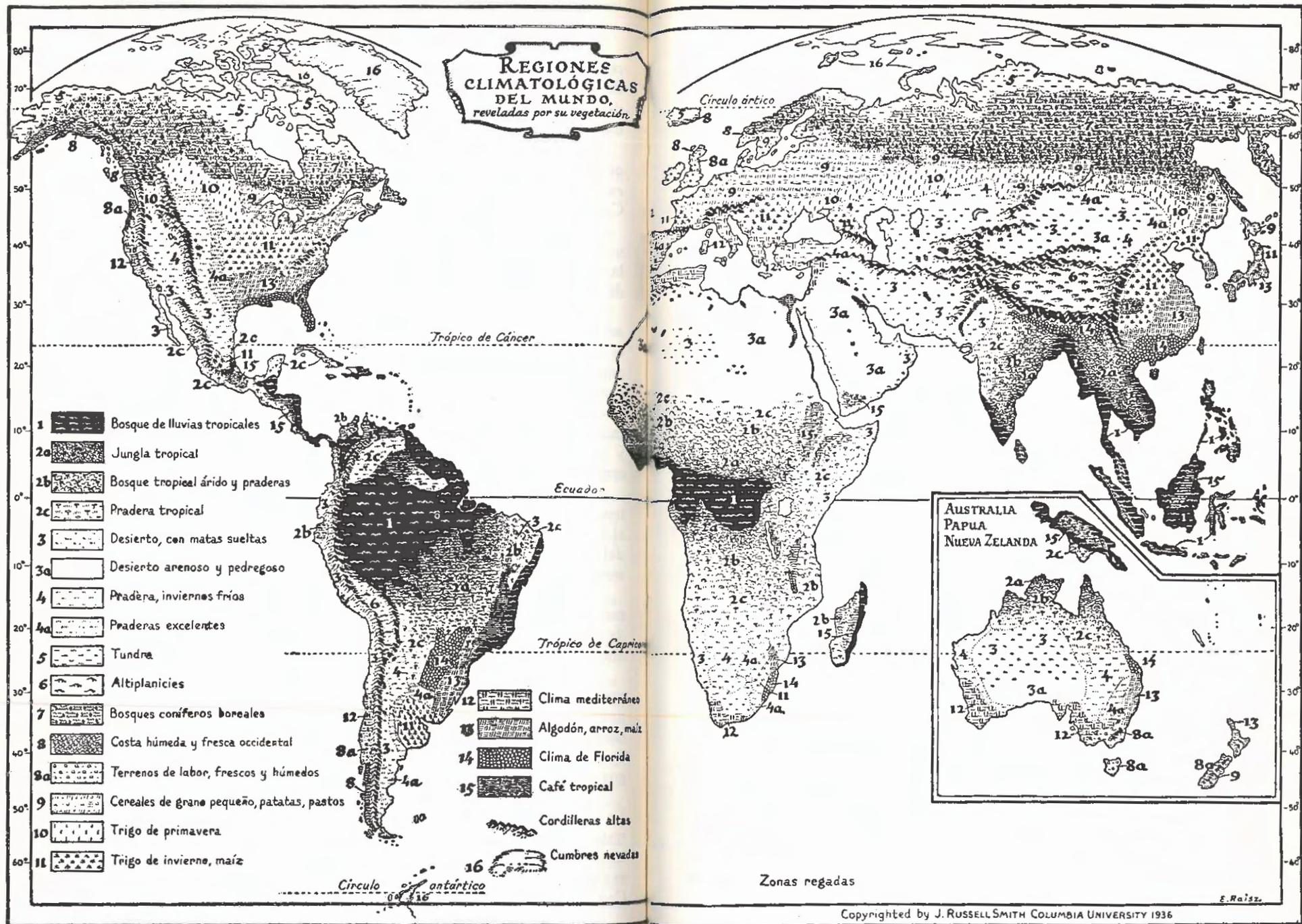


FIG. 283. — Mapa botánico universal con símbolos convencionales.

religiones, y en este caso se mezclan también los colores en tiras alternadas. Si sólo se representa una lengua o una religión, su relación respecto a la población total se puede expresar por medio de mapas de isopletas, que indican, por ejemplo, el 90 por ciento de católicos en un país.

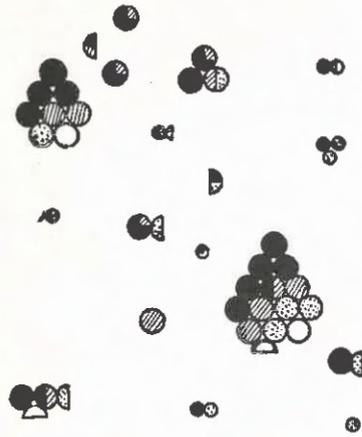


FIG. 284. — Los grupos de círculos dan idea muy clara de la distribución de elementos mezclados.

Se da una idea más clara de la distribución de determinado elemento cuando se tiene también en cuenta la densidad de población. Se hace más sensible esta necesidad en las regiones en que la población urbana difiere considerablemente de la rústica. Las ciudades ocupan muy poca superficie en los mapas, y su color apenas se destacará del correspondiente a la población rural, mucho más extendido que aquél.

Este problema mereció atención especial con ocasión del desmembramiento de Hungría, en 1919. En partes de Transilvania y del este de Hungría la mayoría de la población urbana y de los valles hablaba húngaro, mientras que en las tierras altas, la población pastoril hablaba el rumano; los mapas de lengua dominante representaban grandes extensiones como de habla rumana, y los políticos que tomaron parte en el tratado del Trianón adjudicaron a Rumania territorios en que la mayoría de la población hablaba húngaro.

El conde Teleki y otros cartógrafos húngaros emprendieron inmediatamente la tarea de confeccionar mapas con la verdadera distribución de la población. Una de las soluciones fue el adoptar el sistema de grupos de círculos, en el que cada ciudad estaba representada por un grupo de círculos cuya área total era proporcional a la población; los círculos estaban colorados o rayados de modo diferente para indicar la composición de aquella; los habitantes de las zonas rurales se agrupaban también en círculos análogos para cada unidad administrativa o política.



FIG. 285. — Mapa de distribución de razas.

Las razas se encuentran aún más mezcladas que las lenguas, por lo cual resultan más dificultosos los mapas étnicos. También pueden hacerse los mapas de razas, en escala reducida, mediante letras de diferentes tamaños, como se ve en la figura 285.

**MAPAS HISTÓRICOS.** — Muchos mapas medievales eran realmente mapas históricos en los que se representaba el mundo romano en vez del medieval. Casi todos los atlas del Renacimiento contenían unos cuantos mapas del Imperio romano; los atlas históricos de D'Anville, Vaugnody y otros muchos, eran tan buenos como los modernos. En la actualidad, se publican mapas históricos en todos los idiomas en grandes cantidades.

Los mapas históricos representan el aspecto del terreno en épocas pasadas, del mismo modo que los mapas actuales representan el presente. Si se pudieran reproducir fácilmente los mapas antiguos y se pudieran leer bien, se tendrían así los mejores mapas históricos; los mapas antiguos ponen de relieve, no sólo las condiciones geográficas en el pasado, sino que por su estilo y composición revelan el espíritu de la época. Pero como los mapas antiguos al reproducirlos a escala reducida se hacen ilegibles, lo que se hace en los libros de Historia es incluir mapas representativos de la geografía de épocas pasadas con símbolos actuales.

Un mapa histórico presenta, ordinariamente, las condiciones humanas en un año o en un corto período; la evolución en varias décadas o en siglos sucesivos se representa mejor en una serie de mapas reducidos, que son como una película proyectada con cámara lenta de los sucesos históricos. Los mapas históricos más antiguos se limitaban, en general, a representar fronteras, ciudades y campos de batalla. Los atlas históricos modernos comprenden, no sólo mapas de carácter general, sino también mapas especiales de las condiciones económicas pasadas, de densidad de población, cultivos y otros fenómenos que contribuyen al conocimiento de las épocas pretéritas.

Los mapas de *An Historical Geography of England before A. D. 1880* (Geografía Histórica de Inglaterra antes del 1800), editados por H. C. Darby en 1936, con sus 87 mapas, cartogramas y diagramas dan una impresión real de la vida económica en el pasado.

Los mapas de carreteras, comercio y comunicaciones, así como los militares, debían representar también las montañas, porque éstas limitaban los movimientos de los hombres en las épocas pasadas en un grado aún mayor que en la actualidad. En los mapas históricos se encuentran las montañas representadas perfectamente por un método fisiográfico simplificado. Los movimientos o trayectorias de la Humanidad o de ciertas ideas o teorías se representan de ordinario con flechas que dan a los mapas un carácter dinámico muy atrayente.

**MAPAS CRONOLÓGICOS.** — Hay cartas cronológicas que expresan los sucesos ocurridos en cierta época, lo mismo que los mapas representan condi-

ciones geográficas de tal período. Una carta cronológica representa, de ordinario, una *línea cronológica* vertical dividida en años; a lo largo de esta línea se registran los diferentes hechos históricos, ordenados en columnas, por países. En los primeros capítulos de este libro hicimos uso de tales cartas cronológicas para exponer la historia de la Cartografía. Es costumbre, en los mapas cronológicos, dar a las columnas mayor o menor anchura, según la importancia de cada país en las diferentes épocas, como se ve en la carta cronológica del Renacimiento (tabla III).

En los mapas cronológicos se pueden representar muy bien, con flechas y líneas de unión, la propagación de ideas, emigraciones, etc.

Otras ciencias, sobre todo las sociales, vienen utilizando cada vez más estos mapas, que, aplicando los principios ya expuestos, encontrarán solución a muchos problemas.

### MAPAS GEOGRÁFICOS

De todas las ciencias, indudablemente, la Geografía es la que más se vale de mapas. Puede decirse, en cierto modo, que todos los mapas son geo-

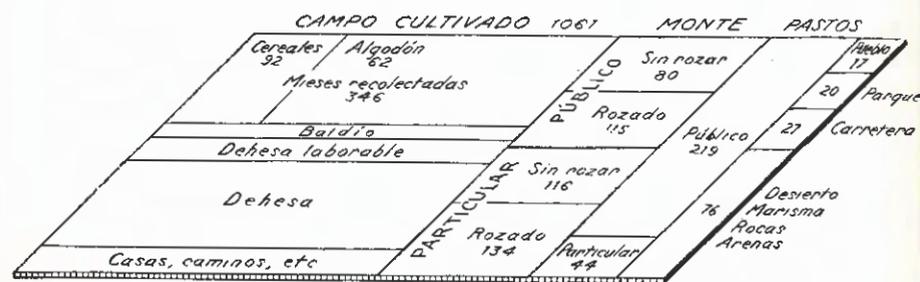


FIG. 286. — Las subdivisiones complejas se demuestran mejor gráficamente en las publicaciones geográficas.

gráficos. El significado original de la palabra «Geografía» es «dibujo o trazado de la Tierra». La siguiente relación de mapas geográficos no es más que un resumen de los métodos ya conocidos.

**MAPAS DESCRIPTIVOS DE UNA REGIÓN.** — Todo estudio completo de una región, grande o pequeña, va acompañado de una serie de mapas y de diagramas, en número variable, de carácter general y de algunos especiales. A continuación, enunciaremos los más corrientes.

1. *Mapas de situación.* Un mapa de situación, no solamente indica los límites de la región representada, dentro de otra mayor o rodeada por otras

regiones, generalmente conocidas, sino que da la posición de aquella respecto a la red principal de comunicaciones, y respecto a las cuencas de los ríos próximos y de las cordilleras de una zona mayor. Un mapa de situación es una introducción muy apropiada para todo estudio geográfico.

2. *Mapas políticos.* En una mapa de gran extensión es preciso que figuren las divisiones políticas (estados, provincias, partidos judiciales o municipales, etc.). El principal objeto de estos mapas es representar gráficamente los países, comarcas, etc., estudiados en el texto correspondiente, y con ellos se descarga a los mapas especiales de un rotulado excesivo; estos mapas políticos son los únicos que, de ordinario, llevan paralelos y meridianos. Si se agregan carreteras, vías férreas, ríos, etc., el mapa político se convierte en un mapa general de la región que puede sobreimprimirse para obtener mapas especiales.

3. *Mapas que representan la configuración del terreno.* Al estudiar una región, lo primero que interesa es conocer su relieve; si la región es pequeña, es suficiente un mapa con curvas de nivel; en los terrenos quebrados se obtienen mejores resultados con un diagrama perspectivo o de Dufour, y tratándose de grandes extensiones, debe confeccionarse un mapa fisiográfico.

En las regiones con terrenos de labor ondulados, con mayores o menores elevaciones, es esencial el conocimiento de las pendientes. Si la región se compone principalmente de una meseta con vertientes acaballadas, se impone la formación de un mapa de relieve relativo. En regiones de relieve muy complicado, es muy conveniente disponer de un mapa de pendientes. Un mapa de porcentaje de llanuras indicará el terreno disponible para los diferentes cultivos: con una curva hipsografóide se tendrá el perfil medio del suelo.

La preparación de relieves (en yeso, cartón, madera, etc.) entra de lleno en el estudio geográfico de una región reducida. Un mapa en relieve pone de manifiesto detalles y circunstancias no perceptibles sobre los mapas planos ordinarios. En un sencillo mapa en relieve pueden representarse la configuración del terreno, el suelo, el subsuelo, los cultivos y la red de comunicaciones.

4. *Mapas y cortes geológicos.* La clase de terreno, el agua de manantiales y la configuración del suelo dependen en gran manera de la constitución geológica. Por esta razón conviene disponer de mapas geológicos y de cortes del suelo y subsuelo. Sin embargo, no es corriente el estudio de la Geología en las disciplinas geográficas modernas.

5. *Mapas de suelo y de erosión.* No puede decirse que sea completo un estudio geográfico sin un mapa del suelo, con perfiles diferentes de este último; en las regiones pequeñas, donde no hay mucha variación en la clase de suelo, puede combinarse este mapa con uno de erosión. La clase de sue-

lo, de subsuelo y el relieve pueden representarse juntamente en un perfil (véase figura 257).

6. *Mapas climatológicos.* En el estudio de las grandes regiones no faltan los mapas y curvas de lluvia y temperatura en invierno y verano; en cambio, en regiones muy pequeñas, donde es despreciable la variación de los elementos climatológicos sobre su superficie, basta con una curva de lluvia y de temperatura. Para ciertos cultivos conviene disponer de mapas y gráficas de vientos, insolación, tormentas, nieve y otros agentes atmosféricos. La irregularidad en las lluvias tiene gran importancia en las comarcas semiáridas, y se representa mediante mapas pluviométricos y gráficas.

7. *Mapas de aprovechamientos.* De gran importancia son los mapas de cultivos y aprovechamientos, con sus principales clases, como son pastos, cereales, bosques, etc.

8. *Mapas agrícolas.* Cuando se trata de regiones muy extensas y se dispone de datos oficiales suficientes, se pueden preparar mapas con la distribución de cosechas y ganado. En estos mapas se representa el tanto por ciento de superficie sembrada, y el rendimiento por hectárea. Los mapas que indican distribución de maquinaria agrícola y de ganado de labor, etc., dan idea de la clase de labor de que se trate.

9. *Mapas de fábricas y de minas.* Muy importantes son los mapas de situación de centros industriales, transportes, almacenes, etc. También se representan en estos mapas las minas y las explotaciones de yacimientos calizos, arcillosos, etc. De gran valor son los mapamundis con los emplazamientos de los lejanos yacimientos minerales, o con la distribución de productos elaborados.

10. *Mapas de transportes.* Los mapas de transportes generales son tan importantes en el estudio geográfico como los diagramas del sistema circulatorio en el hombre lo son en los estudios anatómicos. Desgraciadamente, no se dispone de datos suficientes para la confección de tales mapas. En la actualidad se utilizan estos mapas para los proyectos de reforma de las grandes ciudades.

11. *Mapas artísticos, deportivos, de turismo, etc.* De gran interés son los mapas de situación de monumentos, museos, lugares de interés artístico o histórico, así como de campos de deporte, pistas, jardines públicos, parques de recreo, etc.

12. *Mapas sociológicos.* Los textos modernos de Geografía contienen, en proporción creciente, mapas sobre condiciones sanitarias, demográficas, de enseñanza pública, religión, razas, etc. Como la naturaleza de estos aspectos de la vida social son tan diferentes unos de otros, cada mapa tiene que ser tratado separadamente; por ejemplo, si se trata de representar el porcentaje de varones o de hembras respecto a la población total, se prepara un mapa de isopleas o coropleas; si se trata del aumento o disminución de

población, se confecciona un mapa de gráficas, como el representado en la figura 217.

13. *Mapas de densidad de población.* Un mapa de densidad de población es como un resumen de todos los mapas anteriores, ya que éste depende de todos los factores a que los mismos se refieren. Un excelente complemento al mapa normal de densidad es un centrograma de población, sobre todo si se puede comparar con centrogramas de décadas anteriores.

14. *Fotografías aéreas.* Cada vez se extiende más la práctica de agregar a los libros de Geografía fotografías obtenidas desde aeroplanos. La simple vista de una de estas fotografías pone de manifiesto circunstancias y detalles que de otro modo habría que buscar en varios mapas diferentes. Para que sean utilizables las fotografías aéreas tiene que ser su escala superior a 1:20.000. Al reproducir estas fotografías por fotograbado, se pierde gran parte de su eficacia en las sucesivas reimpresiones.

PRESENTACIÓN DE LOS MAPAS. — El acabado de los mapas geográficos depende de que hayan de ser publicados o no. Si han de publicarse en forma de libro, o en alguna revista, raramente se incluyen mapas en color de gran escala; lo que se hace es publicar los mapas en blanco y negro en tamaño de doble folio. Para poder comparar los mapas entre sí conviene hacerlos a la misma escala, sobre celuloide transparente, que pueden colocarse directamente unos sobre otros. Cuando el dibujo no resulte confuso, pueden combinarse varios mapas en uno solo, como, por ejemplo, uno de aprovechamientos con otros de transportes. En general, cada mapa debe referirse a un solo elemento. Las líneas y los rótulos que aparecen en alguno de los mapas de una serie no deben repetirse innecesariamente en los demás.

## APÉNDICE I

## CONSERVACIÓN Y CATALOGACIÓN DE MAPAS

Una colección de mapas consiste en un cierto número de mapas sueltos, cartas, atlas, mapas murales, o libros y folletos referentes a mapas. Este material puede conservarse en un archivador como el representado en la figura 287. El número de archivadores varía con la cantidad de mapas; un archivador doble, como el que se ve en la figura, puede contener unos 4.000 mapas. Estos estantes pueden hacerse de madera o de acero; los primeros son mucho más baratos y pueden resguardarse contra el polvo mediante puertas de cristal. Las carpetas son más impenetrables al polvo, pero también son más difíciles de manejar, sobre todo si están aplidas unas sobre otras.

**CARPETAS.** — El mejor modo de conservar mapas sueltos es guardarlos en carpetas de cartón de 75 × 90 cm. Cada carpeta puede contener de 30 a 100 mapas. En cada cajón pueden ir hasta 10 carpetas, pero al comenzar el archivo conviene no emplear más de cinco, para que haya sitio para otras sucesivas. Las carpetas de cada cajón van numeradas, por ejemplo, 221, 222, 223, 224 y 225, y el cajón siguiente empieza con el número 231, aunque no haya ninguna carpeta del 226 al 230. En cada carpeta se escribe su contenido en letras grandes, lo más cerca posible del borde de la carpeta que queda más cerca de la vista.

Cada mapa suelto se numera con el número de su carpeta y con otro número correspondiente a su orden dentro de la carpeta. Por ejemplo, el mapa 26 de la carpeta 997 se numerará así: «997/26». Las hojas topográficas, o los mapas que tengan su propio sistema de numeración, sólo necesitan el número de su carpeta, ya que están dispuestos en el orden de la serie a que pertenecen.

En las grandes colecciones es preferible, en vez de emplear números para las carpetas, rotular éstas en el sistema de encasillado; por ejemplo, un mapa cualquiera de Sajonia se encontrará en la carpeta M4.2.7 (M para Europa, 4 para Alemania, 2 para el sur de Alemania y 7 para Sajonia). Si aun así se tienen demasiados mapas en la carpeta, se subdivide ésta en varias: M4.2.7A, M4.2.7B, etc.

Las carpetas se pueden archivar por países, regiones, provincias, etc., pero no por orden alfabético, ni por clases de mapa; por ejemplo, un mapa pluviométrico de Sevilla debe guardarse en la carpeta «Sevilla», y no en una carpeta especial de mapas pluviométricos. Dentro de una misma delimitación geográfica pueden agruparse los mapas por clases. Manteniendo un riguroso orden geográfico es fácil encontrar un mapa cualquiera. Quedan exceptuadas de esta regla las cartas marinas, que deben archivar-se aparte.

La mayor parte de los mapas caben en dos carpetas de 75 × 90 cm.; los mapas de mayor tamaño se doblan; los mapas que más se usen conviene que estén plegados con la cara hacia fuera para que puedan reconocerse rápidamente al buscarlos en su carpeta.

Los atlas siguen también en su archivo el orden geográfico, es decir, por países, regiones, etc. Un atlas universal se encontrará en la sección rotulada «Mundo». Un atlas de Yugoslavia se archivará junto a la carpeta «Yugoslavia». Un atlas de las colonias francesas debiera ir en la carpeta «Mundo», por contener mapas de todas las partes del mundo.

Los mapas murales se archivan, enrollados, dispuestos verticalmente a los lados de los archivadores, dentro de unas ranuras de 5 cm.

En los organismos donde se archivan gran número de mapas conviene tener tres colecciones: la original, otra compuesta de las primeras copias (y en muchos casos de segundas), y otra con terceras copias para el trabajo ordinario de consulta, reproducciones, enseñanza, etc. Las tres colecciones pueden hallarse en lugares distintos, pero deben guardar el mismo orden en su numeración.

**CATALOGACIÓN.** — Toda colección mediana de mapas requiere ser catalogada, sobre todo para poder informar en un momento a cualquier organismo, a particulares, a la Prensa, etc., del material disponible. Con la colección a la vista es mucho más rápido encontrar un mapa buscando la carpeta correspondiente, que consultando un catálogo.

También es conveniente llevar un libro con notas, referencias, gastos, etcétera.

Una ficha de un mapa debe contener su título, el autor, la escala, el tamaño del papel, el número de la serie, los colores, año del levantamiento, lugar y centro que lo publicó, su procedencia, precio, número de la carpeta y el suyo propio y notas especiales.

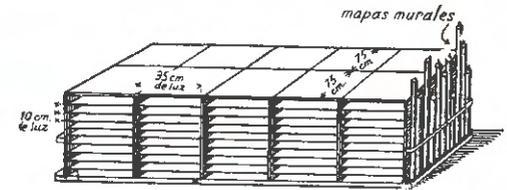


FIG. 287. — Archivador doble, de cinco departamentos, que puede contener muy bien 30.000 mapas sueltos. La tapa puede utilizarse para extender los mapas.

ENTELADO DE LOS MAPAS. — Los mapas de más frecuente manejo se pegan sobre tela, con el inconveniente de que se arrugan y aumentan de peso. Los mapas entelados no se prestan bien a ser calcados en el tablero de copiar, y el costo de la operación puede ser más grande que el de las copias ordina-

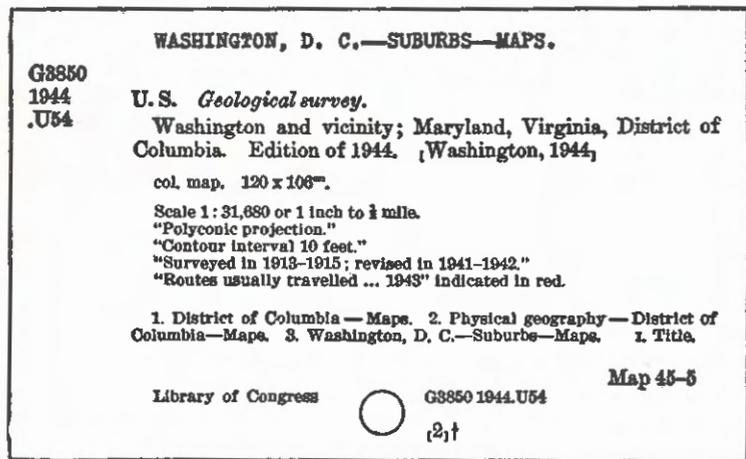


FIG. 288. — Las fichas del catálogo de mapas de la Biblioteca del Congreso (arriba) dan una gran información sobre el mapa reseñado.

rias que del mismo se pueden obtener. En las ciudades de cierta importancia hay siempre establecimientos especializados en esta clase de trabajos; pero si no se encuentra quien lo haga, es fácil realizarlo uno mismo a poco que se le proponga.

Hay dos métodos generales para entelar: con pasta líquida, o en seco. La tela más usada para montar mapas es la muselina, pero tratándose de mapas de valor es mejor emplear las telas de hilo. Para aplicar el primer método se empieza por cortar la tela de tamaño algo más grande que el mapa, para tener en cuenta su encogimiento, y se extiende sobre una mesa bien plana; sobre la tela así estirada se reparte una cierta cantidad de pasta, siendo lo más corriente el engrudo de almidón; pero también pueden emplearse pastas especiales como la *dextrosa* o el *arabol*. Se coloca entonces el mapa sobre la tela y se le pasa por encima un rodillo de caucho comprimiendo de dentro hacia fuera para que salga la pasta sobrante; a continuación se aprietan bien los bordes para evitar que se arruguen al secarse la pasta. Una vez seco el mapa, se ribetea la tela y se arrolla sobre un tambor o se extiende bien plano. Los mapas portátiles o de bolsillo se cortan ordinariamente en rectángulos de 10 × 15 cm., que se pegan sobre la tela con una separación de 15 mm. entre los mismos para poder doblar bien el conjun-

to. La desventaja de las pastas líquidas consiste en que el mapa se dilata con la humedad, alterándose así su escala. Cuando el mapa se entela por partes, es decir, cuando se reúnen varias secciones en un solo mapa, es muy difícil que casen perfectamente unas con otras.

Para evitar el aumento de tamaño de los mapas al ser entelados en húmedo se han puesto en uso varios tejidos para el montaje en seco, principalmente para fotografías, como son el *parafilm*, el *parawax* y otros; estos tejidos están formados por una capa muy fina de cera o de laca que se coloca entre la tela y el mapa, que se adhiere fuertemente a ambos cuando se pasa por encima una plancha caliente. Este procedimiento requiere gran habilidad para evitar que se estropeen los mapas. El montaje en seco se emplea especialmente para pegar los mapas sobre cartulina o cartón. Si el mapa ha de usarse en el campo, se le da una segunda mano de cera por el anverso.

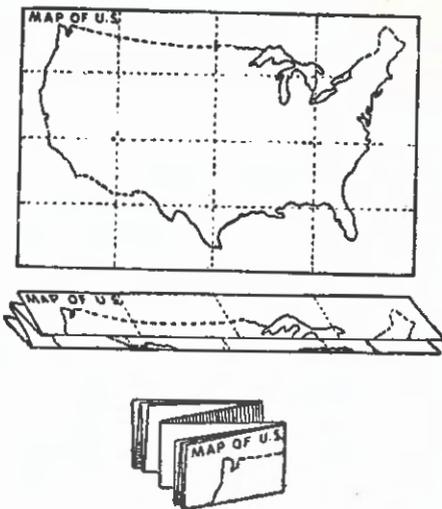


FIG. 289. — Método general para plegar los mapas. Se dobla primero el mapa horizontalmente, como un acordeón, y después verticalmente del mismo modo.

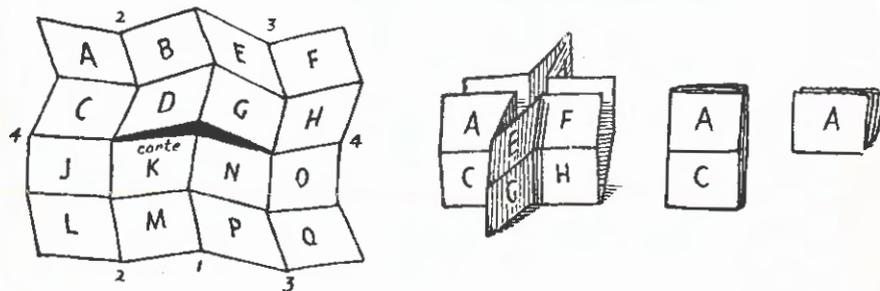


FIG. 290. — Los mapas de carreteras del Ejército inglés se pueden abrir por cualquier página, o por dos o cuatro páginas colindantes.

PLEGADO DE MAPAS. — Los mapas se pueden doblar de varias maneras, sin que se hayan establecido normas rígidas para ello. En general, los mapas se doblan como un acordeón (primero en sentido horizontal y después verti-

cal), hasta reducirlos al tamaño deseado. De este modo puede abrirse el mapa por el sitio que se quiera sin grandes manipulaciones. En los mapas europeos de carreteras se siguen métodos muy ingeniosos en su plegado; estos mapas, cuyo tamaño total es de un metro cuadrado aproximadamente, impresos por los dos lados, se doblan hasta quedar de tamaño de bolsillo, de tal manera que se pueden abrir por cualquier sitio que se quiera.

## APÉNDICE II

### EJERCICIOS

La Cartografía es ante todo una ciencia de aplicación y sus métodos se aprenden mejor que de ningún modo en la sala de dibujo. Los ejercicios que siguen, ordenados por orden de dificultades, han de ser ejecutados bajo la inspección de un profesor que los corregirá y orientará de modo que en el menor tiempo posible adquieran la práctica necesaria.

#### EJERCICIOS SOBRE EL LIBRO PRIMERO

EJERCICIO 1. *Práctica de dominio muscular.* — Dibujar a mano alzada, con una pluma estilográfica, las muestras de la figura 291, moviendo todo el

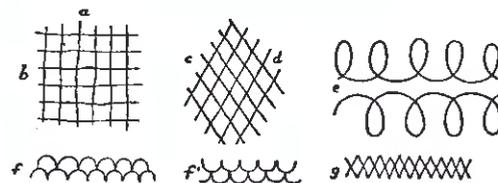


FIG. 291. — Ejercicios de dominio muscular.

brazo. Se empieza moviendo la pluma en el aire, se baja hasta el papel, y cuando se termina la línea se continúa el movimiento en el aire. Antes de hacer un ejercicio de rotulación conviene repetir, durante cinco minutos, estos trazados. También es muy interesante repetir estos dibujos con los ojos cerrados; quien domine bien sus músculos hace los dibujos lo mismo con los ojos cerrados que con ellos abiertos.

#### EJERCICIO 2. *Rotulación.*

a) Léanse detenidamente las reglas dadas para rotular.

b) Con la pluma estilográfica sobre un bloque de notas dibújense letras mayúsculas verticales llamadas de *palo seco*; cada letra y cada número se escribe cinco veces en el orden siguiente, observando rígidamente las leyes

de la rotulación. Cuidese muy bien que las letras resulten verticales y que sean todas del mismo grosor y de igual anchura.

I	H	L	F	E	T				
V	W	M	N	Z	A	K	X	Y	
O	O	C	G	J	S	D	P	B	k
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0

- Dibújense en el mismo orden las letras verticales de palo seco minúsculas. Tómese como modelo el abecedario representado en la figura 114.
- Dibújense, en el orden alfabético, las mayúsculas de palo seco cursiva. Procúrese que la distancia entre las letras sea siempre la misma.
- Escribese un alfabeto de minúsculas de palo seco cursiva.
- Escribanse los números del 0 al 9 en palo seco cursiva.
- Escriba su propio nombre en letras de palo seco verticales y cursivas.

### EJERCICIO 3. Rotulación y coloración de mapas.

- Léase atentamente el capítulo XIII.
- Cópiese un mapa esquemático de alguna nación y pónganse, con lápiz los nombres siguientes:  
De las grandes ciudades.  
De los ríos mayores.  
De las cordilleras principales, los lagos, mares y golfos.
- Trácese renglones paralelos muy finos con un lápiz duro. Todos los nombres horizontales deben ser paralelos a los paralelos del mapa. Los rótulos de un país o de los mares deben espaciarse uniformemente, de modo que lleguen de uno a otro extremo del detalle rotulado.
- Pásese de tinta lo rotulado; mientras mayor sea el nombre escrito, más gruesa ha de ser la pluma empleada. Bórrense las líneas de lápiz.
- Dése color distinto a las provincias o comarcas del mapa de que se trate. (Léase el método descrito en la fig. 128).
- Corrijanse con blanco los errores o defectos, pero siempre después de colorado el mapa, pues, de hacerlo antes, puede correrse la pintura blanca al dar el color.

EJERCICIO 4. *Manejo de los instrumentos de dibujo.* — Léase el capítulo XV sobre instrumentos de dibujo y hágase una página con la muestra de la figura 292, empleando cada uno su propio estuche de dibujo.

### EJERCICIO 5. Reducción y ampliación.

- Trácese una escala gráfica para un mapa a escala 1:100.000.
- Trácese una recta de 15 cm. de longitud y dividase en 10 partes del modo indicado en la figura 28.
- Amplíese a doble tamaño un pequeño trozo de mapa sencillo por el método de la cuadrícula.

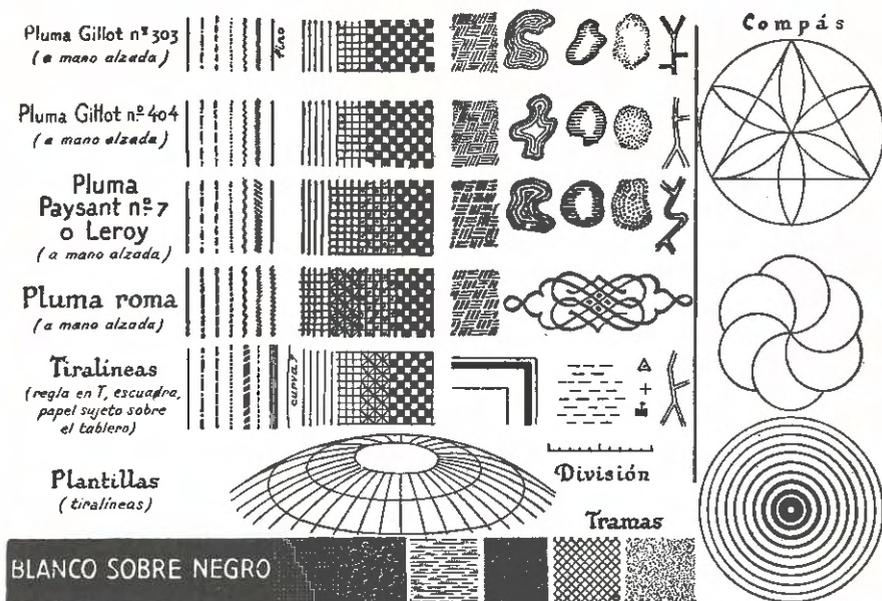


FIG. 292. — Ejercicio sobre manejo de los instrumentos de dibujo.

- Reducir el mismo mapa a la mitad de su tamaño con un pantógrafo.
- Repetir el ejercicio anterior con una cámara clara o con otro instrumento óptico apropiado.
- Dividir una línea de 1 cm. de longitud en 5 partes iguales, a mano alzada. Repítase cinco veces por lo menos.

Muy importante para un cartógrafo es adquirir la habilidad precisa para dividir a ojo una longitud en partes iguales. Cada prueba debe comprobarse con una lupa.

EJERCICIO 6. *Proyecciones.* — Trácese los paralelos 40°, 50° y 60°, y los meridianos 10°, 0°, 10°, correspondientes a un globo de 2 m. de circunferencia, en las proyecciones siguientes:

- Equirrectangular, con el paralelo de 50° como base.
- Mercator.
- Sinusoidal.
- Mollweide.
- Cónica simple; paralelo base 50° N.
- Policónica.
- De Bonne; paralelo base 50° N.

Hágase el dibujo sólo a lápiz.

EJERCICIO 7. *Proyecciones acimutales.* — Dibújese uno de los mapas

siguientes en las proyecciones que se indican, con paralelos y meridianos a cada 10°. Se trazan de tinta, con líneas muy finas, los paralelos y meridianos, el ecuador con línea más gruesa, y el círculo ártico y los trópicos con líneas de trazos. Las tierras se pintan de amarillo y los mares de azul, pero solamente con una faja estrecha a lo largo de las costas.

a) Un mapamundi con sólo los contornos, como si estuviera proyectado desde el centro del globo sobre un cubo tangente o circunscrito. Se abre el cubo y se extiende formando una cruz compuesta de dos proyecciones polares y de dos ecuatoriales.

b) Un mapa del hemisferio boreal en proyección oblicua estereográfica, centrada sobre el punto de 47° N. y 1° W. Al hemisferio se le da un diámetro de 30 cm.

c) Un hemisferio en proyección oblicua ortográfica, con centro en el punto 60° N. y 90° W.; diámetro del hemisferio, 30 cm.

d) El hemisferio occidental en proyección globular; diámetro del hemisferio, 30 cm.

e) Una proyección polar en la retícula acimutal de Lambert, equivalente a 55° S.

f) Un mapamundi en proyección Aitof; longitud del ecuador, 35 cm.

g) Construir una proyección estrellada en mariposa del mismo dibujante.

h) Dibujar un mapamundi ortoapsidal a gusto del cartógrafo.

EJERCICIO 8. *Simbolos.* — Transformar un pequeño mapa aéreo en un mapa corriente a igual escala. Cópiense primero en lápiz todos los lagos, ríos, casas, caminos, fronteras, etc. Aplíquese a cada detalle un símbolo apropiado, y rotúlense con nombres imaginarios, si no se conocen los verdaderos. Después se rotula el título y se dibujan la escala y la clave de signos y símbolos convencionales; por último se pasa de tinta el mapa con tintas de colores: las aguas, de azul; los linderos, líneas límites, rótulos y recuadro, en negro; los caminos y las edificaciones, en rojo; los bosques, selvas, etc., en verde; las praderas en verde; los campos de labor en castaño; los jardines y manzanas de las ciudades, en púrpura. Estos colores se indican sólo como norma; cada cual puede emplear los que prefiera.

EJERCICIO 9. *Sombreado de rayas y plástico.* — De un mapa topográfico se escoge un cuadrado de 10 cm. de lado que comprenda cordilleras o montañas aisladas.

a) Trácese las rayas del sombreado con el método de Lehman, primero con lápiz y después con tinta china.

b) Se toma otra parte del mapa más abrupta aún y se sombrea con un movimiento circular de un lápiz blando; se iguala el sombreado pasando por encima el dedo o un difumino. Se supone que la luz viene del WNW. Así resultará un mapa con sombreado plástico e iluminación oblicua.

EJERCICIO 10. *Problemas sobre curvas de nivel.* — Para estos ejercicios deben tomarse mapas topográficos que comprendan, a ser posible, regiones conocidas del dibujante.

a) Trazar un perfil a lo largo de una línea recta marcada sobre el mapa. Indicar la escala horizontal, la vertical y la exageración vertical.

b) Trazar una carretera desde un punto dado a otro situado en una cima o en un collado, de modo que la pendiente de la carretera sea del 8 por 100. Dibújense dos caminos diferentes que cumplan estas condiciones.

c) Trácese un perfil con desmontes y terraplenes a lo largo de una vía férrea proyectada. ¿A qué altura hay que trazar la línea si la pendiente máxima es de un 1,5 por 100?

d) Márquese la visibilidad desde una altura en un radio de 10 km. alrededor de una dirección dada.

e) Señalar el panorama visible desde un punto en una dirección determinada.

EJERCICIO 11. *Mapas imaginarios.* — Trazar un mapa de una región imaginaria a escala 1:50.000; en este mapa debe figurar una ciudad con 2.000 habitantes, en una región montañosa con picos a más de 500 m. La equidistancia entre curvas de nivel debe ser de 30 m. Representar la red completa de ríos, carreteras, vías férreas y todo el conjunto de mesetas, bancos de arena, puertos, desfiladeros, etc. Empleense signos convencionales y colores.

EJERCICIO 12. *Mapa fisiográfico; formación y rotulación del mapa.*

OBSERVACIÓN: Este mapa es el más importante, como resumen de lo expuesto en el libro primero.

Dibújese un mapa morfológico de un estado o de una región muy extensa en una escala comprendida entre 1:1.000.000 y 1:5.000.000, según la superficie elegida. Las fronteras y las líneas jurisdiccionales se pueden trazar copiándolas de algún buen mapa. El relieve se representa a mano alzada, con un mapa físico a la vista, pero sin copiar punto por punto. Indíquense las ciudades mayores, ríos, lagos, montañas, etc. A los lados del mapa se pueden dibujar ampliaciones, en recuadros apropiados, de algunos lugares interesantes. Los meridianos y los paralelos se indican sólo en los bordes del mapa. El orden del trabajo es el siguiente:

a) Se hace, a lápiz, un bosquejo del mapa que se va a dibujar sobre papel de calcar.

b) Se calca el esquema sobre un papel de dibujo y se dibujan con lápiz y trazos muy finos todos los detalles.

c) Límpiase el mapa con polvos de borrar.

d) Se pasan de tinta china el rotulado y el recuadro.

e) Pasar de tinta azul los ríos, lagos y costas.

f) Se pasa de tinta el relieve con color sepia.

- g) Bórrese con una goma todo lo dibujado con lápiz.  
 h) Se pintan los lagos y el mar con acuarela celeste.  
 i) Corrijanse todos los defectos o errores con pintura blanca.  
 j) Se recorta el mapa, se pega sobre cartulina y se cubre con celofana.

## EJERCICIOS SOBRE EL LIBRO SEGUNDO

EJERCICIO 13. *Itinerario con brújula.* — Se escoge un trozo de terreno despejado, de unos 300 m. de largo, sin vallas de hierro, ni tuberías, ni railes de hierro. El equipo necesario para levantar un itinerario de esta clase consiste en una brújula, una cinta métrica de 20 m., un nivel y un barómetro anerode. También conviene llevar un podómetro.

Se levanta el itinerario del modo indicado en el capítulo XVII, tomando todos los puntos destacados (radiados) que sea posible. Deben contarse los pasos que pueden darse sobre una cinta de 30 metros.

Al volver al gabinete se desarrolla el itinerario, a escala 1:2.000, por ejemplo, y sumando o restando a cada rumbo leído, según sea el caso, la declinación magnética.

Se corta un rectángulo de papel de suficiente tamaño y se toma el punto de arranque del itinerario de tal modo que éste no se salga del papel. Se traza una línea vertical que pase por este punto A con la regla en T, y con un transportador y un doble decímetro se toma el rumbo y la distancia al segundo punto B, y así sucesivamente, hasta cerrar el itinerario sobre el punto A de partida.

Se reparte el error de cierre, se toman los puntos destacados, y se rotula todo a lápiz.

EJERCICIO 14. *Levantamiento con plancheta.* — Se elige un trozo de terreno relativamente llano; el equipo necesario consiste en una plancheta con su trípode, una mira, una alidada de anteojo, un doble decímetro dividido en milímetros, una regla de cálculo para el arco Beaman, unos gemelos, y un cierto número de estacas, o una hacheta para cortarlas en el campo.

Hay que poner mucho cuidado en la elección de escala y en la situación del punto de partida, para que el plano que se levanta no se salga del papel.

Se hace el levantamiento siguiendo las instrucciones dadas en el capítulo XVII.

EJERCICIO 15. En un mapa con paralelos y meridianos, interpolar éstos a la mitad de los intervalos; por ejemplo, si los meridianos, y paralelos del mapa van de grado en grado, intercalar otros que vayan de 30 en 30 minutos. Si las longitudes en el mapa están expresadas en grados, dibujar los meridianos de modo que las longitudes resulten expresadas en minutos. Por

ejemplo, partir del meridiano inicial, tomar las longitudes en tiempo en vez de hacerlo en ángulos o arcos, teniendo en cuenta la equivalencia entre una y otra clase de unidades (24 líneas corresponden a 360°).

EJERCICIO 16. Representar gráficamente los siguientes datos imaginarios sobre importaciones, por subdivisión de un rectángulo. Rotúlense convenientemente el local y cada una de las partidas.

<i>Productos importados</i>	<i>Millones de pesetas</i>
Azúcar . . . . .	20
Alcohol . . . . .	10
Tabaco en hojas . . . . .	5
Tabaco elaborado . . . . .	6
Manganeso . . . . .	5
Cromo . . . . .	7
Níquel . . . . .	6
Carne . . . . .	18
Trigo. . . . .	45
Automóviles . . . . .	230
Varios . . . . .	60
Total . . . . .	412

EJERCICIO 17. — Representar gráficamente los siguientes datos en un diagrama lineal continuo.

Población estudiantil en sus diversos grados.

<i>Grado de enseñanza</i>	<i>Núm. de escolares en millares</i>
Enseñanza primaria . . . . .	2.000
Bachillerato . . . . .	50
Carreras especiales . . . . .	15
Carreras universitarias . . . . .	30
Academias preparatorias. . . . .	40
Enseñanza privada . . . . .	35
Total . . . . .	2.170

EJERCICIO 18. — Hágase un mapa isométrico coroplético de la población de Andalucía según los datos siguientes:

<i>Provincia</i>	<i>Habitantes</i>	<i>Superficies en km<sup>2</sup></i>
Almería . . . . .	356.330	8.774
Cádiz . . . . .	700.840	7.323
Córdoba . . . . .	780.920	13.727
Granada . . . . .	779.714	12.531
Huelva . . . . .	367.617	10.118
Jaén . . . . .	763.985	13.492
Málaga . . . . .	750.322	7.285
Sevilla . . . . .	1.100.478	14.061

EJERCICIO 19. — Dibujar un mapa estadístico con la distribución de Institutos y Universidades en España, según el número de estudiantes. Emplear signos distintos para los centros masculinos y femeninos.

EJERCICIO 20. *Mapa económico.* — Prepárese un mapa de un país pequeño o de una región determinada, con los aprovechamientos (pastos, cereales, madera, etc.), en colores y con las principales vías de comunicaciones y ciudades. No es preciso representar el relieve, y los ríos únicamente en el caso de que se utilicen para la navegación o como fuerza motriz. Las ciudades se dibujan en gráficos de pilas de bloques.

El mapa se rodea de diagramas y cartogramas con gráficas de barras, lineales, de discos, pequeños mapas pluviométricos, diagramas sobre tráfico fluvial y terrestre, y cualquier otro elemento del que se dispongan datos suficientes. En estos mapas se emplean los colores a gusto del dibujante.

EJERCICIO 21. *Mapa en relieve.* — Prepárese un relieve topográfico de una región de poca superficie, a ser posible, bien conocida. Se amplía al doble el mapa topográfico de que se disponga; la escala vertical se exagera dos veces, y se preparan cartones del espesor correspondiente. Se pega un papel carbón en el reverso del mapa, y se efectúan las siguientes operaciones:

- Se copia cada curva de nivel en un cartón diferente, indicando en éste la posición de la curva siguiente.
- Se corta cada uno de los cartones por la curva de nivel dibujada sobre el mismo.
- Se hace un modelo o relieve positivo, pegando y cosiendo los cartones unos sobre otros.
- Se cubren los cartones con plastilina, pero procurando que no se acumule en los valles. Los ríos, los caminos, las rocas, etc., se señalan y perfilan con alguna herramienta a propósito.
- Se dispone un marco alrededor del modelo y se obtiene un negativo. Se coloca este negativo en el marco, y se barniza con laca, engrasándolo después.

f) Se hace un vaciado para obtener un relieve positivo.

g) Se pinta este relieve con colores de acuarela, se agregan los rótulos, y se dibujan los cortes geológicos en los lados del modelo.

EJERCICIO 22. *Diagrama de Dufour.* — Se elige una superficie de 10 a 20 kilómetros cuadrados en un mapa topográfico, y se amplía dos veces fotográficamente.

a) Se prepara un pantógrafo Dufour, si no se dispone de uno en condiciones. La varilla debe ser, si es posible, de 2 a 3 mm. de grosor y de unos 2 m. de longitud. La ranura-guía se hace con dos trozos de cartón sujetos paralelamente entre sí. (En vez de una ranura puede utilizarse el borde del tablero, y la varilla se puede mantener adaptada a este borde mediante una tira de caucho bien larga.)

b) Trácese las curvas de nivel sucesivas, como se dijo en el capítulo xxxi.

c) Dibújense los perfiles en los cuatro lados, uniendo los extremos de las curvas de nivel. Se dibujan los lados del bloque.

d) Se dibuja el sombreado con rayas, los signos de cultivos, y se hace el rotulado; se representan los cortes geológicos en los costados del bloque.

e) Se pasa de tinta el mapa con los colores de la hoja original, pero dibujando en sepia las curvas de nivel.

EJERCICIO 23. *Estudio de pendientes.* — Sobre un mapa topográfico se toma una superficie de unos 10 kilómetros cuadrados. Con un planímetro, se mide muy fácilmente esta superficie; si no se dispone de ninguno, se emplea un papel transparente dividido en cuadrados de 2,5 mm. de lado.

- Trazar una *curva hipsográfica* de la región.
- Trazar una *hipsografoide*.
- Por el método de Wentworth, dar un *índice numérico* a cada kilómetro cuadrado.

d) Dibujar una curva general de pendiente.

e) Trazar una curva de tanto por ciento de llanuras, considerando como llano un terreno cuya pendiente sea menor de 40 m. por kilómetro.

f) Se divide la superficie considerada en 5 cuadrados, y se hace un mapa en relieve relativo a escala reducida.

EJERCICIO 24. *Mapas de aprovechamientos.*

a) Se toma un mapa catastral de una zona conocida, donde haya varios tipos de cultivos. Se hace una copia de este gran mapa, ampliándolo o reduciéndolo según convenga. Si no se dispone de ningún plano catastral, puede servir una fotografía aérea ampliada.

b) Prepárese una clave adecuada a los diferentes cultivos.

c) Se levanta en el campo la zona elegida y se pone una letra en cada unidad de terreno, llamando así a todo espacio en que sea la misma la pendiente, la denudación y el cultivo. La pendiente puede variar tanto, que las

unidades sean demasiado pequeñas; en este caso las pendientes que difieran poco entre sí pueden incluirse en la misma unidad, e indicarse en varios sitios. Se marca con flechas la dirección de las pendientes.

d) Con signos adecuados se indican en el mapa los vallados, las rocas, los pantanos y todos los detalles que no figuren en el mapa original.

e) Se copia el mapa de campo, a lápiz, en un papel de dibujo.

f) Se pasan de tinta china los linderos de las parcelas, las casas, los caminos, las vías férreas y el rotulado.

g) Se indican, mediante colores y signos, los diferentes cultivos.

h) Con tinta roja se escriben las letras que indican las clases de pendientes, de terreno y de erosión.

i) Las aguas (ríos, lagos, estanques, etc.) se pintan en azul.

j) Se termina el mapa escribiendo el título, la escala, la clave de signos convencionales, el recuadro u orla y las notas que se crean convenientes.

**EJERCICIO 25. Mapas de clases de terreno.** — Se toma una cierta parte de un mapa, a ser posible, la misma elegida para el mapa económico, y se representa en la misma el relieve (mediante signos convencionales, morfológicos o tracográficos), la vegetación (con colores o signos), las ciudades (en bloques rojos), y los transportes, los cultivos (a cuadritos amarillos y verdes).

Este mapa es el último de esta serie de ejercicios y comprende todo lo expuesto sobre composición, rotulado, colorido, etc. Se prepara el mapa así obtenido para su reproducción en tetracromía.

TABLA 1. — CUADRADOS, RAÍCES CUADRADAS Y RAÍCES CÚBICAS DE LOS NÚMEROS 1 AL 100

N.º	Cuadrado	Cubo	Raíz cuadrada	Raíz cúbica	N.º	Cuadrado	Cubo	Raíz cuadrada	Raíz cúbica
1	1	1	1	1	51	2.601	132.651	7,141	3,708
2	4	8	1,414	1,259	52	2.704	140.608	7,211	3,732
3	9	27	1,732	1,442	53	2.809	148.877	7,280	3,756
4	16	64	2,000	1,587	54	2.916	157.464	7,348	3,779
5	25	125	2,236	1,710	55	3.025	166.375	7,416	3,803
6	36	216	2,449	1,817	56	3.136	175.616	7,483	3,825
7	49	343	2,645	1,913	57	3.249	185.193	7,549	3,848
8	64	512	2,828	2,000	58	3.364	195.112	7,615	3,870
9	81	729	3,000	2,080	59	3.481	205.379	7,681	3,893
10	100	1.000	3,162	2,154	60	3.600	216.000	7,746	3,914
11	121	1.331	3,316	2,224	61	3.721	226.981	7,810	3,936
12	144	1.728	3,464	2,289	62	3.844	238.328	7,874	3,957
13	169	2.197	3,605	2,351	63	3.969	250.047	7,937	3,979
14	196	2.744	3,741	2,410	64	4.096	262.144	8,000	4,000
15	225	3.375	3,873	2,466	65	4.225	274.625	8,062	4,020
16	256	4.096	4,000	2,519	66	4.356	287.496	8,124	4,041
17	289	4.913	4,123	2,571	67	4.489	300.763	8,185	4,061
18	324	5.832	4,242	2,620	68	4.624	314.432	8,246	4,081
19	361	6.859	4,358	2,668	69	4.761	328.509	8,306	4,101
20	400	8.000	4,472	2,714	70	4.900	343.000	8,366	4,121
21	441	9.261	4,582	2,758	71	5.041	357.911	8,426	4,140
22	484	10.648	4,690	2,802	72	5.184	373.248	8,485	4,160
23	529	12.167	4,795	2,843	73	5.329	389.017	8,544	4,179
24	576	13.824	4,899	2,884	74	5.476	405.224	8,602	4,198
25	624	15.625	5,000	2,924	75	5.625	421.875	8,660	4,217
26	676	17.576	5,099	2,962	76	5.776	438.976	8,717	4,235
27	729	19.683	5,196	3,000	77	5.929	456.533	8,775	4,254
28	784	21.952	5,291	3,036	78	6.084	474.552	8,831	4,272
29	841	24.389	5,385	3,072	79	6.241	493.039	8,888	4,290
30	900	27.000	5,477	3,107	80	6.400	512.000	8,944	4,308
31	961	29.791	5,567	3,141	81	6.561	631.441	9,000	4,326
32	1.024	32.768	5,656	3,174	82	6.724	551.368	9,055	4,344
33	1.089	35.937	5,744	3,207	83	6.889	571.787	9,110	4,362
34	1.156	39.304	5,831	3,239	84	7.056	592.704	9,165	4,379
35	1.225	42.875	5,916	3,271	85	7.225	614.125	9,219	4,396
36	1.296	46.656	6,000	3,301	86	7.396	636.056	9,273	4,414
37	1.369	50.653	6,082	3,332	87	7.569	658.503	9,327	4,431
38	1.444	54.872	6,164	3,362	88	7.744	681.472	9,380	4,448
39	1.521	59.319	6,245	3,391	89	7.921	704.969	9,434	4,464
40	1.600	64.000	6,324	3,420	90	8.100	729.000	9,486	4,481
41	1.681	68.921	6,403	3,448	91	8.281	753.571	9,539	4,497
42	1.764	74.088	6,480	3,476	92	8.464	778.688	9,591	4,514
43	1.849	79.507	6,557	3,503	93	8.649	804.357	9,643	4,530
44	1.936	85.184	6,633	3,530	94	8.836	830.584	9,695	4,546
45	2.025	91.125	6,708	3,556	95	9.025	857.375	9,746	4,562
46	2.116	97.336	6,782	3,583	96	9.216	884.736	9,798	4,578
47	2.209	103.823	6,855	3,608	97	9.409	912.673	9,848	4,594
48	2.304	110.592	6,928	3,634	98	9.604	941.192	9,899	4,610
49	2.401	117.649	7,000	3,659	99	9.801	970.299	9,949	4,626
50	2.500	125.000	7,071	3,684	100	10.000	1.000.000	10,000	4,641

TABLA 2. — SENOS, COSEÑOS, TANGENTES Y COTANGENTES NATURALES

°	seno	d	tg.	d	cotg.	d	coseno	d
0	0 0000	+	0 0000	+	∞	1 0000	2	90
1	0 0175	175	0 0175	175	57 290	0 9998	2	89
2	0 0349	174	0 0349	174	28 636	0 9994	4	88
3	0 0523	174	0 0524	175	19 081	0 9986	8	87
4	0 0698	175	0 0699	175	14 301	0 9976	10	86
5	0 0872	174	0 0875	176	11 430	0 9962	14	85
6	0 1045	173	0 1051	176	9 514	0 9945	17	84
7	0 1219	174	0 1228	177	8 144	0 9925	20	83
8	0 1392	175	0 1405	177	7 115	0 9903	22	82
9	0 1564	172	0 1584	179	6 314	0 9877	26	81
10	0 1736	172	0 1763	181	5 671	0 9848	29	80
11	0 1908	171	0 1944	182	5 145	0 9816	32	79
12	0 2079	171	0 2126	182	4 705	0 9781	35	78
13	0 2250	170	0 2309	183	4 331	0 9744	37	77
14	0 2419	169	0 2493	184	4 011	0 9703	41	76
15	0 2588	169	0 2679	186	3 732	0 9659	44	75
16	0 2756	168	0 2867	188	3 487	0 9613	46	74
17	0 2924	168	0 3057	190	3 271	0 9563	48	73
18	0 3090	167	0 3249	192	3 078	0 9511	52	72
19	0 3256	166	0 3443	194	2 904	0 9455	56	71
20	0 3420	164	0 3640	199	2 747	0 9397	61	70
21	0 3584	164	0 3839	202	2 605	0 9336	64	69
22	0 3746	163	0 4040	205	2 475	0 9272	67	68
23	0 3907	162	0 4245	207	2 356	0 9205	70	67
24	0 4067	160	0 4452	211	2 246	0 9135	72	66
25	0 4226	159	0 4663	218	2 145	0 9063	75	65
26	0 4384	158	0 4877	218	2 050	0 8988	78	64
27	0 4540	156	0 5095	218	1 963	0 8910	81	63
28	0 4695	155	0 5317	222	1 881	0 8829	83	62
29	0 4848	153	0 5543	226	1 804	0 8746	85	61
30	0 5000	152	0 5774	231	1 732	0 8660	88	60
31	0 5150	150	0 6009	235	1 664	0 8572	92	59
32	0 5299	149	0 6249	240	1 600	0 8480	95	58
33	0 5446	147	0 6494	245	1 540	0 8387	98	57
34	0 5592	146	0 6745	251	1 483	0 8290	101	56
35	0 5736	144	0 7002	257	1 428	0 8192	104	55
36	0 5878	142	0 7265	263	1 376	0 8090	107	54
37	0 6018	140	0 7536	271	1 327	0 7986	110	53
38	0 6157	139	0 7813	277	1 280	0 7880	113	52
39	0 6293	136	0 8098	285	1 235	0 7771	116	51
40	0 6428	135	0 8391	293	1 192	0 7660	119	50
41	0 6561	133	0 8693	302	1 150	0 7547	122	49
42	0 6691	130	0 9004	311	1 111	0 7431	125	48
43	0 6820	129	0 9325	321	1 072	0 7314	128	47
44	0 6947	127	0 9657	332	1 036	0 7193	131	46
45	0 7071	124	1 0000	343	1 000	0 7071	134	45
°	coseno	d	cotg.	d	tg.	d	seno	d

Esta tabla puede emplearse para hallar la verdadera longitud de los grados de longitud, y para la construcción de proyecciones en general. Las funciones de la fila superior se refieren a los ángulos de la derecha, por ejemplo: sen  $a = \cos. (90 - a)$ ; sen.  $60^\circ = \cos. 30^\circ = 0,8660$  y, análogamente, tg.  $60^\circ = \cotg. 30^\circ = 1,732$ . Si el ángulo está dado en grados y minutos, se hace uso de la diferencia tabular del modo ordinario. En mapas muy precisos, a gran escala, hay que emplear una tabla de logaritmos.

TABLA 3. — CONVERSIÓN DE GRADOS, MINUTOS Y SEGUNDOS EN RADIANES

**CONVERSIÓN DE LOS GRADOS EN RADIANES**

Grados	Radianes	Grados	Radianes	Grados	Radianes
1	0,017 4533	31	0,541 0521	61	1,064 6508
2	0,034 9066	32	0,558 5054	62	1,082 1041
3	0,052 3599	33	0,575 9587	63	1,099 5574
4	0,069 8132	34	0,593 4119	64	1,117 0107
5	0,087 2665	35	0,610 8652	65	1,134 4640
6	0,104 7198	36	0,628 3185	66	1,151 9173
7	0,122 1730	37	0,645 7718	67	1,169 3706
8	0,139 6263	38	0,663 2251	68	1,186 8239
9	0,157 0796	39	0,680 6784	69	1,204 2772
10	0,174 5329	40	0,698 1317	70	1,221 7305
11	0,191 9862	41	0,715 5850	71	1,239 1838
12	0,209 4395	42	0,733 0383	72	1,256 6371
13	0,226 8928	43	0,750 4916	73	1,274 0904
14	0,244 3461	44	0,767 9449	74	1,291 5437
15	0,261 7994	45	0,785 3982	75	1,308 9969
16	0,279 2527	46	0,802 8515	76	1,326 4502
17	0,296 7060	47	0,820 3047	77	1,343 9035
18	0,314 1593	48	0,837 7580	78	1,361 3568
19	0,331 6126	49	0,855 2113	79	1,378 8101
20	0,349 0659	50	0,872 6646	80	1,396 2634
21	0,366 5191	51	0,890 1179	81	1,413 7167
22	0,383 9724	52	0,907 5712	82	1,431 1700
23	0,401 4257	53	0,925 0245	83	1,448 6233
24	0,418 8790	54	0,942 4778	84	1,466 0766
25	0,436 3323	55	0,959 9311	85	1,483 5299
26	0,453 7856	56	0,977 3844	86	1,500 9832
27	0,471 2389	57	0,994 8377	87	1,518 4364
28	0,488 6922	58	1,012 2910	88	1,535 8897
29	0,506 1455	59	1,029 7443	89	1,553 3430
30	0,523 5988	60	1,047 1976	90	1,570 7963

**CONVERSIÓN DE LOS MINUTOS Y SEGUNDOS EN RADIANES**

Minutos	Radianes	Minutos	Radianes	Segundos	Radianes	Segundos	Radianes
0,00	0,0	0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	0,02909	31	0,90175	1	0,048	31	1,503
2	0,05818	32	0,93084	2	0,097	32	1,551
3	0,08727	33	0,95993	3	0,145	33	1,600
4	0,11636	34	0,98902	4	0,194	34	1,648
5	0,14544	35	1,01811	5	0,242	35	1,697
6	0,17453	36	1,04720	6	0,291	36	1,745
7	0,20362	37	1,07629	7	0,339	37	1,794
8	0,23271	38	1,10538	8	0,388	38	1,842
9	0,26180	39	1,13446	9	0,436	39	1,891
10	0,29089	40	1,16355	10	0,485	40	1,939
11	0,31998	41	1,19264	11	0,533	41	1,988
12	0,34907	42	1,22173	12	0,582	42	2,036
13	0,37815	43	1,25082	13	0,630	43	2,085
14	0,40724	44	1,27991	14	0,679	44	2,133
15	0,43633	45	1,30900	15	0,727	45	2,182
16	0,46542	46	1,33809	16	0,776	46	2,230
17	0,49451	47	1,36717	17	0,824	47	2,279
18	0,52360	48	1,39626	18	0,873	48	2,327
19	0,55269	49	1,42535	19	0,921	49	2,376
20	0,58178	50	1,45444	20	0,970	50	2,424
21	0,61087	51	1,48353	21	1,018	51	2,473
22	0,63995	52	1,51262	22	1,067	52	2,521
23	0,66904	53	1,54171	23	1,115	53	2,570
24	0,69813	54	1,57080	24	1,164	54	2,618
25	0,72722	55	1,59989	25	1,212	55	2,666
26	0,75631	56	1,62897	26	1,261	56	2,715
27	0,78540	57	1,65806	27	1,309	57	2,763
28	0,81449	58	1,68715	28	1,357	58	2,812
29	0,84358	59	1,71624	29	1,406	59	2,860
30	0,87266	60	1,74533	30	1,454	60	2,909

TABLA 4. — EXPRESIONES DE UN MISMO GRADIENTE

Angulo	Metros de desnivel por 100 m. de distancia horizontal o en tanto por 100		Metros por kilómetro horizontal		1 m. de desnivel por cada
	Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical	
1/4	0,44	4,4	4,4	227	
1/2	0,87	8,7	8,7	115	
3/4	1,31	13,1	13,1	76	
1	1,74	17,4	17,4	57	
1 1/4	2,18	21,8	21,8	46	
1 1/2	2,62	26,2	26,2	38	
1 3/4	3,06	30,6	30,6	33	
2	3,49	34,9	34,9	29	
2 1/2	4,37	43,7	43,7	23	
3	5,24	52,4	52,4	19	
3 1/2	6,12	61,2	61,2	16	
4	6,99	69,9	69,9	14	
4 1/4	7,37	73,7	73,7	13	
5	8,75	87,5	87,5	11,4	
6	10,71	107,1	107,1	9,5	
7	12,28	122,8	122,8	9,5	
8	14,05	—	—	7,1	
9	15,84	—	—	6,3	
10	17,63	—	—	5,7	
15	—	—	—	3,7	
20	—	—	—	2,7	
25	—	—	—	2,1	
30	—	—	—	1,7	

TABLA 5. — ESCALAS MÁS USUALES

1 por	Kilómetros por cm.	1 por	Kilómetros por cm.
1.000.000	10.000	25.000	250
500.000	5.000	10.000	100
400.000	4.000	5.000	50
200.000	2.000	2.000	20
100.000	1.000	1.000	10
50.000	500	500	5

TABLA 6. — MERIDIANOS INICIALES REFERIDOS AL DE GREENWICH COMO ORIGEN

Ciudad	Longitud respecto a Greenwich	Mapa de
Atenas	23° 42' 58,5"	E. Grecia
Batavia	106° 48' 38"	E. Java
Bucarest	26° 06'	E. Rumania
Copenhague	12° 34' 40,35"	E. Dinamarca
Helsinki	24° 57' 16,5"	E. Finlandia
Hierro (Isla)	17° 40'	O. España
Leningrado	30° 17' 15"	E. Rusia
Lisboa	9° 07' 54,86"	O. Portugal
Madrid	3° 41' 14,55"	O. España
Oslo	10° 43' 22,5"	E. Noruega
Padang	100° 22'	E. Sumatra
París	2° 20'	E. Francia
"	2° 20' 14"	Yugoslavia
"	2° 20' 13"	Polonia
Pulkow	30° 19' 38,49"	E. Rusia
Roma	12° 27' 7,06"	E. Italia
Sofía	23° 19' 39"	E. Bulgaria

## BIBLIOGRAFÍA

### DE TEXTOS FACILMENTE OBTENIBLES (1)

#### CARTOGRAFÍA GENERAL

- ALEXANDER, W., y W. J. D. ALLAN: "The Observer's Handbook on Maps, Charts and Projections", George Allen & Unwin, Ltd., Londres, 1941.  
Key to a Better Understanding of Maps, American Map and Geographic Research Service, Washington, 1945.
- BAUER, HUBERT A.: "Globes, Maps and Skyways", Air Age Education Series, The Macmillan Company, Nueva York, 1943.
- BIRDSEYE, C. H.: Topographic Instructions of the *U. S. Geol. Survey Bull.* 788, Washington, 1928.
- BEAMAN, W. M.: Topographic Mapping, U. S. Department of the Interior, *U. S. Geol. Survey Bull.* 788-E, Washington, 1928.
- CAMERON, J. W.: "Maps and Map-work", George G. Harrap & Co., Ltd., Londres, 1932.
- Consolidated Vultee Aircraft Corporation, "Maps... and How to Understand Them", 2.<sup>a</sup> ed. rev., Nueva York, 1943.
- D'AGAPAYEFF, A., y E. C. R. HADFIELD: "Maps", Oxford University Press, Nueva York, año 1943.
- DEBENHAM, F.: "Exercises in Cartography", Blackie & Son, Ltd., Glasgow, 1937.  
— "Map Making", M. S. Mill Co., Nueva York, 1936. 239 pp.
- DEETZ, C. H.: "Cartography", *U. S. Coast and Geodetic Survey Spec. Publ.* 205, Washington, 1936.
- ECKERT-GREIFENDORFF, M.: "Kartenkunde", Walter De Gruyter & Company, Berlín, 1936.
- ECKERT, M.: "Die Kartenwissenschaft", 2 vols., Walter De Gruyter & Company, Berlín, 1921 y 1925.
- ECKERT, MAX: "Geographische Praktikum", H. Wagner & E. Debes, Leipzig, 1931.
- Encyclopedia Americana: Cartogram, Cartography, Chart, Diagram, Map, 1946.
- FINCH, J. K.: "Topographic Maps and Sketch Mapping", John Wiley & Sons, Inc., Nueva York, 1920.
- GREENHOOD, DAVID: "Down to Earth", Holiday House, Inc., Nueva York, 1944, 262 pp.
- GROLL, M., y O. GRAFS "Kartenkunde", 2 vols., Walter De Gruyter & Company, Berlín, 1931.
- HAWLEY, J. H.: Hydrographic Manual, *U. S. Coast and Geodetic Survey Spec. Pub.* 143, Washington.
- HINKS, A. R.: "Maps and Survey", 3.<sup>a</sup> ed., Cambridge University Press, Londres, 1933.

(1) Los artículos cortos sobre temas especiales se hallan indicados como notas al pie de página tan sólo, y no se repiten en esta bibliografía.

- LLOYD, MALCOM: "A Practical Treatise on Mapping and Lettering", The Blakiston Company, Filadelfia, 1930.
- National Resources Committee, "Suggested Symbols for Plans, Maps, and Charts", Washington, 1937.
- Permanent Committee on Geographical Names, *Lists of Names*, Royal Geog. Soc., Londres.
- RIDGWAY, J. L.: The Preparation of Illustrations for Reports of the United States Geological Survey, *U. S. Geol. Survey Bull.*, Washington, 1920. — "Scientific Illustration", Stanford University Press, Stanford University, Palo Alto, California, 1938.
- ROBERTS, L. B.: "Topographic Mapping", The Society of American Military Engineers, Washington, 1924.
- SAUNDERS, H. R., y H. C. IVES: "Map Drafting and Lettering", Benson Book Co.
- SLOANE, R. C., y J. M. MONTZ: "Elements of Topographic Drawing", McGraw-Hill Book Company, Inc., Nueva York, 1943 251 pp.
- Union Géographique Internationale. Los informes de los diferentes Congresos Geográficos Internacionales contienen muchísimo material sobre cartografía.
- U. S. Department of Agriculture, Forest Service, "Forest Service Map Standards", Government Printing Office, Washington, 1936.
- U. S. Navy Department, Bureau of Aeronautics, "Air Navigation, Part I, Introduction to Earth", U. S. Navy Flight Preparation Training Series, McGraw-Hill Book Company, Inc., Nueva York, 1943.
- U. S. War Department, Topographic Drafting, *Tech. Man.* 230, Government Printing Office, Washington, 1940.
- U. S. War Department, Topography and Surveying Map. Reproduction in the Field, *Tech. Man.* 5-245, Government Printing Office, Washington, 1942.
- WINTERBOTHAM, H. S. L.: "A Key to Maps", Blackie & Son, Ltd., Glasgow, 1936.

## HISTORIA DE LOS MAPAS

- CONOVER, M.: "The General Land Office, Its History, Activities and Organization", Johns Hopkins Press, Baltimore, 1923.
- COTTLER, J., y H. JAFFE: "Map Makers", Little, Brown & Company, Boston, 1938.
- CURNOW, I. J.: "The World Mapped", sifton Pread and Company, Ltd., Londres 1930.
- DICKINSON, R. E., y O. J. R. HOWARTH: "The Making of Geography", Oxford University Press, Nueva York, 1933.
- EMMONS, G.: Technique of Drawing Isobars on Weather Maps (on back of Chart No. 3500), U. S. Navy Department, Hydrographic Office, Washington.
- FITE, E. D., y A. FREEMAN: "A Book of Old Maps" Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1926.
- FORDHAM, H. G.: "Maps, Their History, Characteristics and Uses", Cambridge University Press, Londres, 1927.
- "Some Notable Surveyors and Mapmakers of the Sixteenth, Seventeenth and Eighteenth Centuries and Their Work", Cambridge University Press, Londres, 1929.
- HEIDEL, W. A.: "The Frame of the Ancient Greek Maps", American Geographical Society, Nueva York, 1937.
- HUMPHREYS, A. L.: "Old Decorative Maps and Charts", Minton, Balch & Co., Nueva York, 1926.
- KARPINSKI, L. C.: "Bibliography of the Printed Maps of Michigan", Michigan Historical Commission, Lansing, Mich., 1931.
- LYNAM, E.: "British Maps and Map Makers", William Collins Sons & Co., Ltd., Nueva York, 1944, 48 pp.

- MACFADDEN, CLIFFORD H.: "A Bibliography of Pacific Area Maps", American Council, Institute of Pacific Relations, San Francisco, Nueva York, Honolulu, 1941.
- MCNEILL, JOHN M.: Historical Maps and Charts, *Sci Monthly*, mayo 1940, pp. 435-446.
- MILLER, KONRAD: "Mappae-mundi, Die Altesten Weltkarten", 6 vols., J. Roth, Stuttgart, 1898.
- NORDENSKIÖLD, A. E.: "Facsimile Atlas to the Early History of Cartography", Estocolmo, 1889. — "Periplus: An Essay on the Early History of Charts and Sailing Directions", P. A. Norstedt, Estocolmo, 1897.
- PAULLIN, C. O., y J. WRIGHTS "Atlas of the Historical Geography of the United States", Carnegie Institution, Washington, y American Geographical Society, 1932.
- PHILLIPS, P. L.: "A List of Geographical Atlases in the Library of Congress with Bibliographical Notes", 4 vols., Government Printing Office, Washington, 1909-1920.
- STEVENSON, E. L.: "Portolan Charts", Hispanic Society of America, Nueva York, 1911.
- "Terrestrial and Celestial Globes", 2 vols. The Hispanic Society of America, Nueva York, 1921.
- WAGNER, H. R.: "The Cartography of the Northwest Coast of America to the Year 1800", 2 vols., University of California Press, Berkeley, Calif., 1937.
- WIEDER, F. C.: "Monumenta Cartographica. — Reproduction of Unique and Rare Maps, Plans and Views in the Actual Size of the Originals", 5 vols., M. Nijhoff, La Haya, 1925-1933.
- WINSOR, JUSTIN: "Narrative and Critical History of America", 8 vols., Houghton Mifflin Company, Boston, 1884-1889.

## PROYECCIONES DE MAPAS

- ADAMS, O. S.: "Plane-coordinate Systems", *U. S. Coast and Geodetic Survey*, No. 562, U. S. Department of Commerce, 1936.
- BIRDSEYE, C. H.: Formulas and Tables for the Construction of Polyconic Projections, *U. S. Geol. Survey Bull.* 809, 1929.
- BOWIE, W., y O. S. ADAMS: Grid System for Progressive Maps in the United States, *U. S. Coats and Geodetic Survey Spec. Pub.* 59, No. 112, U. S. Department of Commerce, 1919.
- DEETZ, CHARLES H.: The Lambert Conformal Projection, *U. S. Coast and Geodetic Survey Spec. Pub.* 47, Washington, 1918.
- y O. S. ADAMS: Elements of Map Projection..., *U. S. Coast and Geodetic Survey Spec. Pub.* 68, 4.ª ed., Washington, 1934.
- DRIENCOURT y LABORDE: "Traité des projections des cartes géographiques", Paris, 1932.
- FISHER, IRVING, y O. M. MILLER: "World Maps and Globes", Essential Books, Nueva York, 1944.
- FLEXNER, W. W., y G. L. WALKER: "Military and Naval Maps and Grids", The Dryden Press, Inc., Nueva York, 1942.
- HINKLEY, A.: "Map Projections by Practical Construction", George Philip & Son, Ltd., The London Geographical Inst., Londres, 1942.
- HINKS, A. R.: "Map Projections", 2.ª ed., Cambridge University Press, Londres, 1921.
- HOEFFMEISTER, H. A.: "Construction of Map Projections", McKnight & McKnight, Blomington, Ill., 1946.
- MAINWARING, J.: "An Introduction to the Study of Map Projections", Macmillan & Co., Ltd., Londres, 1942.
- SCHEFFERS, G.: "Wie findet und zeichnet man Gradnetze von Land- und Sternkarten?", B. G. Teubner, Leipzig, 1934.

- STEER, J. A.: "An Introduction to the Study of Map Projections", University of London Press, Ltd., Bickley, Kent, 1927.
- U. S. Coats Geodetic Survey, Tables for Polyconic Projection of Maps, *Spec. Pub.* 5, Washington, 1930.

## INTERPRETACIÓN DE MAPAS

- EARDLEY, A. J.: "Aerial Photographs: Their Use and Interpretation", Harper & Brothers, Nueva York, 1942.
- ESSON, Capt. C. C., y G. S. PHILIP: "Map Reading Made Easy", George Philip & Son, Ltd., The London Geographical Inst., Londres, 1941.
- FIELD, R. M., y H. T. STETSON: "Map Reading and Avigation", D. Van Nostrand Company, Inc., Nueva York, 1942.
- HEAVEY, Col. W. F.: "Map and Aerial Photo Reading Simplified", Military Service Publishing Co., Harrisburg, Pa., 1942.
- HOLMES, J. M.: "Practical Map Reading", Angus and Robertson, Ltd., Sydney (Australia), 1942.
- LOBECK, A. K., y W. J. TELLINGTON: "Military Maps and Air Photographs", McGraw-Hill Book Company, Inc., Nueva York, 1944.
- MCLEAN, NORMAN F., y C. OLSON EVERETT: "Manual for Instruction in Military Maps and Aerial Photographs", Harper & Brothers, Nueva York, 1942.
- PEATTIE, RODERICK: "How to Read Military Maps", George W. Stewart, Publisher, Inc., Nueva York, 1942.
- PUTNAM, W. C.: "Map Interpretation with Military Applications", McGraw-Hill Book Company, Inc., Nueva York, 1943.
- U. S. War Department, Advanced Map and Aerial Photograph Reading, *Field Man.* 21-26, Washington.
- U. S. War Department, Elementary Map and Aerial Photograph Reading, *Field Man.* 21-25, Washington.

## TOPOGRAFÍA

- BAGLEY, LT. COL. J. W.: "Aerophotography and Aerial Surveying", McGraw-Hill Book Company, Inc., Nueva York, 1941.
- LYON, T. C.: Practical Air Navigation and the Use of the Aeronautical Charts of the United States Coast and Geodetic Survey, *Spec. Pub.* 197, Government Printing Office, Washington, 1939.
- MCCURDY, P. G.: "Manual of Aerial Photogrammetry", U. S. Navy Department, Hydrographic Office, Washington, 1940.
- SHARP, H. O.: "Geodetic Control Surveys", John Wiley & Sons, Inc., Nueva York, 1943.
- SMITH, H. T. U.: "Aerial Photographs and Their Application", D. Appleton-Century Company, Inc., Nueva York, 1943.
- The United States Coast and Geodetic Survey. — Its Work, *Spec. Pub.* 216, Government Printing Office, Washington, 1941.
- U. S. Department of Commerce, Horizontal Control Data, *U. S. Coast and Geodetic Survey Spec. Pub.* 227, Washington, 1941.
- U. S. Department of the Interior, "Manual of Instruction for Public Land Surveys", Washington, 1930.
- U. S. War Department, Surveying, *Tech. Man.* 5-235, Government Printing Office, Washington, 1940.
- U. S. War Department, Surveying Tables, *Tech. Man.* 5-236, Washington.

## CARTOGRAFÍA ESPECIAL

- BAKER, O. E.: "A Graphic Summary of American Agriculture Based Largely on the Census", U. S. Department of Agriculture, Washington, 1931.
- BRINTON, W. C.: "Graphic Presentation", Brinton Associates, Nueva York, 1939. 512 pp.
- DAVIS, W. M.: "Die erklärende Beschreibung der Landformen", B. G. Teubner, Leipzig, 1912.
- FIORINI, M.: "Erd- und Himmelsgloben, ihre Geschichte und Konstruktion", Bearbeitet von Siegmund Günther, Leipzig, 1895.
- FLEXNER, W. W., y G. L. WALKER: "Military and Naval Maps and Grids", The Dryden Press, Inc., Nueva York, 1942.
- LOBECK, A. K.: "Block Diagrams", John Wiley & Sons, Inc., Nueva York, 1924.
- National Association of Assessing Officers, "Construction and Use of Tax Maps", Chicago, 1937.
- OLSON, E. C., y A. WHITMARSH: "Foreign Maps", Harper & Brothers, Nueva York, 1944.
- RIGGLEMAN, J. R.: "Graphic Methods for Presenting Business Statistics", 2.ª ed., McGraw-Hill Book Company, Inc., Nueva York, 1936.
- The Committee of the Surveying and Mapping Division on City Surveys, American Society of Civil Engineers, Technical Procedure for City Surveys, *Manuals of Engineering Practice* No. 10, 1934.
- THIELE, W.: "Official Map Publications", American Library Association, Chicago, 1938.
- U. S. War Department, Field Service Pocketbook-sketching, *Field Man.* 21-35, Washington.

ÍNDICE ALFABÉTICO

A

Abreviaturas, 171.  
 Aeroprooyector múltiple, 240-241.  
 Aerotopografía, 232/254.  
 Agnese, Bautista, 38.  
 Aguas, 117, 121.  
 Aitoff, proyección equivalente de, 104.  
 Albe, Bacler d', 56.  
 Alejandro Magno, 20.  
 Alma, Mich., 159/162.  
*Allgemeiner Handatlas*, de André, 274.  
 América, 36.  
 — del Sur, 51.  
*American Atlas of Agriculture*, 58.  
*American Geographical Society*, 167.  
 Amerigo Vespuccio, 36.  
 Analemma, 342-343.  
 Análisis de un mapa, 153.  
 Aneroide, 215, 222.  
 Anteojo-alidada, 216-217, 222.  
 Anville, J. B. d', 50.  
 — mapa de, 48.  
 Apiano, Pedro, 38-39.  
 Apoyo terrestre radial, 241.  
 Aristóteles, 19.  
*Army Map Service* (A. M. S.), 57, 283/  
 285, 288/290, 293.  
 Atlas, 271/275.  
 — catalán, 30.  
 — escolares, 274-275.  
 — nacionales, 272.  
*Atlas of Global Geography*, 294.  
*Atlas of Historical Geography of the United States*, 333.  
*Atlas of World Maps*, 274, 293.  
*Atlas Universel de Géographie*, de St.-Martin y Schrader, 274.  
 Autocartógrafos, 240-241.

B

*Babson Institute*, 344, 353.  
 Bagrow, 21.

Balística, 138.  
 Batallones topográficos, 293.  
 Beato, 25.  
 Behaim, Martin, 37, 337.  
 — globo de, 38.  
 Bellin, J. N., 50.  
 Biblioteca de Alejandría, 19.  
 Biblioteca Nacional de París, 30.  
 Blaeu, Willem Janszoon, 48, 219.  
 — Atlas de, 271.  
 Bloques de tacos, 304, 320.  
 — geológicos, 381/390.  
*Bonn Durchmusterung*, 392.  
 Bonne, Rigoberto, 93.  
 Bosquejos en pizarra, 229.  
 Braun, 43.  
 — Atlas de, 43.  
 Britannia, 44.  
 Brújula, 211, 214.  
 — de mano, 210, 213.  
 Buscador de cotas, 240.

C

Cámara Bagley, 244.  
 — clara, 63.  
 — de ampliación, 189.  
 — de objetivo múltiple, 244.  
 Cambio de escala, 62.  
 Canevás militar, 260-261, 285/287.  
 Cano, 51.  
 Cantografía, 142.  
*Carnegie Institution*, 393.  
 Carreteras, 119.  
 Carta de Pisa, 29.  
 Cartas aeronáuticas, 289.  
 — de los indígenas de las islas Marshall, 11.  
 — de navegación, 263/270.  
 — levantamiento, 263/266.  
 — isopóricas, 393.  
 — loran, 265-266, 269, 292.  
 — marinas, 292.  
 — para pilotos, 268.

Cartas portulanas, 29, 263.  
*Carte Générale Bathymétrique des Océans*, 395.  
*Carte géométrique de la France*, 55, 56.  
 Cartografía alemana, 50.  
 — árabe, 28.  
 — de la Segunda Guerra Mundial, 283/  
 295.  
 — en el Renacimiento, 31/46.  
 — española, 51.  
 — francesa, 43.  
 — griega, 21.  
 — histórica, 27, 32, 52.  
 — inglesa, 45, 50.  
 — italiana, 51.  
 — privada, 57.  
 — reforma de la, 47/59.  
 — romana, 23.  
 Cartógrafos holandeses, 42, 164, 175.  
 Cartogramas, 325/336.  
 — árabes, 28.  
 — superficiales, 326-327.  
 Cartulina Ross, 182.  
 Cassini, César, F., 55.  
 — triangulación de Francia por, 55.  
 Cassini, Juan Domingo, 49.  
 Celotipos, 172.  
 Centrogramas, 328/330.  
 Círculo Beaman, 217.  
 — graduado, 188.  
 — máximo, 79.  
*Civitates Orbis Terrarum*, 43.  
 Clavus, 34.  
 Climograma, 308-309.  
*Coast and Geodetic Survey, U. S.*, 57, 92.  
 Colón, Cristóbal, 20, 22, 35, 36.  
 Colores de acuarela, 185.  
 — lisos, 198.  
*Columbus Weltatlas*, 272, 274.  
*Commercial Atlas*, de McNally, 273.  
 Compases de reducción, 188.  
 — de varas, 188.  
 Composición, 175/177.  
 Construcciones, 117.  
 Cordenadas de meridianos y paralelos, 64.  
 Copias en blanco, 203.  
 — en negro, 203.  
 — galvánicas, 194.  
 — ozalid, 203.  
 Coronelli, P. Vicente, 46, 338.  
 Cortes animados, 378.  
 — geológicos, 403.  
 — verticales, 379.  
 Cosa, Juan de la, 35/37.  
 Cosmografía, 38, 39.

Crates, 20, 337.  
 — globo de, 21.  
 Croquis, 143.  
 Croquización, 225/231.  
 Cruz, La, 51.  
 Cuadros sinópticos de cartografía histórica, 18.  
 Cuartillas, 330.  
 Curva de nivel, 129/134, 138-139, 141, 144-145, 152-153, 356.  
 — de pendiente general, 360-361.  
 — de porcentaje de terreno llano, 360.  
 — horizontal, 142.  
 — hipsográfica, 359-360.  
 — media, 301.

D

Decilas, 330.  
 Delisle, Guillermo, 31, 49, 50.  
 Densidad de población, 158, 159.  
*Departamento de Estado de los Estados Unidos*, 293.  
 Diagramas, 296/309.  
 — anulares, 303.  
 — de dos dimensiones, 320.  
 — independientes, 318.  
 — isométricos, 389.  
 — perspectivas, véase *Bloques*.  
 — volumétricos, 307.  
 Dibujo de mapas, 178/204.  
 — de proyecciones, 114.  
 Dirección, 169.  
 Distancias, 208.  
 División del círculo en grados, 14.

E

Eckert, proyección de, 84-85.  
 Ecuación de tiempo, 68.  
 Edrisi, mapa de, 29.  
 Elsford, mapas de, 26, 28.  
 Encaje del mapa, 179.  
*Encyclopaedia Britannica World Atlas*, de Hudson, 278.  
 Entintado, 195.  
 Eratóstenes, 19, 20, 63, 337.  
 Error de cierre, 215.  
 Escala, 60/63, 188.  
 — centímetro por kilómetro, 60.  
 — del croquis, 226.  
 — gráfica, 61-62.  
 — numérica, 60.  
 Escuela francesa, 47.  
 — holandesa, 39, 47.

Escuela inglesa, 44.  
— italiana, 38.  
Esfericidad de la Tierra, 17.  
Esferoides de Clarke, 221.  
Esferoides de Hayford, 221.  
Esquemas econográficos, 307.  
Estereoscopio, 238.  
Estrabón, 24.  
Estudio de las pendientes, 354/361.  
Exageración vertical, 345-346.

## F

Fordham, Jorge, 51.  
Fotografado, 194, 196.  
*Fotografías aéreas*, 58, 59, 405.  
— desde aeroplano, 233.  
— oblicuas, 233.  
— verticales, 233.  
Fotogrametría, véase *Aerotopografía*.  
Fotoplanos, 290.  
Frisius, Gemma, 39-40, 219.

## G

Gall, proyección de, 80.  
Geógrafos árabes, 23.  
— jónicos, 23.  
*Geographia* de Ptolomeo, 21, 23, 28, 31.  
Giles, 50.  
Globos celestes, 344.  
Globos terráqueos, 37, 337/344.  
— construcción, 339/343.  
— en relieve, 343.  
— especiales, 343.  
— políticos, 343.  
*Glossary of Geographical Names*, 293.  
Gomas de borrar, 184.  
Goode, proyección cortada de, 84.  
— proyección homalográfica de, 83.  
Grabado en cera, 201-202.  
Gráficas: de barras, 296-297, 318.  
— cuadradas, 303.  
— circulares, 302, 319.  
— de dos dimensiones, 303.  
— de fajas, 300-301.  
— de tres dimensiones, 303.  
— en estrella, 305.  
— esféricas, 320.  
— lineales, 298-299.  
— logarítmicas, 300.  
— oscilantes, 301-302.  
— pictóricas, 305.  
— radiales, 306.

Gráficas: rectangulares, 303.  
— superficiales, 302.  
— triangulares, 307-308.  
— unitarias, 297-298.  
*Gran Atlas d'Allemagne*, 51.  
*Grand Soviet Atlas*, 58, 273-274.  
Grandes descubrimientos, 35.  
Grecia, 17.  
Greenwich, meridiano de, 68.  
— Observatorio de, 68.

## H

Halley, carta magnética de, 46.  
Harrison, R. E., 48.  
Hayford, 64.  
Hectógrafo, 202.  
Hemisferio, 70.  
— habitado, 71.  
— sólido, 71.  
Hereford, mapas de, 26, 28.  
Herramientas vibratorias, 349.  
Hiparco, 20.  
Hipsografoide, 360.  
Historia de los mapas, 12.  
Hoefnagel, 43.  
Hojas de doble tono, 196.  
— de tono simple, 196.  
— topográficas, 257.  
Hondio, 40-41.  
— rotulación de, 164.  
Huecografado, 202.  
Humboldt, Alejandro von, 58.  
*Hydrographie Française*, 50.

## I

*Ice Atlas of the Northern Hemisphere*, 292, 395.  
Identificación de proyecciones, 111-112.  
Iluminación oblicua, 128.  
— vertical, 128.  
Instituto Babson, véase *Babson Institute*.  
Instituto Geográfico y Catastral de España, 223-224, 262.  
Instituto Geológico y Minero de España, 262, 378.  
Instituto Hidrográfico de la Marina de España, 262.  
Instrumentos de dibujo, 183/192.  
Interpretación de fotografías aéreas, 247/254.  
Interpretación de mapas, 152/163.  
Isarítmicas, véase *Isopletas*.

Isogramas, véase *Isopletas*.  
Isopletas, 312/315, 317-318, 359.  
Isotracónicas, 359.  
Isoyetas, 314-315.  
Itinerario abierto, 213.  
— de brújula, 212, 215.

## J

Jaeger, J. G. A., 51.  
Jaillot, Alejo Huberto, 44.  
Janszoon, familia, 40-41.  
Jerónimo, San, 25.

## K

*Kabinetskarte*, 51.  
Kepler, 31.  
Kitiro, método de, 143-144.

## L

Lafreri, 40.  
— atlas de, 38.  
Lambert, proyección cónica de, 89.  
Lápices, 183.  
Laplace, estaciones, 221.  
Latitud, 67, 221.  
Laussedat, 232.  
Lecturas barométricas, 215.  
— inclinadas, 217.  
Lehmann, 126.  
— sombreado de, 125.  
Levantamientos con plancheta, 217/219.  
— topográficos, 56, 208/224.  
Leyenda, en mapas, 175-176.  
Líneas de nivel iluminadas, 142.  
— límites, 120.  
Litocopias, 203.  
Litografía, 199.  
Lobeck, A. K., 148.  
Longitud, 67-68, 213, 221.  
*Loose Leaf Atlas* de Hammond, 273.  
López de Vargas, Tomás, 56.  
Loran, 266.  
Loxodrómicas, 78-79.

## M

Macrobio, mapa de, 26.  
Magallanes, 37, 64.  
Magno, Oleo, 46.

Mapa Agronómico Nacional, 262.  
Mapa más antiguo, 14.  
Mapas: agrícolas, 369, 404.  
— arqueológicos, 397.  
— artísticos, 404.  
— astronómicos, 391.  
— aztecas, 12-13.  
— babilónicos, 13.  
— botánicos, 396, 398-399.  
— catalogación de, 407-409.  
Mapas climatológicos, 394, 404.  
— con dibujos, 281.  
— conservación de, 406-407.  
— coropléticos, 315-316.  
— cronológicos, 401-402.  
— chinos, 15-16.  
— de aeronavegación, 268/270.  
— de aprovechamientos, 274, 366/369, 404.  
— de comunicaciones, 278.  
— de configuración, 403.  
— de densidad de población, 321/324, 405.  
— de España, 262.  
— de fabricación, 371, 404.  
— de idiomas, 397/400.  
— de llanuras y pendientes, 357.  
— de magnetismo terrestre, 392.  
— de migraciones, 332-333.  
— de minas, 404.  
— de movimientos de mercancías, 372.  
— de navegación astronómica, 269.  
— de objetivos, 290.  
— de pendientes, 355/357.  
— de poblaciones, 277.  
— de productos minerales, 370.  
— de razas, 397/400.  
— de relieves relativos, 358.  
— de religiones, 397/400.  
— de rutas aéreas, 280.  
— de situación, 402-403.  
— de suelo y erosión, 403.  
— de transportes, 404.  
— de turismo, 404.  
— del tiempo, 393.  
— deportivos, 404.  
— dinámicos, 331/336.  
— económicos, 369/373.  
— egipcios, 15.  
— en libros de texto, 276.  
— en periódicos, 294.  
— en relieve, 290, 345/353.  
— especiales, 271-282.  
— esquemáticos, 326.  
— esquimales, 12.  
— estadísticos, 310/324.  
— geográficos, 402.

Mapas geológicos, 376/381, 403.  
 — grabados, 35.  
 — históricos, 401.  
 — indios, 12.  
 — integrales, 375.  
 — internacionales, 56, 259.  
 — isofédicos, 335.  
 — isocrónicos, 333-334.  
 — isotáquicos, 335-336.  
 — manuscritos, 11/30.  
 — morfográficos, 145, 148-149.  
 — morfológicos, 373, 381.  
 — murales, 275-276.  
 Mapas nacionales, 255/262.  
 — —paleográficos, 380.  
 — paleológicos, 379.  
 — panorámicos 373.  
 — pilotos, 269.  
 — plegado de, 409-410.  
 — políticos, 403.  
 — por radar, 291.  
 — portulanos, 30, 176, 213.  
 — punteados, 316-317.  
 — simbólicos, 321.  
 — sismológicos, 395.  
 — sobre encerados, 230.  
 — sociológicos, 404.  
 — topográficos, 256.  
 — tracográficos, 151, 359.  
 Marco Polo, 30.  
 Marino de Tiro, 14, 263.  
 Materiales, 181/183.  
 Medición con teodolito, 220.  
 — de bases, 220.  
 — de distancias sobre mapas, 115.  
 — de la Tierra, 19-20.  
 — de longitud, 49.  
 — de los egipcios, 14.  
 Medios tonos, 196.  
 Mercator, Gerardo, 31, 40, 163.  
 — proyección de, 76/80, 395.  
 — retícula de, 288.  
 Meridianos, 63, 65/71, 176.  
 Mesa de tapa transparente, 191.  
 Método cantográfico, 143.  
 — de la cuadrícula, 63.  
 — de las cotas, 351.  
 — estadimétrico, 209.  
 — radioacústico, 265.  
 — tracográfico, 149.  
 — trigonométrico, 245-246.  
 Milla náutica, 69.  
 Mimeógrafo, 203.  
 Moll, Germán, 50.  
 Mollweide, proyección y tabla de, 82-83.  
 Morse, Sydney, Edwards, 201.  
 Mosaicos fotográficos, 243.

Münster, Sebastián, Cosmografía de, 39.  
 Museo Semítico de la Universidad de  
 Harvard, 13-14.

## N

Napoleón, 56.  
*Neptune François, Le*, 44.  
 Newton, 64.  
*Nieuwe Atlas*, 41.  
 Nivel de alcohol, 212.  
 — de burbuja, 222.  
 Nivelación, 222/224.  
 Nivelación en España, 223-224.  
 Nombres de ciudades, 170.  
 — geográficos, 173-174.  
 Nonio, 212, 241.  
 Normógrafos, 172.

## O

Obras y construcciones, 118.  
 Oceanografía, 394-395.  
 Odómetro, 213.  
 Offset, 200.  
 Oficina de Servicios Estratégicos  
 (O. S. S.), 288-289.  
 Ogilvie, Juan, 46.  
 Olmedilla, 51.  
*Orbis Terrarum*, 23, 25-26.  
 Orientación, 70.  
 Orlas en mapas, 176.  
 Ortelio, Abraham, 40, 43.

## P

Padrón Real, 37.  
 Pantógrafo, 189, 387.  
 Papel carbón, 182.  
 — celofana, 182.  
 — de dibujo transparente, 181.  
 — ferroprusiato, 202.  
 — heliográfico, 183.  
 — montado sobre muselina, 182.  
 — Ross, 197.  
 — tela, 182.  
 — vitela, 181.  
 Paralelos, 63/65, 67, 176.  
 Paris, Mateo, 28, 46.  
 Pasada fotográfica, 235/237.  
 Pasado de trama, 195.  
 Pasta de pegar, 186.  
 Pautas de rotulación, 168.  
 Pei Hsiu, 15-16.  
 Perfiles, 134/136, 138, 157.

\*Perfiles lineales, 389.  
 Perthes, Justus, 58.  
 Peuck, Alberto, 56.  
 Pentinger, tabla de, 24.  
 Picard, medición del radio de la Tierra  
 por, 64.  
 Pictogramas, 321.  
*Pilot Charis*, 292, 395.  
 Pinceles, 186.  
 Pintura blanca de retoque, 185.  
 Piteas de Marsella, 19.  
 Planchetas, 216.  
 Planímetros, 192.  
 Planografía, 200.  
 Planos de aterrizaje, 292.  
 — de población, 291, 366.  
 — de salvamento, 292-293.  
 Plantillas curvas, 187.  
 — perforadas, 172.  
 Plumas, 184.  
 Podómetro, 213.  
 Pomponio Mela, 24.  
 Posidonio, 20, 22, 63.  
 Prensa offset, 201.  
 Proyecciones, 72/116.  
 — acimutales, 74-75, 95/109.  
 — cilíndricas, 74-75, 81.  
 — conformes, 73-74.  
 — cónicas, 74-75, 86/99, 268.  
 — equirrectangulares, 75-76.  
 — equivalentes, 73, 104.  
 — estereográficas, 100-101.  
 — estrelladas, 110.  
 — globulares, 110.  
 — gnomónicas, 96/98.  
 — oblicuas, 105.  
 — ortoabsidales, 99.  
 — ortográficas, 98-99.  
 — policónicas, 90-92.  
 — poliédricas, 93.  
 — sinusoidales, 81, 231.  
 — transversas, 80, 104.  
 Ptolomeo, 20/23, 29, 31, 34/37, 40, 50,  
 68, 263.  
 — mapa de, 22.  
 Pulverizador, 189.

## R

Radar, 269, 291.  
 Recuadros, 177.  
 Regla de acero, 187.  
 — de cálculo, 189.  
 — metálica flexible, 187.  
*Reichskarte*, 56.  
 Relieves, 117.  
 — batidos, 350-351.

Relieves de caucho, 350.  
 — del terreno, 125/152.  
 Reproducción de mapas, 193/204.  
 Retintado de mapas, 179-180.  
 Ribero, Diego, 37.  
 Ritter, Carlos, 58.  
 Rizzi-Zannoni, G. A., 51.  
 Rosas de los vientos, 176-177, 267, 268,  
 306.  
 Rotulación, 163/173, 259.  
 — de ríos, 171.  
 — mecánica de mapas, 171.  
 Rótulos, colocación de, 169.  
 — flotantes, 172.  
 — pegados, 171.  
*Royal Geographical Society*, 167.  
*Royal Relief Atlas*, 350.  
 Rumbos, 210, 213.

## S

Sansón, Nicolás, 43-44.  
 Saxton, Cristóbal, 45.  
 Schöner, Johannes, 37, 338.  
*Sectional Airwai Map*, 269.  
 Senefelder, Alois, 199.  
 Señalamiento de vértices, 222.  
 Servicio Cartográfico y Fotográfico del  
 Aire, 262.  
 Servicio Geográfico del Ejército, 262.  
 Servicio Geológico de los Estados Uni-  
 dos, 377.  
 — signos convencionales, 377.  
 Servicios geográficos nacionales, 54, 56.  
 Sextante, 210-211.  
*Shoran*, 265.  
 Sierra eléctrica de vaivén, 192.  
 — redonda, 192.  
 Signos hidrográficos, 122.  
 — tracográficos, 150.  
 Símbolos, 117/124.  
 — de población, 118.  
 — unificación de, 123.  
 — varios, 121.  
 Sistema métrico decimal, 70.  
 Sombreado, 125, 127, 138, 145, 195.  
 — plástico, 128.  
 Sonda de peso, 264.  
 Sondímetro, 263-264.  
*Spezialkarte*, 56.  
*Spiegel der Zeevaerdt*, 263.  
*Statistical Atlas of the United States*, 328.  
*Star Atlas*, 392.  
 Stefansson, Vilhjalmur, 12.  
 Stieler, Atlas de, 58, 273.  
 Sujeción del papel, 186.

## T

Tablero de dibujo, 189-190.  
*Tabulae Modernae*, 34, 271.  
 Tamaño de letras, 166.  
 Teodolito, 211, 222.  
*Terra Australis*, 21, 37.  
 Terrenos cultivables, 158.  
*Theatrum Orbis Terrarum*, 40-41, 271.  
*Times Survey Atlas*, de Bartholomew,  
 273.  
 Tinta china, 185.  
 — hipsométrica, 140-141.  
 Tipos de letras, 164.  
 Tiralíneas de paralelas, 187.  
 Tiralíneas doble, 188.  
 — loco, 133, 188.  
 Tonos, 195.  
 — con celofana, 195.  
 — dibujados a mano, 195.  
 Torres de observación, 220.  
*Touring Club Atlas*, 274.  
 Trabajos de laboratorio, 237.  
 Transformación de fotografías, 229.  
 — por cambio de coordenadas esféricas,  
 107.

Transformación por rotación, 108.  
 Transportador rectioblicuo, 246.  
 Trazado de paralelas, 189.  
 Triangulación, 55, 219/222.  
 Tricromía, 199.

## V

Vandyke, método de, 203.  
 Vías férreas, 119.  
 Vidal de la Blache, 58.  
 Visher, Stephen, 309.  
 Visibilidad, 137.  
 Visión estereoscópica, 237-238.

## W

Waldseemüller, 337.  
 — mapa de, 36.  
*War Atlas for Americans*, 294.  
 Wentworth, método de, 357.