

CAPITULO I

INTRODUCCION AL DISEÑO CARTOGRAFICO

1.1 SITUACIONES Y ATRIBUTOS

Desde los orígenes de la Humanidad, la curiosidad del hombre por conocer el entorno que le rodea y el interés por su dominio, le han guiado hacia la confección de modelos reducidos de los lugares que ha habitado. Obtener una perspectiva de las cosas importantes de su mundo y derivar consecuencias de esas situaciones, aportaban al hombre un mayor conocimiento de la realidad circundante. Inferir la situación de lugares y direcciones de navegación, en base a conocimientos terrestres previos, posibilitó con cierto grado de acierto la llegada de las embarcaciones al puerto buscado.

La Historia de la Cartografía es la historia de la lucha de la Humanidad por descubrir métodos que permitan percibir y representar las distintas zonas conocidas de la Tierra o solucionar los problemas derivados de los atributos espaciales de los puntos situados sobre ella. Los principios de la Cartografía deben situarse junto con los comienzos de la Agrimensura y de la Navegación

La formulación de preguntas tales como:
 ¿Qué dimensiones tiene la Tierra?
 ¿Qué distancia hay entre Tarraco y Gades?
 ¿Dónde sitúo las tierras que acabo de descubrir?
 Obligaron al hombre a encontrar respuestas mediante el desarrollo de procedimientos cartográficos.

La redacción de los conocimientos geográficos y la necesidad de guardar y transmitir esa información, pudo haberse hecho de forma verbal (escrita u oral) pero:

- a.- El carácter de los objetos que debían ser descritos: ríos, montañas, mares...
- b.- La importancia de conocer su situación relativa, y
- c.- La necesidad de consultar esa información en los desplazamientos, indujeron desde el principio el desarrollo y la materialización de lenguajes icónicos mediante:

- Palos, ramas y piedras dispuestos sobre el suelo a modo de maqueta, como lo han hecho las gentes del Ahaggar en el Sáhara, para que esta 'maqueta' pudiera ser copiada sobre las pieles de los odres de agua de las caravanas que se adentraban en el desierto (E.Raizs. *General Cartography*)

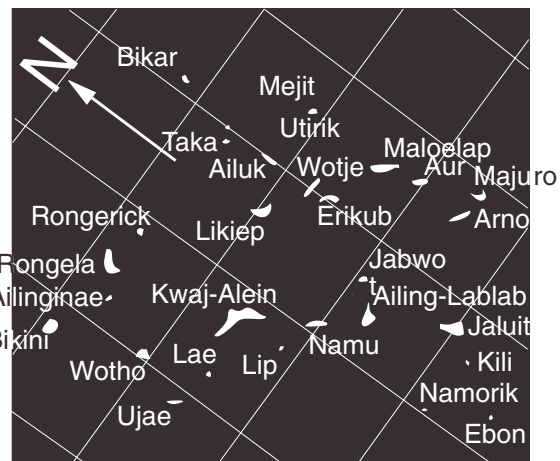
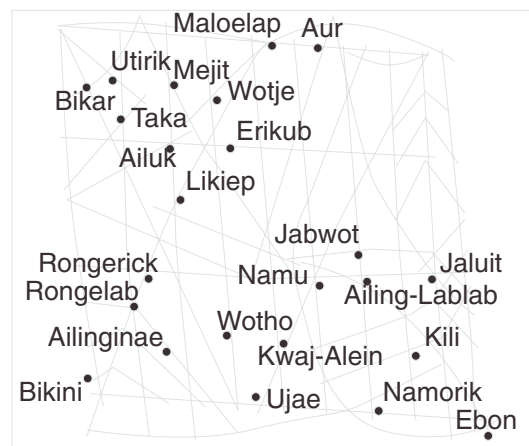
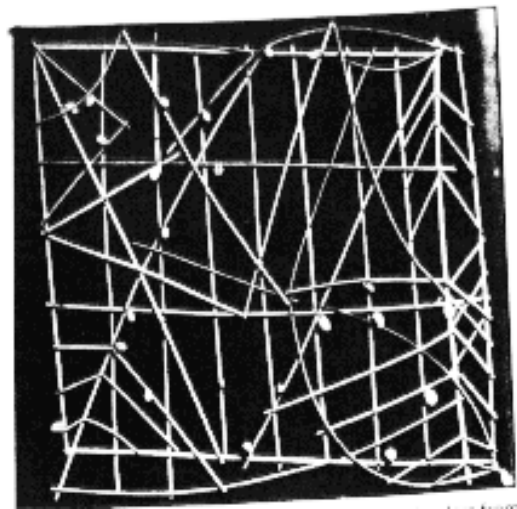


Figura 1.1.- Mapa de navegación utilizado por los nativos de las Islas Marshall, construido en el S.XIX con cañas y conchas. (British Museum).

Figura 1.2.- Transcripción gráfica de las islas representadas en la fotografía anterior.

Figura 1.3.- Cartografía actual de la misma zona representada en las dos ilustraciones anteriores.

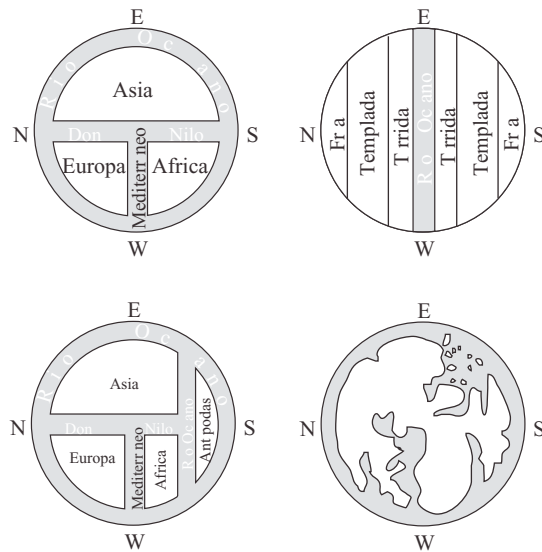


Figura 1.4.- El mapa de Ptolomeo

Figura 1.5.- Mapas de T en O (Orbis Terrarum)

- Símbolos grabados sobre arcilla que representaban cada accidente, como podemos observar en el mapa más antiguo conocido, un mapa babilonio de más de 4500 años de antigüedad, que se encuentra en la Universidad de Harvard,

- O bien, dibujándolos sobre pieles de animales, como los estupendos mapas realizados por los esquimales. (Ver J.Martín López. *Historia de la Cartografía y de la Topografía*.1994)

Estos mapas realizados sin apenas instrumentos, muestran la enorme imaginación de la Humanidad, tanto para encontrar la forma de mostrar o archivar el mundo conocido, como para explicar la concepción del universo con sus realidades y sus mitos.

El diseño de esta cartografía primitiva está íntimamente ligado, tanto a las necesidades de la cultura que lo desarrolla como a su ideosincracia. Cada pueblo elabora la Cartografía capaz de plasmar, de la forma más verosímil, tanto sus conocimientos como sus creencias.

En efecto, el ejemplo de los mapas griegos que culminan con la representación cónica del mapa de Ptolomeo (90-168 D.C), está muy acorde con el espíritu de un pueblo filósofo, buscador de la verdad y muy lejano de los toscos mapas posteriores de los romanos, cuya única preocupación era la militar y la administrativa.

De la misma forma, la comunión existente entre el espíritu de una cultura y sus manifestaciones cartográficas nos muestra que la sociedad cristiana medieval, absolutamente ajena al conocimiento e ideales griegos, lastrada por sus mitos, tiene como fines últimos de su cartografía, la de representar a Jerusalén en el centro del Orbe y la de ubicar el Paraíso Terrenal en alguna esquina de sus mapas.

1.1.1 EL FIN DEL MAPA

En todos los casos anteriores, tanto los esquimales para volver al poblado después de sus cacerías, como los bereberes para llevar sus mercaderías atravesando el desierto, como los isleños del Pacífico para no perderse en la noche del océano, como los aztecas y los cristianos para ratificar sus leyendas, como los fenicios y los babilonios para ampliar sus mercados, como los griegos por pura filosofía o los romanos para asegurar su imperio, han realizado su cartografía con un fin determinado, con un fin específico. Ni los mapas de los unos sirven para los otros ni los desearían, pues sus fines son distintos. ¿Para qué quiere un romano un mapa griego si no están los caminos que unen unas ciudades con otras?. ¿Para qué quiere un fraile medieval un mapa romano si ninguna de las carreteras le conduce al Paraíso?

Dejando al margen las representaciones cartográficas más o menos poéticas del entorno, podemos afirmar que desde sus orígenes, las imágenes de los mapas mantienen dos características esenciales:

- 1.- Los elementos representados se sitúan en unas posiciones relativas similares a las que tienen en la realidad.
 - 2.- Los elementos deben representarse con distintos símbolos que indiquen la clase de objeto a la que pertenecen.
- En otras palabras: Los mapas están diseñados para ofrecer **situaciones y atributos**.

Las situaciones son posiciones de los elementos, definidos por medio de algún sistema coordinado.

Los atributos son cualidades que poseen los elementos. Estas cualidades pueden ser:

- El nombre del lugar
- La vegetación que lo tapiza
- El tipo de accidente...etc.

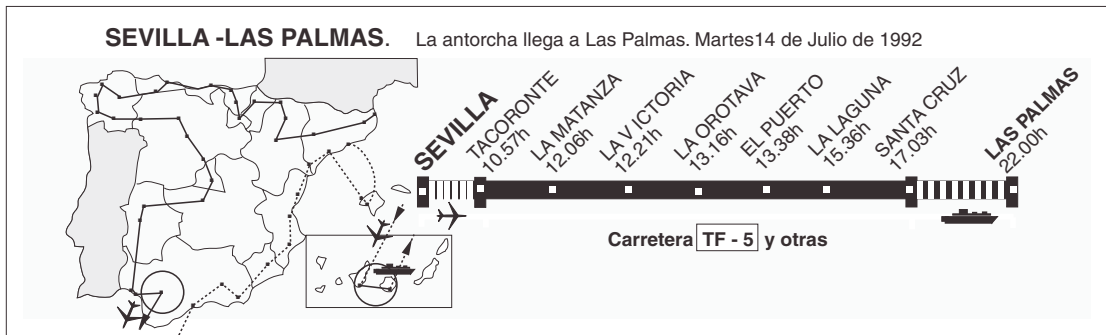


Figura 1.6.- La Cartografía como apoyo a la labor periodística. (De un gráfico de El País del 14.07.1992)

1.2 EL DISEÑO

El hecho de que cada una de las culturas anteriores haya encontrado una forma distinta de solucionar el mismo problema, pone de manifiesto que:

- 1.- Hay un proceso para encontrar soluciones
- 2.- Cada solución encontrada está determinada por un conjunto de antecedentes
 - a.- Objetivo del mapa
 - b.- Conocimientos científicos
 - c.- Desarrollo de herramientas
 - d.- Mitos o condiciones que la limitan.
- 3.- Cada solución utilizada es la mejor de las respuestas de las disponibles por el usuario.

Al proceso mental sistemático tendente a encontrar la solución a un problema no solucionado con anterioridad o a encontrar una solución diferente que mejore las anteriores, se le llama Diseño (Blumrich, 1970)

El proceso del Diseño es independiente del campo de aplicación, de la naturaleza de los sistemas utilizados y de los productos requeridos para encontrar respuestas (DeLucia, 1974)

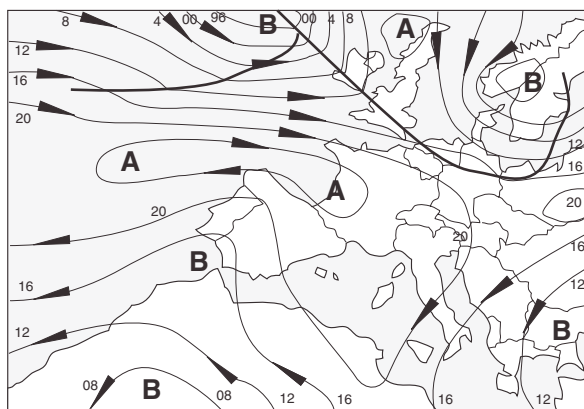


Figura 1.7.- Clásico mapa del tiempo de los diarios. Para la mayoría no especializada de los lectores las isótopos dicen poco pues representa un fenómeno por medio de componentes no evidentes.

El elemento esencial en la definición de la palabra Diseño es la noción de crear, concebir en la mente un plan o esquema para solucionar algo.

Aunque culturalmente estamos acostumbrados a asociar la palabra *diseño* con la palabra *arte* hay una diferencia que separa ambos conceptos claramente: Es la dualidad *útil/estético*. El Diseño debe ser útil y puede ser estético. El Arte debe ser estético y puede ser útil..

La palabra Diseño, está íntimamente ligada a la creación racional y funcional. mientras que el Arte, sólo necesita de la contemplación sensorial para evaluar su calidad, en el Diseño se agrega al valor estético -si lo hubiera- otro valor, el utilitario, que será imprescindible.

Los artefactos fabricados por el hombre han gozado del favor de los usuarios, tanto más cuanto mejor solucionen los problemas que motivaron su creación. Son ejemplos tópicos de buenos diseños los del hacha, la rueda o el arco, los cuales mantienen su forma primitiva hasta nuestros días, viéndose modificados sólo por la aparición de nuevos materiales. El alma, el diseño, la forma de solucionar el problema, permanece.

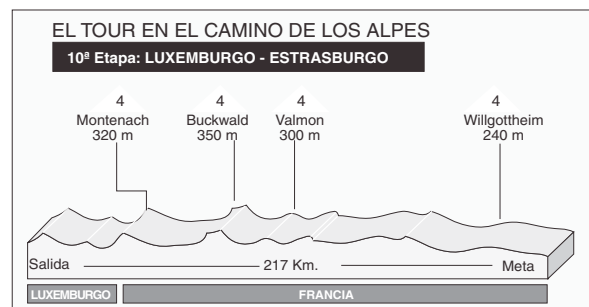


Figura 1.8.- El perfil ayuda a comprender la dureza de la etapa. Para la mayoría el perfil es una buena herramienta de visualización pues es una metáfora gráfica muy similar a la realidad que describe.

Decimos que diseñamos cuando buscamos la respuesta a una necesidad o mejoramos la utilidad de una respuesta previa. No hace falta que la respuesta sea un objeto. Se puede diseñar una ley que mejore el tráfico de Madrid. Se puede mejorar el proceso de evaluación del alumnado mediante el diseño de un nuevo tipo de pruebas que garantice la ausencia de la suerte.

El Diseñador tiene una actividad mental polivalente pues:

- a.- Debe conocer en profundidad el problema que quiere solucionar.
- b.- Debe ser analítico para encontrar los puntos débiles del objeto anteriormente diseñado, si lo hubiera.
- c.- Debe conocer las expectativas del futuro usuario.
- d.- Debe ser imaginativo.

1.3 EL DISEÑO CARTOGRAFICO

Extrapolando la idea anterior de Diseño, diremos que el Diseño Cartográfico tratará de mejorar la expresividad de las características gráficas y las semánticas de los elementos que componen un mapa con el fin de optimizar el proceso de comunicación que transfiere los conocimientos del autor del mapa al lector del mismo.

El lugar que ocupa el Diseño Cartográfico lo define muy claramente DeLucia (1974) cuando afirma *"El Diseño es el más importante, desafiante y creativo aspecto del proceso cartográfico"*. Algunos autores, como Collison (1993), afirman tras un velo de ironía que *"No existe el Diseño Cartográfico...lo estereotipado de los trabajos cartográficos evidencian la ausencia de la fuerza que impone el diseño cartográfico"*.

Llegados aquí, deberíamos dar una definición de mapa para saber qué es lo que hay que mejorar. No parece sencillo definirlo. Depende de los intereses de quien lo define.

Hay cartógrafos famosos (Kolancny, 1969; Ratajski, 1973; Morrison, 1976; Salichtchev, 1978) que afirman que el mapa es una herramienta de comunicación. Otros dicen que *"...el mapa es una herramienta de presentaciones. Nos muestra una vista abstracta de alguna parte del mundo enfatizando algunas características seleccionadas"* (MacEachrem, 1994). Para los clásicos, el mapa es un plano en el que se ha representado geográficamente (sic) una parte de la superficie terrestre (Larouse: 'mapa'). Para los más modernos, el mapa sólo es una respuesta gráfica que un sistema de información geográfica proporciona como resultado de una consulta realizada a una base de datos. Por último hay incluso quien afirma que el mapa es una entelequia, y que la cartografía morirá bajo el peso de los GIS's (Loys, 1993) y los cartógrafos serán simples diseñadores consultores (Rhind, 1993). Dejamos la definición de mapa para un poco más adelante.

Dice Wood (1996), que el diseño gráfico llega a ser satisfactorio cuando 'se obtiene una imagen con un alto grado de legibilidad'. Aplicando esto al Diseño Cartográfico y cualquiera que sea la definición de mapa, siempre existirá una salida gráfica que deberá ser leída por un usuario, ya sea en papel, en un monitor o tras unas gafas de realidad virtual. En ese caso, el Diseño Cartográfico tiene como misión la de mejorar la expresividad de las características gráficas y la semántica de los elementos que componen un mapa con el fin de optimizar el proceso de comunicación que transfiere los conocimientos entre el autor del mapa (o el sistema cartográfico) y el lector del mismo. Esta ecléctica definición lleva explícitamente nombrados algunos conceptos que deben ser explicados.

1.3.1 CARTOGRAFÍA

El diccionario nos dice que la Cartografía es el arte y la técnica que, con la ayuda de las Ciencias Geográficas y de sus afines, tienen por objeto el levantamiento, la redacción, y la publicación de un mapa.

1.3.2 MAPA

Sin querer entrar en una definición universal de Mapa, aceptaremos como tal la descrita en un documento de trabajo del Instituto Geográfico Nacional que afirma que *"...es un documento que transmite información al usuario, la cual está codificada en forma de símbolos gráficos. Estos símbolos son puntos, líneas o superficies, que están definidos tanto por su localización en el espacio respecto a un sistema de coordenadas, como por alguno de sus atributos no espaciales (nombres, clasificaciones, colores...)"*.

En otras palabras: es una Base de Datos Espacial constituida por una hoja de papel o una película donde se ha realizado un dibujo en el que:

- a.- *La información se ha codificado en él en forma de puntos líneas o superficies.*
- b.- *Las entidades geográficas o humanas se han representado por medio de diferentes artificios visuales: Símbolos, colores, textos, etc. cuyo significado se explica en la leyenda que acompaña al mapa.*
- c.- *Cuando la información que se desea transmitir, sobrepasa la capacidad física del mapa, se recurre a una memoria que acompaña al mapa. En este caso la base de datos está constituida por el mapa y la memoria."*

La confección de esta particular base de datos supone un proceso de la información en el que hay que destacar:

- 1.- Los datos originales deben ser reducidos en volumen o clasificados, con la consiguiente pérdida de información en este proceso de filtrado, pues de otra forma los

datos resultarían irrepresentables e ilegibles. La acertada elección de estos criterios de reducción o de clasificación determinará que lo que en el mapa se muestre sea o no sea una imagen de la realidad que quiere representar.

- 2.-El dibujo ha de ser muy preciso y la representación muy clara. La elección de símbolos que sintetizen toda la información necesaria sin perjudicar la lectura del mapa pasa por el conocimiento de las reglas de creación de simbología.
- 3.-El mapa impreso es un documento estático y nos debe dar fé de los aspectos que ocurrían en un territorio en el momento de la confección del mapa.

1.3.3 LA CARTOGRAFIA: UN MEDIO DE EXPRESION

No es difícil aceptar después de los tres últimos párrafos (aunque hoy está en entredicho), que la Cartografía es un medio de expresión gráfico y una técnica de ilustración que ayuda a la comprensión de los fenómenos georeferenciables.

Este medio de expresión obliga, tanto al cartógrafo como al lector del mapa, a un esfuerzo de simplificación y a desarrollar un código de simbolización común que garantice la comunicación. La expresión gráfica utilizada ha de ser clara y precisa de forma que sin sacrificar la precisión de los datos topográficos y con la ayuda de la leyenda explicativa, el lector pueda comprender y obtener la información que el mapa ofrece. Este medio de expresión ha de ayudar al lector del mapa a observar primero los fenómenos más importantes para descubrir luego, en orden decreciente de importancia, los demás datos mediante un proceso de clasificación.

La simplificación se lleva a cabo por medio de:

- a.- Unas elecciones básicas: Eligiendo la escala, la proyección, el método de análisis de los datos, más adecuados, tras un informe exhaustivo del propósito del

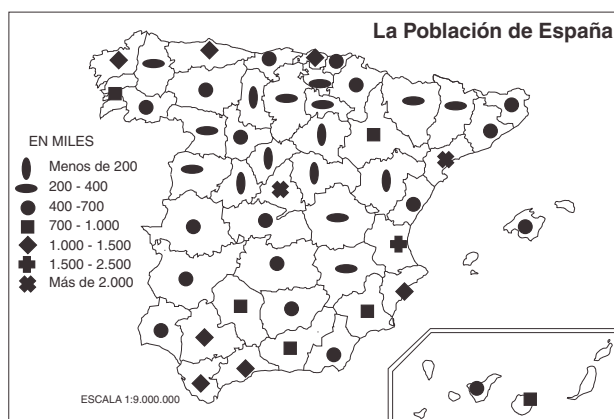


Figura 1.9.- Mala representación de una información

autor del mapa y de las características del lector.

- b.- Una clasificación de las características que se vayan a representar, reuniéndolas en grupos que presenten características similares. Con este proceso se disminuye la complejidad y se organiza la información.
- c.- Una generalización que facilite la lectura, disminuyendo la información por medio de suavizados de contornos, rectificados de curvas, clareado de información, etc.

El proceso de Simbolización es un proceso de abstracción de la realidad, por lo que también puede considerarse un proceso de simplificación, asociando cada símbolo a una clase predefinida y perdiendo cada objeto sus características personales para unificarse con todos los de su clase. Este proceso debe realizarse teniendo en cuenta tanto los convencionalismos y los standards, como la habilidad del usuario para su lectura.

1.3.4 LA GRAMÁTICA Y LA SEMÁNTICA

Afirma Jacques Bertin ("*Ver o Leer*". en Cartes et figures de la Terre. 1987. Ed. G. Pompidou), que contrariamente a lo que se supone, los problemas más importantes de la cartografía actual no son los relacionados con la precisión de las medidas sino los que tienen que ver con la transcripción gráfica, producidos al confundir la naturaleza de los datos. Uno de los errores más graves y que conduce a tomar decisiones equivocadas, consiste en representar el **orden** de las cantidades por un **no-orden** o por un **desorden**, produciendo al lector una información falsa. Eso es lo que muestra el primero de los mapas de población en España en el que se han representado los datos cuantitativos de la población por medio de distintas figuras, cuyo significado se explica en la leyenda. Ese mapa responde a la pregunta: ¿Cuántos habitantes hay en tal provincia?, pero no responde a la pregunta ¿Dónde está la zona más despoblada de España?. El segundo mapa responde a ambas preguntas. Se ha utilizado la variable tamaño en vez de la forma.

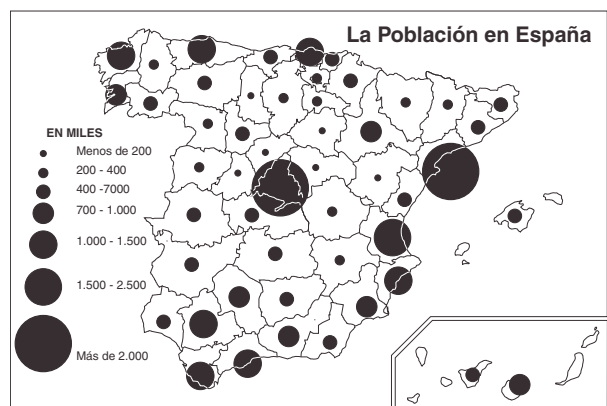


Figura 1.10.- Corrección de la representación

Ya se ha afirmado que entre las características comunes a todos los mapas se encuentra la de que la información se presenta en forma gráfica. Esto implica que para que el lector reciba correctamente la información del mapa, debe existir una gramática que permita la transmisión de información por medio de símbolos .

La comunicación verbal (hablada o escrita) nos es familiar a todos. Los lenguajes se componen de palabras y éstas, dispuestas en un cierto orden, nos permiten formar frases con las que comunicarnos. Incluso el orden de estas palabras puede variarse con ciertas limitaciones y la frase sigue siendo entendible:

“Un buen mapa de un cartógrafo profesional es”
“De un cartógrafo profesional, un buen mapa es”
“De un cartógrafo profesional es un buen mapa”

Estas limitaciones son las reglas gramaticales sin la observancia de las cuales la frase carece de sentido y la información no sería recibida:

“Un de es mapa cartógrafo buen un profesional”

Además de las reglas de la sintaxis, el lector de textos, por convención, comienza leyendo por el ángulo superior izquierdo (tal y como lo hacemos al leer ésto) y termina en el ángulo inferior derecho. De esta forma la comunicación ha sido tal y como el emisor ha dispuesto que se haga.

De la misma forma cuando la comunicación es oral, los sonidos que conforman una idea, salen de los labios del emisor en el mismo orden temporal que llegan al oído del receptor, por lo que la comunicación (salvo en el caso de ciertos políticos) es controlada perfectamente para que llegue al receptor en el orden que el emisor quiere.

Incluso los lenguajes gestuales y corporales están muy generalizados y ciertos movimientos como el de pedir limosna, mostrar cansancio, mostrar hambre, sonreír, arquear la boca, fruncir el ceño, cerrar el puño, etc., son universalmente comprendidos y la comunicación puede realizarse con un alto grado de eficacia.

Aunque en el lenguaje gráfico de los símbolos no existen convencionalismos tan extendidos como en otros tipos de comunicación que permitan garantizar la transmisión de información, debemos ser conscientes de la existencia, al menos, de ciertos aspectos que se mantienen al margen del tipo de cultura del lector: Lo grande es más importante que lo pequeño, lo oscuro más pesado que lo claro, y otros aspectos que son dependientes del tipo de cultura el pasado a la izquierda y el futuro a la derecha en nuestra cultura occidental (al contrario en la musulmana), lo blanco alegría y lo negro tristeza (al contrario en la hindú). El grafismo tiene la ventaja sobre la escritura o la palabra de que contiene una cantidad de información que puede ser observada al instante, sin necesidad de esperar un final de frase.

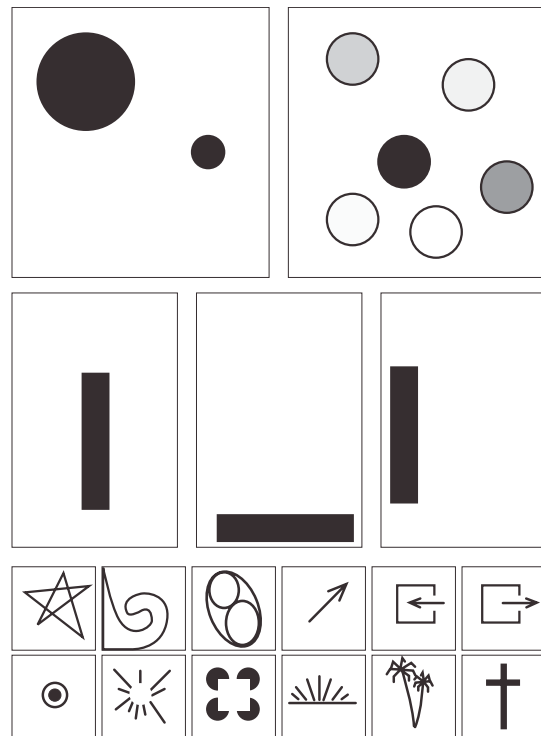


Figura 1.11.-

Algunas características son ajenas a la cultura: Lo mayor es más importante que lo menor; lo oscuro más que lo claro. Mientras que otras dependen del contexto cultural: el centro es el presente, el pasado está a nuestra izquierda y el futuro está a nuestra derecha.

Algunos símbolos, debido a una utilización masiva, tienen connotaciones universalmente aceptadas: Sorpresa, dolor, dirección, sensualidad, entrada, ternura, aquí, espiritualidad, descanso, salida.... y otros, inexistentes en realidad, son visualizados por todos independientemente de su formación: Todos verán un cuadrado blanco sobre cuatro círculos negros.

Otros símbolos tendrán ambigüedad en sus significados dependiendo de lo esperado por el lector: matorral o Sol naciente.

Dice C. Gaetano respecto a la cultura visual:

“La vista, aunque todos nosotros la usemos con tanta naturalidad, todavía no ha producido su propia civilización. La vista es veloz, comprensiva y simultáneamente analítica y sintética. Requiere tan poca energía para funcionar a la velocidad de la Luz, que permite a nuestras mentes recibir y conservar un número infinito de información en una fracción de segundo sin esfuerzo aparente alguno” (Caleb Gaetano. “Towards a Visual Culture”).

Como se verá en el capítulo dedicado a la simbología, las imágenes pueden presentarse de dos formas bien diferenciadas

1.-Como formas concretas. Siendo imágenes fácilmente reconocibles sea cual sea la cultura del espectador. Por ejemplo, el primero de los siguientes gráficos todo el mundo lo asocia con casa, (o con hogar si le coloco



humo). Si lo que dibujo es una media luna lo asocio sin duda al islamismo, o dependiendo de mi actividad profesional al exoterismo, a la astronomía, a la pastelería...No dudamos de que cualquiera es capaz de descifrar el significado de un par de corazones atravesados por una flecha grabados en la corteza de un árbol. Son imágenes con un gran poder de evocación pero con pocas posibilidades de generalización.

2.- Como formas abstractas. Al contrario que las anteriores son imágenes con mucho poder de generalización pero con poco poder evocador. Por ejemplo, el símbolo del aspa ✖ situado en un mapa puede evocar tanto la situación de una ciudad, la de un pozo petrolífero, la de un árbol en medio del desierto o la situación del tesoro de la Isla.

La eficacia de una imagen depende fundamentalmente de que posea dos cualidades: Ser estética y estar correctamente construída (Albert André. 1980. "*L'expression graphique: Cartes et diagrammes*". Masson.). Una imagen es estética cuando es agradable mirarla y la memoria la registra sin mucho esfuerzo. No es la calidad artística la que crea la calidad estética sino que está más unido al sentido de buena presentación, de estar correctamente construída. Debe ser adecuada para el potencial lector. Una misma idea puede ser expresada toscamente (no tiene estética) o poéticamente. En ambos casos el significado será el mismo pero diferirá tanto en el interés del emisor por agradar al oyente como por la preparación de éste para percibir la sutileza. Las curvas de nivel, por ejemplo, expresan con bastante claridad el relieve de una superficie. Sin embargo, las personas que desconozcan su significado, verán simplemente una red de líneas sin interés que les impide ver claramente el resto de la información que si que es comprensible para ellos.

El grafismo no posee reglas estrictas como las de la comunicación escrita, que impidan al lector comenzar por el final del libro y terminar por el principio (allá él si lo hace). Sin embargo, existen estándares que debido a su amplia utilización por la sociedad o a las cualidades de la propia imagen, hacen que el mensaje transmitido sea unívoco, debiendo este hecho ser conocidos por el diseñador. No existe, pues, un verdadero lenguaje gráfico. No existe una gramática cartográfica que diga por dónde hay que

empezar a leer un mapa y cómo hacerlo. Esto hace, como ya veremos, que medir la efectividad de un mapa a la hora de transmitir información sea un proceso bastante difícil, siendo un medio cada vez más utilizado.

1.3.5 LA COMUNICACIÓN CARTOGRÁFICA

Todo proceso de comunicación es la transferencia de información de una persona o grupo de personas a otra persona u otro grupo de personas distinto. Para que una comunicación sea efectiva se requiere:

- a.- Emisor de la información
- b.- Mensaje
- c.- Medio por el que comunicarse
- d.- Receptor

Es necesario además un 'idioma' común

En el caso de la Cartografía:

- a.-El emisor de la información es el cartógrafo
- b.-El mensaje es el conjunto de información que se desea transmitir
- c.-El medio es el conjunto de símbolos, gráficos que conforman un mapa.
- d.-El receptor es el usuario del mapa, naturalmente, aunque también el propio cartógrafo puede convertirse en receptor e inferir de su propio trabajo nuevas consecuencias. Es condición indispensable que el receptor y el emisor entiendan los símbolos en que se emite la información.

Todos los mapas tienen cosas en común:

- 1.- Contienen información
- 2.- La información se presenta de forma gráfica (bien puede ser con un símbolo, un diagrama, una imagen pseudopictórica...)
- 3.- La información del mapa está dada de tal manera que el usuario del mapa, sabe entenderla

La principal función del mapa es la comunicación de información. El Autor del mapa suministra información numérica o literal de la distribución espacial de un acontecimiento al Cartógrafo y éste tiene como objetivo, mostrar esa información de forma gráfica, sobre un mapa, para mejorar su comprensión.

1.3.5.1 ESQUEMAS DE LA COMUNICACION CARTOGRAFICA

El modelo de la figura 12 pertenece al cartógrafo checoslovaco KOLACNY, que afirma que la realidad es captada por el cartógrafo y el usuario de forma distinta.

El cartógrafo se informa de una realidad por medio de ciertos métodos y clasificaciones. Esta realidad le proporciona una visión con la que debe -transformándola en símbolos gráficos- conformar el mapa

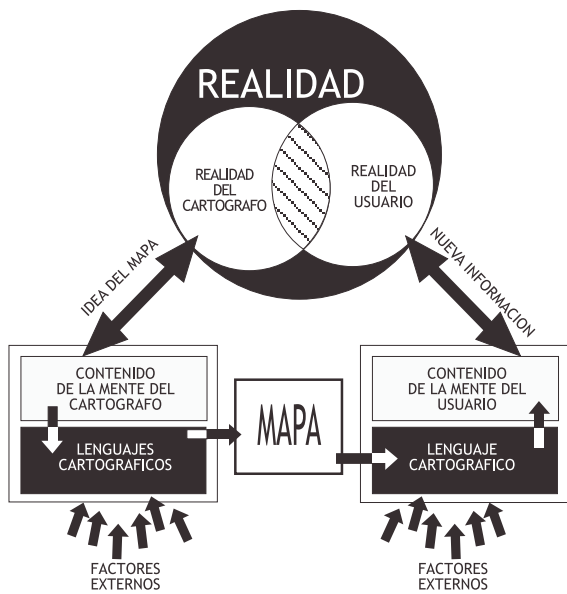


Figura 1.12.- La representación de la Cartografía según Kolarcny.

Esa idea, esa realidad, plasmada físicamente en un mapa, llega a las manos de un usuario que estudia e interpreta el mapa observando y comprendiendo la simbología e interpretando la distribución espacial de los fenómenos y estableciendo relaciones entre ellos. Así, el usuario añade información a la que poseía del territorio representado y se crea en su cerebro una imagen mental más compleja que la que tenía; eso se espera si el proceso comunicativo ha sido acertado. Aún así, la realidad conocida por el usuario sigue siendo una parte de la realidad total.

Otro modelo del proceso (Figura 1.13) es el expuesto por Robinson y Bartz-Petchelt en forma de diagrama de Venn.

El campo $I = (I_c + I_e)$ es el total de información sobre hechos geográficos tal y como es percibido por la mente. I_c son los sucesos, eventos, fenómenos correctamente percibidos y explicados por la mente.

I_e es la información erróneamente percibida

Tanto el usuario U como el geógrafo o cartógrafo G poseen una concepción de la realidad compuesta de información correcta I_c y errónea I_e

Se supone que el cartógrafo tiene más conocimientos exactos que erróneos y que el usuario tiene una idea más errónea que cierta (o al menos no tiene más ideas acertadas que el cartógrafo).

El cartógrafo prepara un mapa M de una parte de la realidad, que será objeto de estudio por parte del usuario. Este mapa M tiene una parte M_1 que ya es conocida por el usuario. Otra parte M_2 es nueva para el usuario y pasa a engrosar sus conocimientos, siempre que sea capaz de captar la información. M_3 es otra parte de la información

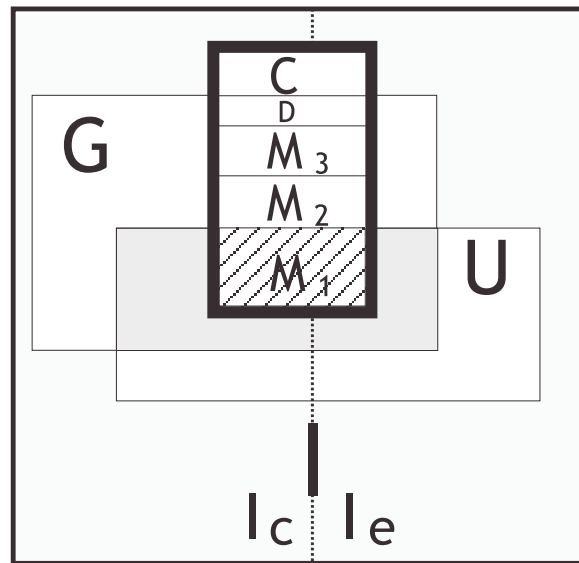


Figura 1.13.- La Cartografía, según Robinson

no percibida por el usuario

El último trocito de M (D) es la discrepancia entre los datos de entrada y de salida en el sistema de comunicación (errores en la comunicación).

Finalmente un área C muestra el incremento del conocimiento del usuario como consecuencia de la utilización del mapa pero que no fue prometido por el cartógrafo ni ha sido simbolizado en el mapa.

1.3.5.2 RUIDOS EN LA COMUNICACION CARTOGRAFICA

Muchos de los símbolos utilizados en la confección de un mapa son lo suficientemente conocidos como para que cualquier lector entienda el mensaje. Sin embargo, la superabundancia de datos, la disposición inadecuada de los rótulos, el diseño impropio de los símbolos utilizados, pueden entorpecer la lectura de un mapa. (Figura 1.10). Los elementos que disturbaban la lectura del mapa se llaman RUIDOS.

Una lista de posibles fuentes de ruidos producidos en el proceso de comunicación cartográfica nos la ofrece E.S.Bos en su "Cartographic Symbol Design".

- 1.- Tomas de datos
 - a.-Datos incompletos
 - b.-Uso de conceptos equivocados
 - c.-Clasificaciones erróneas
- 2.- Editor-Autor del mapa
 - a.-Mala elección de los datos
 - b.-Definir incorrectamente los propósitos del mapa
 - c.-Incluir excesiva o muy poca información
- 3.- Diseñador cartográfico

- a.- Variables visuales mal seleccionadas
 - b.- Diseño erróneo de la simbología
 - c.- Exceso de información literal
- 4.- Dibujante cartográfico
- a.- Calidad pobre del dibujo
 - b.- Colocación de textos incorrecta
- 5.- Especialista en reproducción
- a.- Utilización de productos de baja calidad
 - b.- Impresión de pobre calidad
- 6.- Usuario del mapa
- a.- Incapaz de detectar la información relevante
 - b.- Nivel cultural y de conocimientos inadecuado
 - c.- Errónea interpretación de la información

El objeto de la asignatura DISEÑO CARTOGRÁFICO es reducir los ruidos que se produzcan en la comunicación cartográfica relativos a los puntos 3, y 4 de los seis mencionados con anterioridad y asesorar al autor para disminuir los ruidos del punto 2.

1.3.6 EL AUTOR DEL MAPA

El Autor de un mapa es la persona que disponiendo de cierta información quiere expresarla de forma espacial porque cree que de esta forma el mensaje será más efectivo (lo cual no siempre es cierto). Esta persona no tiene necesariamente que ser cartógrafo.

Para conseguir el propósito de mostrar su información mediante un mapa, contrata los servicios de un Diseñador Cartográfico para garantizar que se van a realizar las dos transformaciones fundamentales de todo trabajo cartográfico:

- 1.- La transformación de los datos que definen un fenómeno en símbolos que se colocarán en el mapa
- 2.- La transformación que, por medio de esos símbolos, ocurrirá en el conocimiento del lector del mapa sobre la superficie representada.

El diseñador cartográfico utilizando tanto los datos numéricos (datos del censo, informes, tablas..) aportados por el Autor del mapa, como los datos no numéricos disponibles (elementos del mapa base, líneas de costas y de límites administrativos, y todo lo que considere relevante) compone una disposición especial de los elementos gráficos que darán lugar al mapa.

1.3.7 LAS RESTRICCIONES DEL MAPA

A veces, la Comunicación Cartográfica, y por lo tanto el proceso de diseño, se ven restringidos por condicionantes que el Diseñador Cartográfico debe tener presentes:

- a.- Medio en el que se va a publicar el mapa (Revista a

todo color, periódico a una tinta, publicación cartográfica sin utilizar la cuatricromía, pantalla de un monitor, emisión de televisión, etc.)

- b.- Grupo humano al que va dirigido el mapa
- c.- Calidad de los datos aportados por el autor
- d.- Formato del mapa
- e.- Propósito del mapa
- f.- Escala

Estos condicionantes deben estar presentes en la mente del Diseñador, mostrando especial interés en conocer las necesidades del lector y su habilidad para adquirir esa información.

1.4 CLASIFICACION DE LOS MAPAS

Arthur H. Robinson en *Elementos de Cartografía* (Omega. Barcelona. 1987. pp.6-11) realiza una clasificación en base a tres puntos de vista distintos:

- 1.- Según su escala:
 - Gran escala
 - Pequeña escala
- 2.- Según su función:
 - Mapas generales
 - Mapas temáticos
 - Cartas náuticas
- 3.- Según su tema:
 - Catastrales
 - Geológicos
 - Estadísticos

clasificación que se nos antoja poco precisa por aspectos que el propio Robinson describe.

Modernamente (David J. Cuff. *"Thematics Maps"*) la Cartografía suele dividirse en dos grandes grupos:

- 1.- Básica, Fundamental o Topográfica.
- 2.- Cartografía Temática

1.4.1 CARTOGRAFÍA BÁSICA

Es la cartografía más importante y más necesaria a partir de la cual pueden obtenerse otros mapas derivados de ella. Está basada tanto en la tradición cartográfica de ofrecer precisión en sus medidas como en la necesidad de representación de las características de la Tierra. La Cartografía Básica está formada por Mapas Topográficos, Cartas Oceánicas y Cartas Aeronáuticas.

Para realizar esta Cartografía se precisan levantamientos topográficos, información de fotografías aéreas e imágenes de satélites con los que se obtienen datos que son dibujados con meticulosa atención, teniendo muy en cuenta tanto la forma de la Tierra como el problema de representar una superficie esférica sobre la planeidad de un mapa.

1.4.2 CARTOGRAFÍA TEMÁTICA

Se denomina Cartografía Temática al conjunto de actividades cartográficas tendentes a mostrar las características estructurales de una determinada distribución geográfica, excluyendo, convencionalmente, los mapas topográficos. Este tipo de cartografía utiliza la Cartografía Básica como punto de partida.

La Cartografía Temática suele dividirse en dos grandes grupos:

- a.- Cuantitativa si se muestran distribuciones numéricas de un acontecimiento y
- b.- Cualitativa si lo que se muestran son las clases en las que se puede descomponer el acontecimiento.

Llamaremos Mapa Base al utilizado como fuente para compilación de detalles o como soporte para otros mapas que llamaremos Mapas Derivados. Un Mapa Derivado siempre se obtiene a partir de otro de mayor escala (*). Por ejemplo el 1:200.000 provincial del I.G.N. es un mapa derivado que está obtenido a partir del Mapa Base 1:25.000.

Los Mapas Temáticos son mapas dedicados a temas especiales (turismo, geológicos, carreteras...)

Al mapa formado por fotografías aéreas o imágenes de satélite transformadas para eliminar la deformación de la proyección cónica y convertirlas en ortogonales, se denomina Ortofotomapa.

(*) Cuentan que cuando una embarcación pirata aparecía por el horizonte, el vigía desde lo alto de la cofa del barco del Almirante Nelson le avisaba voceando expresiones tales como:

“¡Almiranteeee! ¡Piratas a babooooo!!!!!!

Rápidamente Nelson bajaba a su camarote, abría un baúl, sacaba un viejo papel doblado y leía su contenido afanosamente antes de volver a cubierta a dar las órdenes oportunas. Los piratas siempre caían vencidos.

Cuando murió Nelson, su contraemaestre, ante el aviso de piratas, y sin la experiencia que confería la lectura del secreto del baúl, bajó rápidamente al gabinete del Insigne Almirante, abrió el baúl, y leyó con veneración el contenido del viejo papel. Allí ponía:

Babor = Derecha
Estribor = Izquierda

En el baúl de los viejos cartógrafos encontraríamos:
Escala grande = Denominador pequeño
Escala pequeña = Denominador grande

1.5 ESTRUCTURA DE LOS MAPAS

Todo mapa se compone de dos Bases diferenciadas:

1.- La Base Matemática que constituye la estructura del mapa y compuesta por:

La Escala.

Las Proyecciones.

La Base geodésica.

2.- La Base Geográfica que está constituida por:

Los fenómenos geográficos a representar.

Los elementos auxiliares (recuadros, leyendas, notas marginales y demás datos complementarios) que facilitan la lectura e interpretación del Mapa.

1.5.1 LA ESCALA DE LOS MAPAS

Necesariamente las representaciones cartográficas de la Tierra o partes de ella deberán ser menores que el original representado. Esta relación de semejanza entre la representación y el original, se denomina escala, y puede tener cualquier valor, aunque por comodidad se eligen cifras "redondas". La representación se hace por medio de una fracción.

$$E = a/A \quad \text{o bien} \quad E = a:A$$

En el mapa la escala puede indicarse de varias maneras

- 1.- Escala numérica que tiene el aspecto que hemos visto en el párrafo anterior
- 2.- Escala verbal con indicaciones del tipo “Cada centímetro es un kilómetro”
- 3.- Escala gráfica que es un artificio para representar la fracción de la escala numérica de forma gráfica

Cuando un lector no habituado a trabajar con escalas se encuentra algún gráfico como el primero de la Figura 1.14, se hace más fácilmente una idea de lo que representa la reducción de la escala del mapa que si se indica sólo mediante la escala numérica. Además tiene la ventaja de que pueden realizarse copias aumentadas o disminuidas sin que se modifique la información de la escala.

1.5.1.1 Consideraciones sobre la escala del mapa

Puesto que la superficie de una esfera no es desarrollable sobre un papel plano, la representación que se haga sobre éste no puede tener un coeficiente de relación constante con la esfera. No puede tener pues una escala constante, salvo si la representación que se hace cubre un terreno muy pequeño. De esta manera no podemos hablar de “escala para todo el mapa”.

Llamaremos Escala del Mapa o Escala Principal, la que tengan los elementos del mapa que no han sufrido deformación en la proyección. Si hemos fabricado un globo Terráqueo, la escala del globo se mantendrá constante en

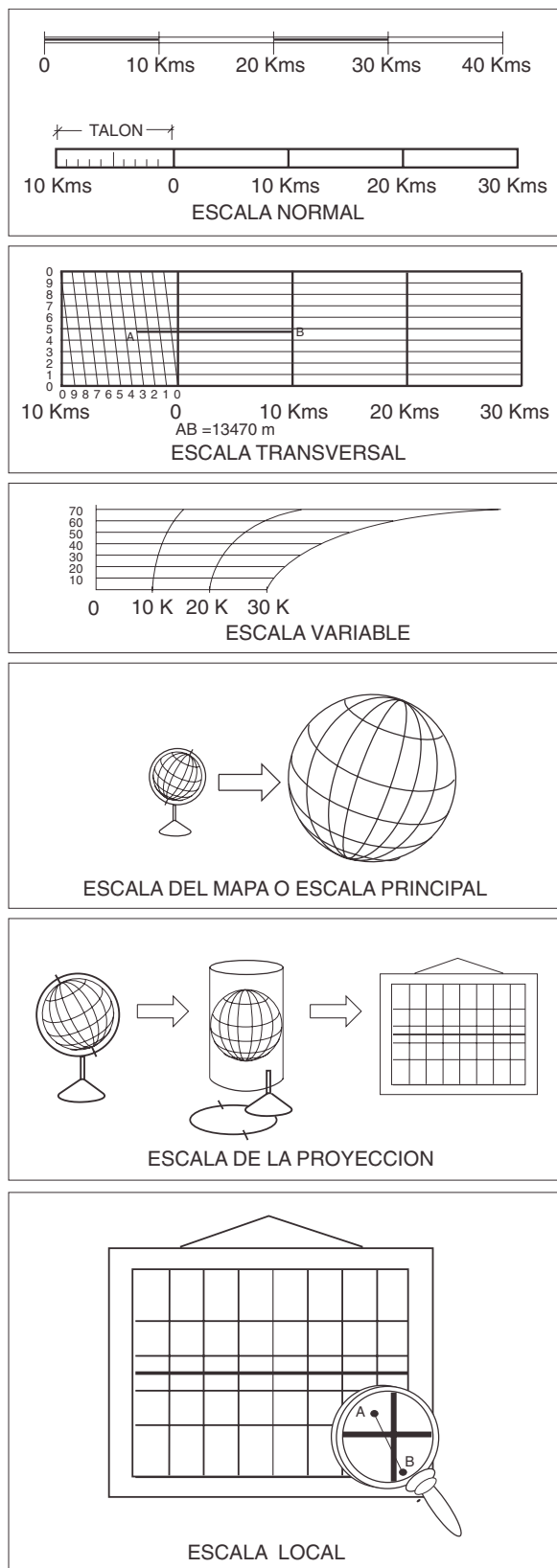


Figura 1.14

todos sus puntos pues ambos sólidos (Tierra y globo) son semejantes. Habrá pues una única escala entre ambos sólidos que llamaremos Escala Principal

Si ahora arrollamos un cilindro alrededor del globo y proyectamos desde el centro del globo todos sus puntos sobre el cilindro, existirán puntos de la nueva representación sobre el cilindro idénticos a los del globo. Es el caso del Ecuador que es la única línea tangente al cilindro. Sólomente ella tendrá la misma escala que tenía en la esfera. Dos puntos infinitamente próximos A y B, situados fuera del Ecuador, mostrarán una escala diferente de la del Ecuador. A esta escala se le denomina Escala Local que variará de un lugar a otro del mapa.

Llamaremos Factor de Escala o Escala de Proyección en un punto a la relación existente entre la escala local y la escala principal del mapa. Tomará el valor 1 allá donde la escala local coincida con la que se expresa en la leyenda del mapa. Cuando esto ocurra diremos que la línea es Automecoica en la proyección.

1.5.1.2 Elección de la escala del mapa

La escala de dibujo de un Mapa es una decisión que viene estrechamente ligada con el fin que el usuario vaya a dar al mapa. Los mapas que representan un continente, una nación o incluso una región, (mapas en los que el detalle a representar no ha de ser muy grande) la escala vendrá condicionada por:

- 1.-La dimensión del territorio a representar.
- 2.-El formato máximo utilizable por la máquina de impresión.
- 3.- El propósito del mapa.

Sin embargo cuando los mapas deban ofrecer detalles de gran precisión como los topográficos, la escala dependerá de tres factores distintos:

- a.- Del error gráfico
- b.- De la precisión del levantamiento
- c.- Del desarrollo económico de la región

Como sabemos el error gráfico suele fijarse en 0.2 mm. Este error es tanto el que se comete al dibujar el mapa como el que comete el usuario al utilizarlo.

La precisión del levantamiento condiciona la elección de la escala. Imaginemos que debido a la zona de trabajo, a las condiciones o al instrumental utilizado no podemos garantizar un error en los levantamientos menor de 1.5 mt. Esto significa que para que 1.5 mt. estén representados en el mapa por 0.2 mm (y así no haya un error mayor que otro) la escala de representación debe ser como máximo:

$$0.2 \text{ mm.}/1,5 \text{ mt.}=0.2\text{mm}/1500 \text{ mm}=1/7500$$

Se puede, de esta forma, calcular la escala a la que debe realizarse un mapa en función del error de interpretación y del error del levantamiento conjuntamente

Pongamos un ejemplo:

Llamemos I al error medio cuadrático de interpretación de un detalle en un mapa y llamemos L al error medio cuadrático del levantamiento topográfico. El error M (error medio cuadrático de los dos anteriores) será:

$$M=(I^2+L^2)^{1/2}$$

siendo los valores aceptados para L y I los siguientes:

Valores aceptados del error medio cuadrático (L) del levantamiento

Zonas sin control topográfico y por lo tanto con necesidad de realizar observaciones astronómicas = 20 m

Zonas donde hay que hacer levantamientos con puntos Doppler = 10 m

Zonas donde sólo hay triangulación de 1er.orden = 5m.

Zonas donde hay tercer orden = 1 m

Zonas con triangulación de cuarto orden = 5 cm

Valores aceptados del error medio cuadrático (I) de la interpretación:

Zonas urbanas (fácil identificar puntos) =10 cm

Zonas con gran parcelación (minifundios) =1m

Zonas con parcelación media, carreteras...= 2 m

Zonas de parcelación escasa (latifundios) = 5 m

Zonas boscosas y pantanosas = 10 m

Supongamos que se ha fijado que la precisión del mapa sea 0.14 mm. Esto quiere decir que el máximo error tolerable M ha de ser de 0.14 mm medidos en el mapa. Hemos de buscar a qué escala ocurre eso.

Llamando x al denominador de la escala del mapa, debe verificarse que $M \cdot 1/x = 0.14 \text{ mm.}$ $x = M / 0.14$

Ejemplo: Calcular la escala a que debe realizarse un plano de zona residencial muy densa; hay una buena triangulación y levantamientos con un buen control (4º orden)

Tomando los valores para L e I dados anteriormente, tendremos:

L= 50 mm

I = 10 mm

luego $M = 111,8$ de donde $x = 0,798 \approx 0.800$

La Escala = $1/ (x \cdot 1000)$ de representación será 1/800

1.5.1.3 ESCALAS NORMALIZADAS

Cada país elige unas escalas de acuerdo con su desarrollo y necesidades. Es frecuente que un país inicie su levantamiento base con una escala y lo acabe a otra, debido a la urgencia de disponer de una información cartográfica con fines militares o económicos. En España las escalas normalizadas son:

Instituto Geográfico Nacional

1 / 25.000 Mapa Topográfico Base

1 / 50.000 Mapa Topográfico Nacional

1 / 200.00 Conjuntos Provinciales

1 / 500.000

1 / 1.000.000 Península e Islas

1 / 1.000.000 Internacional del Mundo

Servicio Geográfico del Ejército

1 / 25.000 *

1 / 50.000 *

1 / 100.000

1 / 200.000 *

1 / 400.000

1 / 800.000

(*) en colaboración con el I.G.N.

1.5.2 PROYECCIONES CARTOGRAFICAS

Cuando la sociedad crea una necesidad, el ingenio humano trabaja en su satisfacción, ofreciendo multitud de respuestas más o menos acertadas. La necesidad de representar la Tierra dió como respuestas el diseño de Globos y Proyecciones

La Tierra, ya sabemos, es un cuerpo tridimensional con aspecto cercano a la esfera. Si ésto es así ¿porqué no hacer representaciones de la Tierra con su misma forma? ¿porqué no utilizar Globos Terráqueos para representar las características de la Tierra? Algunas dificultades impiden tal realización:

- 1.- Los Globos son muy costosos de fabricar, almacenar, transportar y distribuir..
- 2.- Los globos a poco que crezca el tamaño son incómodos de manejar
- 3.- Para observar con meticulosidad una parte pequeña de la Tierra, el tamaño del Globo debe crecer desmesuradamente
- 4.- La vista del Globo es siempre una perspectiva y no una vista ortográfica sin poder observar todos los puntos del Globo a la vez.

Es pues necesario buscar una solución que sea más manejable

1.5.2.1 REPRESENTACIONES PLANAS

La decisión de dibujar la superficie de la Tierra sobre una forma plana plantea 2 graves problemas:

- 1.- El primer problema nace cuando se pretende recubrir con un papel la superficie de una esfera sin arrugar la hoja. La esfera no es un sólido desarrollable y por lo tanto lo anterior es imposible.

2.- El segundo aparece cuando se intenta representar la esfera sobre un plano y hay que transformar la curvatura de las líneas esféricas en curvas planas sin estirlas o encogerlas.

Ambos problemas son imposibles de solucionar a la vez y las proyecciones cartográficas son artificios para convertir la tridimensionalidad de una esfera en la bidimensionalidad de un plano.

Para algunos propósitos es necesario tener en cuenta la forma elipsoidal de la Tierra, pero vamos a asumir su esfericidad para hablar de proyecciones, en tanto no citemos lo contrario. En cualquier caso, cuando la escala a la que vayamos a representar la Tierra o una parte de ella, vaya disminuyendo, (recordemos: vaya aumentando el denominador de la escala) la influencia de la forma elíptica irá disminuyendo también y no será en absoluto desacertado utilizar la esfera como forma de la Tierra.

1.5.2.2 CONCEPTO DE PROYECCIONES CARTOGRAFICAS

Una Proyección Cartográfica es una correspondencia biunívoca entre los puntos de la superficie terrestre y los puntos de un plano llamado Plano de proyección.

Puesto que cualquier punto de la esfera está definido por sus coordenadas geográficas (ϕ, λ) y cualquier punto del plano lo está por sus coordenadas cartesianas (X, Y) , existirán una serie infinitas de relaciones que ligen (ϕ, λ) con (X, Y) . Cada una de estas infinitas relaciones será un sistema de proyección cartográfico.

El plano de proyección puede ser un plano o una superficie desarrollable (transformable mediante un corte en plano) como el cono o el cilindro.

Cuando utilicemos un plano para proyectar los puntos de la esfera, diremos que la proyección es Azimutal

Cuando utilicemos un cono como superficie de proyección, diremos que la proyección es Cónica y si utilizamos un cilindro la llamaremos proyección Cilíndrica.

1.5.2.3 MANTENIMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS GEOMETRICAS EN LOS MAPAS

1.5.2.3.1 Mantenimiento de la forma

La principal característica de los meridianos y los paralelos entre sí es que se cortan en ángulos rectos. Si esta propiedad no se mantiene en una proyección, la forma del objeto original y la del proyectado variarán como se observa en la fig.15a.

1.5.2.3.2 Mantenimiento de la Superficie

Sea una pequeña superficie del Globo A,B,C,D de forma cuadrada y de lado unidad (Figura 1.15b)

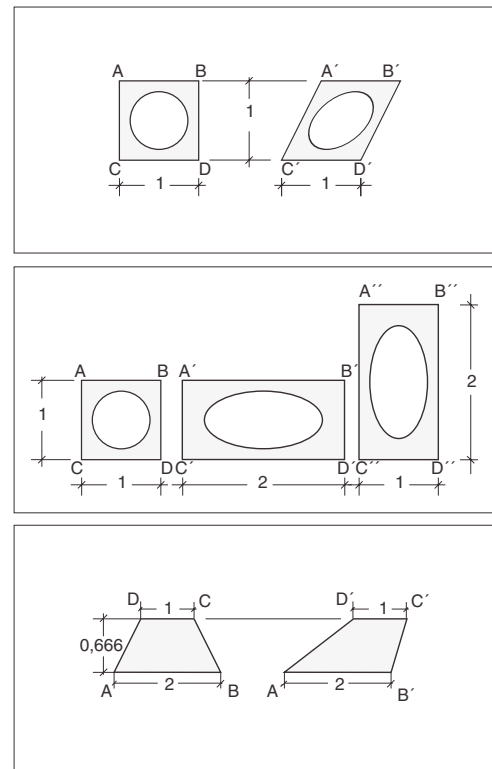


Figura 1.15 (a,b,c)

Si en la proyección, la escala a lo largo de los meridianos se duplica respecto a la escala a lo largo de los paralelos, el cuadrado se transformará en un rectángulo de 2×1 destruyéndose la forma original y duplicándose la superficie. Si la escala a lo largo de los paralelos se duplica respecto a la de los meridianos, también se destruirá la forma original en sentido contrario al anterior y la superficie también se verá afectada en la misma cantidad.

Si mantenemos el condicionante de que los meridianos y los paralelos se corten ortogonalmente, podemos mantener la superficie sin más que modificar la separación entre unos y otros de forma que la expresión :

$$\text{Base} \cdot \text{Altura} = K \text{ (constante)}$$

Esto es, podemos mantener la superficie compensando las escalas entre meridianos y paralelos. Si la escala de los meridianos aumenta al doble, la de los paralelos debe disminuir a la mitad. De esta forma garantizaremos la ortogonalidad de meridianos y paralelos y además el mantenimiento de superficies.

También las superficies pueden mantenerse sin respetar la ortogonalidad anterior. Si un cuadrado de lado unidad se transforma como se indica en la figura 1.14c, la superficie permanecerá inalterable. Esta es una figura geométrica común en las representaciones cartográficas: el trapecio formado por dos meridianos y dos paralelos. En él, la superficie es $((AB+CD))/2 \cdot h$ Si forzamos a que se transforme en $A'B'C'D'$ la superficie se mantendrá.

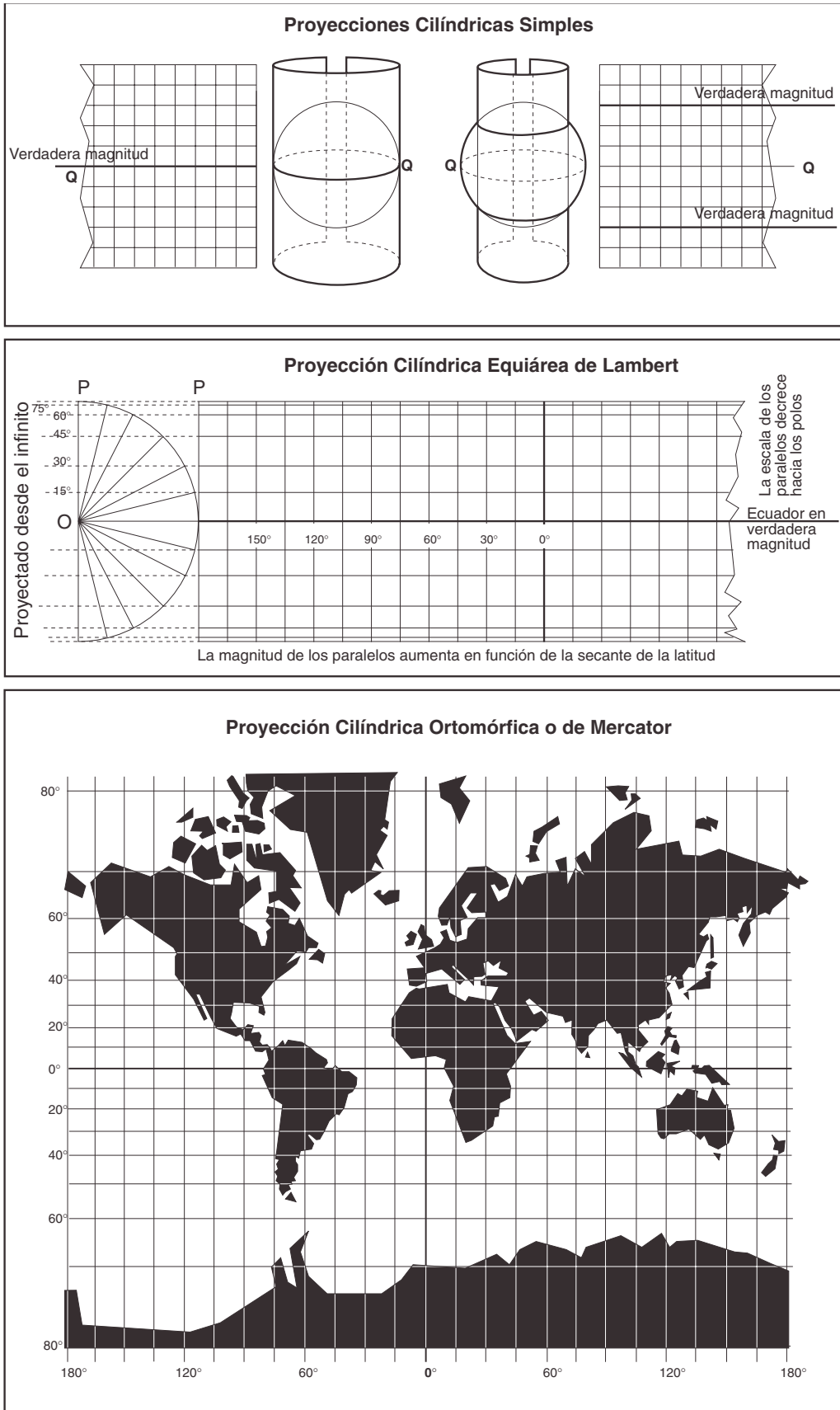


Figura 1.16

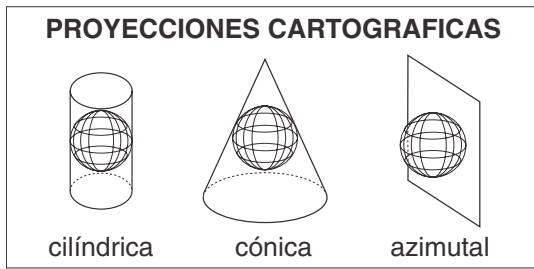


Figura 1.17

1.5.2.3.3 Proyecciones Conformes

Si un mapa mantiene los ángulos que dos líneas cualquiera forman en la superficie terrestre, se dice que el mapa es conforme.

Para que haya conformidad es necesario que en el mapa los meridianos y los paralelos se corten en ángulo recto y que la escala sea la misma en todas las direcciones alrededor de un punto, sea el punto que sea. Estas dos condiciones se dan en un globo pero son difíciles de mantener en una representación plana.

El término “mapa conforme” se utiliza frecuentemente de manera errónea, pues las condiciones de conformidad

pueden llevarse a cabo sólo en pequeñas áreas de un mapa plano. Las formas de los grandes continentes mostradas en los mapas planos difieren de la forma que tienen en los globos. Sólomente las pequeñas áreas pueden considerarse iguales en el plano y en la esfera.

Las proyecciones conformes, al mantener los ángulos, se utilizan para la confección de cartas náuticas y aeronáuticas.

1.5.2.3.4 Proyecciones equivalentes

Se dice que una proyección cartográfica es equivalente cuando las superficies medidas sobre el plano de proyección son iguales a las medidas sobre la esfera. No podemos conseguir esta igualdad sin deformar considerablemente los ángulos de la esfera y del plano. Por lo tanto, ninguna proyección puede ser equivalente y conforme a la vez.

Las proyecciones equivalentes, al mantener las superficies, se utilizan para poner de relieve la distribución de productos sobre la superficie de la Tierra.

PROYECCIONES CARTOGRAFICAS

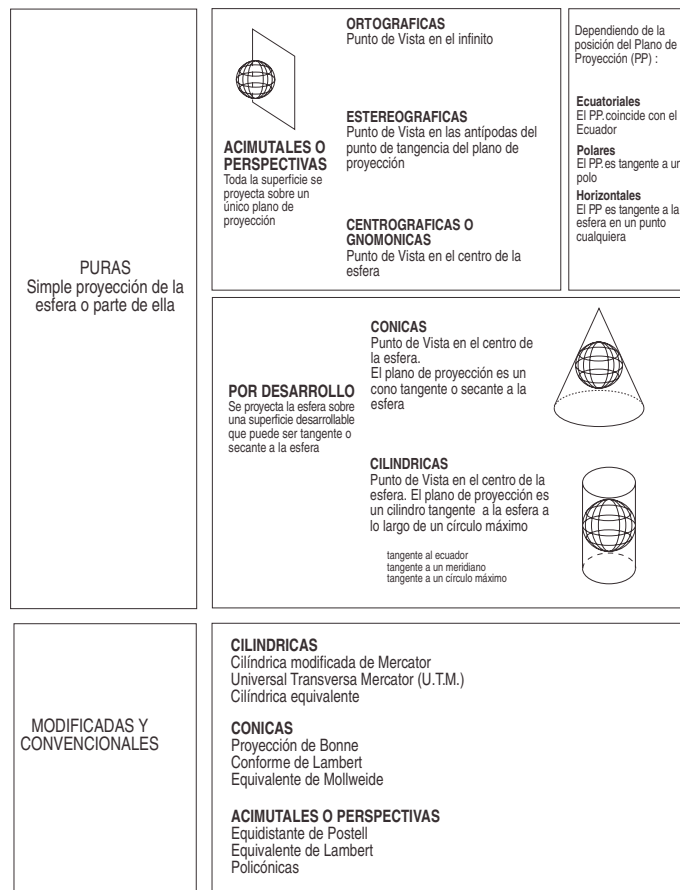


Figura 1.18

1.5.2.3.5 Proyecciones equidistantes

Cuando una proyección mantiene las distancias entre dos puntos situados sobre la superficie del Globo (representada por el arco de Círculo Máximo que las une) se denomina equidistante. Es posible diseñar mapas que tengan esta característica, pero las distancias correctas sólo podrán ser medidas desde un punto, o dos como máximo. Las distancias entre otros puntos no serán correctas.

1.5.2.3.6 Proyecciones afilácticas

Llamaremos Proyecciones Afilácticas o Proyecciones Cualquiera, aquellas que no conservan ni los ángulos ni las superficies, pero que las deformaciones no son muy grandes.

1.5.2.4 EL GRUPO DE PROYECCIONES CILÍNDRICAS

Las proyecciones cilíndricas se basan en el artificio de circunscribir un cilindro alrededor de la esfera terrestre. Este cilindro es tangente a la esfera a lo largo de un círculo máximo.

Cuando desarrollamos el cilindro cortándolo a lo largo de una de sus generatrices, se transforma en un rectángulo, uno de cuyos lados es la longitud del círculo máximo terrestre ($2\pi R$).

En todas las proyecciones de este grupo, los paralelos son líneas rectas, cuya longitud es la misma que la del Ecuador, mientras que los meridianos son también líneas rectas paralelas separados entre sí una longitud que es correcta sólo en el Ecuador. Paralelos y meridianos se cortan entre sí ortogonalmente.

Hay tres Proyecciones Cilíndricas principales:

La Proyección Cilíndrica Simple

La Cilíndrica Equiárea o de Lambert

La Cilíndrica Ortomórfica o de Mercator

La única diferencia entre estas tres proyecciones es la separación de los paralelos.

En la Proyección Cilíndrica Simple, se supone el centro de proyección en el centro de la Tierra, y el cilindro tangente al Ecuador. La separación entre paralelos y el Ecuador, vendrá definida sólo por la latitud del paralelo

En la Proyección Cilíndrica Equiárea, la separación entre paralelos irá disminuyendo conforme nos acerquemos a los Polos. Esta disminución estará en proporción con el aumento que experimenta la separación de meridianos, con el fin de que las áreas determinadas por los paralelos y los meridianos se mantengan; en otras palabras, la reducción de la escala a lo largo del meridiano es compensada exactamente por el aumento de la escala a lo largo del paralelo.

En la Proyección Cilíndrica Ortomórfica, la separación

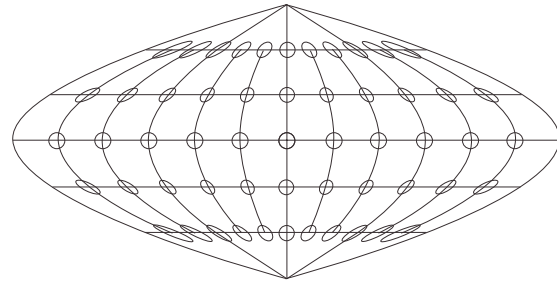


Figura 1.18.- Proyección sinusoidal del mundo con las elipses de Tissot cada 30° para observar las deformaciones correspondientes a cada zona de la Tierra.

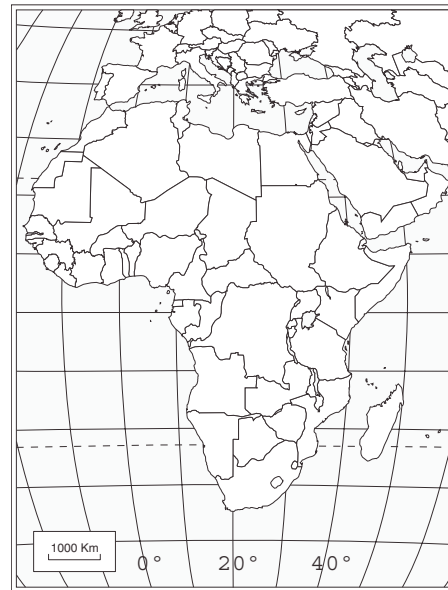


Figura 1.19



Figura 1.20

entre paralelos se hace aumentar progresivamente hacia los Polos. El espaciamiento en este caso se hace de forma que cualquiera que sea un punto P de la proyección, las escalas locales del meridiano y del paralelo en el punto sean iguales.

Con esta condición añadida se satisface la cualidad de ortomorfismo en una proyección cilíndrica (misma variación en escala y corte ortogonal).

1.5.2.5 EL GRUPO DE PROYECCIONES CONICAS

Las proyecciones cónicas se producen al situar un cono sobre la superficie de la Tierra y proyectar los puntos sobre él.

El eje del cono coincide con el eje de los polos y el contacto de cono y esfera se produce a lo largo de un paralelo (en el caso mas general). Este paralelo de tangencia se llama paralelo estándar. Cuando el contacto entre cono y esfera no se hace de forma tangencial sino que ambos se cortan, se producen dos paralelos estándar.

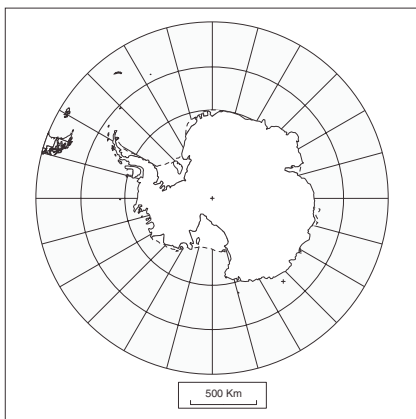


Figura 1.21.- Proyección Azimutal estereográfica de la Antártida

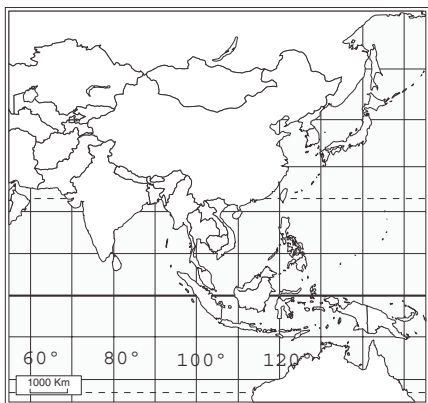


Figura 1.22.- Proyección Mercator. Sudeste asiático y Norte de Australia

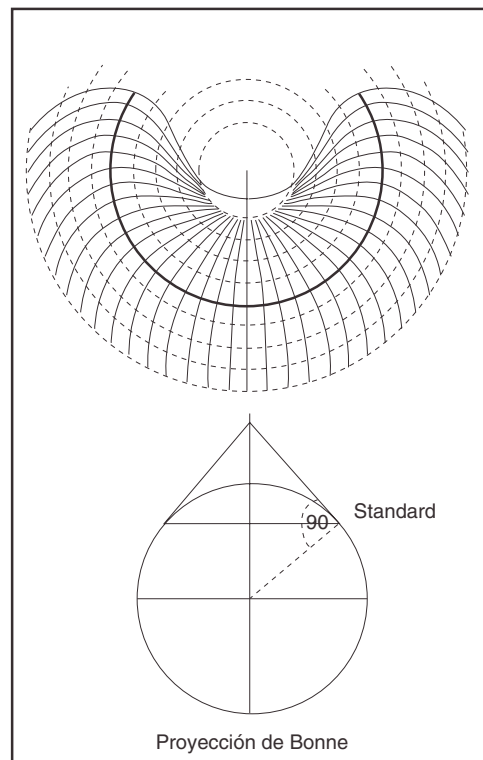
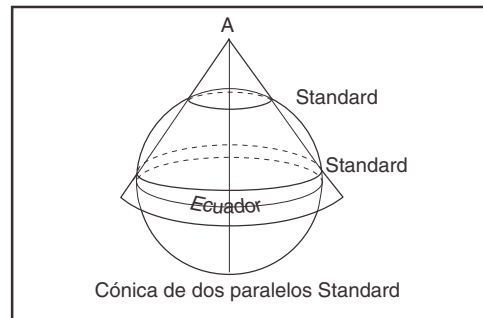
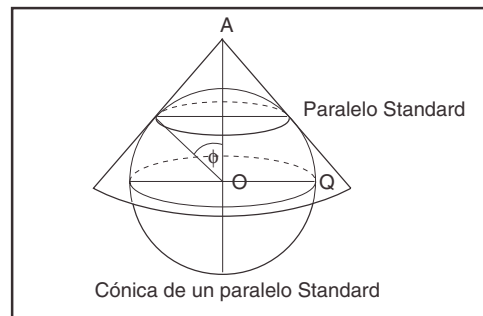


Figura 1.23

En las proyecciones cónicas (siempre que el eje del cono coincida con el eje de los polos) los meridianos aparecen como rectas concurrentes y los paralelos como circunferencias concéntricas. Entre las Proyecciones Cónicas más importantes citaremos:

- La Proyección Cónica de un paralelo estándar.
- La Cónica de dos paralelos estándar.
- La Proyección de Bonne.

La proyección Cónica Conforme de Lambert
La Proyección Cónica Equivalente de Lambert

Tanto la de un paralelo estándar como la de dos tienen el punto de vista en el centro de la esfera. Son proyecciones Afilácticas o Cualquiera y tienen escaso interés práctico. Sólomente la escala a lo largo de los paralelos estándar es correcta, aumentando tanto en la dirección de los polos como en la dirección del Ecuador.

La Proyección de Bonne es un caso particular de la de un paralelo estándar consiguiéndose una Proyección equiárea. No es exactamente una proyección cónica -puesto que los meridianos no se representan como rectas concurrentes sino como arcos- pero se aproxima bastante al ser los paralelos círculos concéntricos.

La Proyección Cónica Conforme de Lambert se realiza tanto sobre un cono tangente como sobre uno secante y se obtiene una red de paralelos que son arcos de círculos concéntricos y meridianos rectilíneos concurrentes. Los radios de los círculos que representan los paralelos se fijan de modo que garanticen la condición de conformidad. La escala se mantiene constante a lo largo de cada paralelo aunque conforme nos alejamos del paralelo de contacto (o de los paralelos secantes) la escala aumenta rápidamente.

La Proyección Cónica Equivalente de Lambert asegura su equivalencia por la longitud de los radios de los círculos que representan a los paralelos.

1.5.2.6 EVALUACION Y ELECCION DE UNA PROYECCION CARTOGRAFICA

El correcto diseño de un mapa tiene en la elección de la proyección más adecuada, uno de sus primeros pasos. Las descripciones matemáticas de cada una de las proyecciones más importantes en Cartografía pueden encontrarse en los textos especializados en cartografía matemática. Mostraremos un resumen de las propiedades de algunas de ellas.

La importancia de la elección de la proyección más adecuada para cada tipo de trabajo, aumenta al disminuir la escala del mapa. Los mapas del mundo entero son los que muestran las mayores deformaciones de algunos países en comparación con otros.

Hay un número enorme de proyecciones distintas. Sin embargo, a menudo, ninguna de ellas satisface totalmente las premisas de partida, en cuyo caso, se debe crear una proyección nueva que satisfaga plenamente o se debe modificar alguna de las anteriores.

La elección de la proyección depende por completo del propósito del mapa, y la evaluación de cual es la más adecuada para un determinado fin se reduce al análisis de las distorsiones y al de las situaciones geográficas de los países que han de representarse.

1.5.2.6.1 Análisis de las deformaciones

El mapa deberá ser equivalente o conforme pues ya sabemos que ambas propiedades son excluyentes. La elección que se haga dependerá del uso que se vaya a dar al mapa.

Las proyecciones conformes muestran normalmente una distorsión de las superficies en tanto que las equivalentes muestran deformaciones angulares. Para evaluar las deformaciones se utiliza el denominado Artificio de Tissot (Fig.18), consistente en constatar las deformaciones sufridas por un círculo elemental de terreno. El resultado son las conocidas elipses de error en las que la magnitud y dirección de sus ejes nos indican las direcciones de máxima y mínima deformación.

Opiniones autorizadas afirman que una de las proyecciones que mejor se adaptan a una representación completa del Mundo es la Cilíndrica Equivalente de dos paralelos estándar, situando éstos a 30° N y S.

1.5.2.6.2 Elección de la proyección por regiones del mundo

Para los mapas de continentes o países de propósito general, se ha indicado que la proyección más apropiada es la Cónica de dos paralelos Estándar, pero si deben mantenerse las áreas deberemos utilizar la de Bonne. Estas son las proyecciones más utilizadas para representar Europa, Australia o grandes países no excesivamente desproporcionados, como la India.

Para los casos de Africa y Sud-América la proyección más adecuada es la de Sanson-Flamstead. La Proyección de Mollweide se aconseja para zonas con gran extensión de E-W y tierras situadas en las zonas tropicales. En el caso de Africa se debe situar el centro a los 20° E y en el caso de Sud América a los 60°E

Las regiones grandes situadas en zonas intermedias, como pueden ser los casos de Asia y Norteamérica, plantean muchas dificultades pues es difícil evitar las deformaciones. Normalmente suelen representarse con la proyección de Bonne.

Para las Zonas Polares es generalizado el uso de proyecciones Azimutales.

1.5.3 BASE GEODESICA

Al conjunto de conocimientos matemáticos que nos describen la forma y dimensiones de La Tierra necesarios para su representación los llamaremos Base Geodésica.

La Humanidad, sabiendo poco de Geodesia, estaba cerca de la verdad desde que los Pitagóricos, en contra de la teoría babilónica según la cual la Tierra era un disco plano, afirmaron que la Tierra debía ser una esfera perfecta. Afirmación que cuando se realizó se hizo con criterios más poéticos que científicos.

La paulatina desaparición de los barcos en el horizonte, la variación de la altura de la Polar sobre el horizonte dependiendo del lugar de observación, y la sombra producida por la Tierra sobre la Luna durante sus eclipses, condujeron a la afirmación de la esfericidad terrestre. Sin embargo tal afirmación no fue confirmada hasta que Magallanes no circunnavegó la Tierra.

Hoy para la total determinación de la forma de la Tierra podemos utilizar una gran variedad de métodos:

- Astronómicos
- Geométricos: Triangulaciones, Nivelaciones
- Geofísicos: Gravimetría
- Geodésicos espaciales

1.5.3.1 EL ELIPSOIDE

Isaac Newton, (una vez demostrada la redondez de la Tierra) afirmó que debido a la rotación de la Tierra alrededor del eje de los polos, las tierras cercanas al Ecuador

experimentarían una fuerza centrífuga mayor que las de los polos, por lo que aquéllas tenderían a alejarse del centro de la Tierra más que las polares. Debido a estas fuerzas, la Tierra obligatoriamente debería de tener una forma elipsoidal, cuya sección sería una elipse de eje menor coincidente con la línea de los polos y de eje mayor coincidente con el diámetro ecuatorial.

La demostración de la anterior afirmación Newtoniana, se realizó en el primer tercio del siglo XVIII (entre 1735 y 1743). La Academia de las Ciencias Francesa, patrocinó dos expediciones para medir un grado de meridiano terrestre. Una de las expediciones mediría el grado en las tierras septentrionales de Laponia y otra expedición lo mediría en el virreinato del Perú, donde actualmente se encuentra El Ecuador.

Con la ayuda de observaciones astronómicas y de instrumentos de gran precisión para la época, la comparación de los resultados puso en evidencia la sustancial diferencia entre el grado medido en ambas tierras. Puesto que la longitud sobre la Tierra de un grado de meridiano va íntimamente unida a la longitud del radio de la Tierra en ese lugar, las diferencias sólo podían ser achacables a diferentes radios terrestres. La forma de elipsoide achatado por los polos fue aceptada.

1.5.3.2 EL GEOIDE

Si la composición de la Tierra fuese homogénea (pensemos en una Tierra totalmente líquida) la forma de la Tierra, al margen de atracciones solares y lunares, sería probablemente muy cercana a la elíptica. Sin embargo la distribución de las masas no es homogénea y los valores calculados teóricamente de la atracción de la gravedad sobre el elipsoide y los medidos realmente con el gravímetro difieren.

El geoide puede considerarse como la superficie equipotencial del campo gravitatorio terrestre que coincide con la superficie de los mares en reposo. Esa superficie no coincide con la del elipsoide en virtud de atracciones irregulares ejercidas por las masas terrestres sobre la plomada

Puesto que esta superficie es una superficie irregular, es difícil su manejo matemático por lo que se adopta el elipsoide como cuerpo más parecido. El elipsoide que se toma de referencia admite la misma masa, el mismo eje de rotación y el mismo centro de gravedad que el Geoide y viene definido por su semieje mayor, que denominaremos *a* y su semieje menor que denominaremos *b* Designaremos como achatamiento o aplanamiento de la elipse a la relación $(a-b)/a$

Numerosos estudiosos del tema han ofrecido sus resultados para dar con un elipsoide que se aproxime al geoide.

He aquí una lista de los elipsoides más conocidos y los países que los han utilizado:

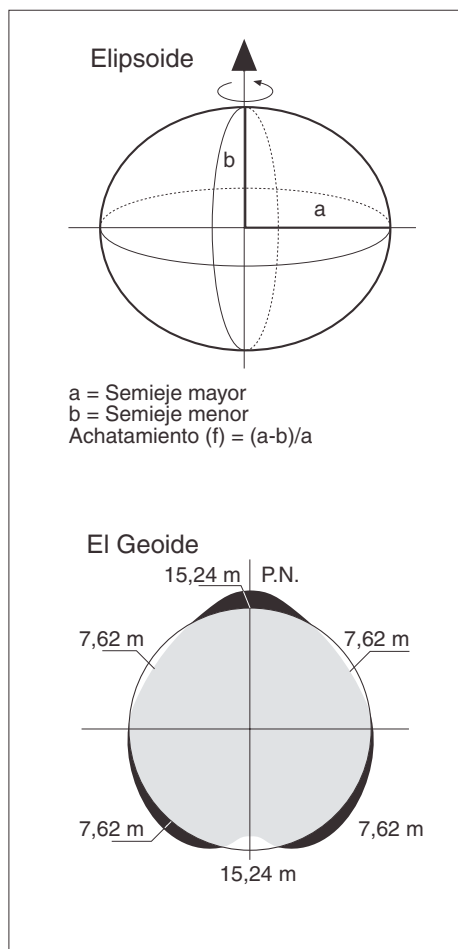


Figura 1.24.- El elipsoide es un sólido de revolución definido por sus semiejes. El Geoide muestra unas diferencias con el geoide que se pretende que sean lo menores posibles. Se muestran éstas respecto al elipsoide de Clarke. (B.Dent)

CARACTERÍSTICAS DE LA PROYECCION	FORMA DE PARALELOS		FORMA DE MERIDIANOS		INTERSECCION PARAL. Y MERID.		ESCALA LO LARGO DE MERIDIANOS		ESCALA LO LARGO DE PARALELOS		REPRESENTAC. DE LA FORMA		REPRESENTAC. DEL AREA		OTRAS PROPIEDADES		UTILIZACION
	NOMBRE DE LA PROYECCION	FORMA DE PARALELOS	FORMA DE MERIDIANOS	INTERSECCION PARAL. Y MERID.	ESCALA LO LARGO DE MERIDIANOS	ESCALA LO LARGO DE PARALELOS	REPRESENTAC. DE LA FORMA	REPRESENTAC. DEL AREA	OTRAS PROPIEDADES	UTILIZACION							
PROYECCION POLICONICA	Arcos de círculos pero no concéntricos. Cada paralelo tiene su propio radio	Lineas curvas pero no arcos de círculo	Siempre el meridiano central corta a los paralelos en ángulos rectos. Se incrementa la oblicuidad lejos del meridiano central	Correcta solamente a lo largo del meridiano central. Se incrementa la exageración con la distancia al meridiano central	Todos correctos	La forma se distorsiona fuertemente cuando se aleja del meridiano central	No equivalente. Las áreas se exageran fuertemente del meridiano central	Las direcciones no son correctamente representadas	Apropiado para mapas en relieve y para pequeñas áreas. Es la base del Mapa Internacional a escala 1:1,000,000. No utilizable para altas normalmente.								
HOMOLOGRAFICA DE MOLLWEIDE	Lineas rectas	Elipses excepto el meridiano central que es una recta y los meridianos de 90° E y W que son dos semicírculos	Solo el meridiano central corta a los paralelos con ángulos rectos. Los demás aumentan la oblicuidad hacia los márgenes	El meridiano central es muy corto. Se incrementa al alejarse del central	El ecuador y los paralelos hasta los 45° (aproximadamente) de latitud son más cortos. (aprox.) hasta el polo son mayores	Muchta distorsión en las zonas periféricas. A menudo de 30° del meridiano central la forma es buena.	Equivalente	Las direcciones no son correctamente representadas	Las distorsiones periféricas son un grave defecto para la representación del Globo completo pero la interrupción y el recortado de meridianos mejorará el aspecto del las masas de tierra								
SINUSOIDAL	Lineas rectas de longitud correcta y correctamente separadas	Todos excepto el meridiano central son curvas complejas	Solo el meridiano central corta a los paralelos en ángulos rectos. Los demás aumentan la oblicuidad de los paralelos hacia los márgenes	Se incrementa la exageración fuera del meridiano central	Todos correctos	Muchta distorsión en las zonas periféricas. Los estilos E y W son estirados en demasía. Mejor con interrupciones.	Equivalente	Las direcciones no son correctamente representadas	Para vez se utiliza para representar el globo terrestre sin interrupciones. Ofrece un buen mapa equivalente de continentes que se encuentran a horizontales del ecuador con relativamente poca extensión en la dirección E/W. (Ej: América del Sur o África)								
GNOMONICA POLAR	Círculos concéntricos con el polo como centro	Lineas rectas convergentes en el polo con su verdadera separación angular	Ángulos rectos	Se incrementa la exageración desde el polo	Se incrementa la exageración desde el polo	Prácticamente buena toma hasta 30° de separación del polo. Aumentan las deformaciones rápidamente hacia el ecuador	Las áreas aumentan progresivamente hacia el ecuador	Las direcciones desde el centro del mapa son correctas. Cualquier línea recta dibujada sobre el mapa es un círculo máximo	Navegación y mapas de contenido general. Representación de zonas Polares								
GNOMONICA ECUATORIAL	El Ecuador es representado por una línea recta. Los otros paralelos son curvas complejas curvadas hacia los polos	Lineas rectas paralelas que corren al Ecuador en ángulo recto. Todos los círculos máximos incluidos los meridianos se representan por líneas rectas	El ecuador corta a los meridianos en ángulo recto. Los paralelos cortan a los meridianos con una oblicuidad que aumenta dependiendo de la cercanía a los márgenes del mapa y la cercanía a los polos	Se incrementa la exageración hacia los polos. La exageración a lo largo de los sucesivos meridianos es progresivamente mayor cuanto más al E. o al W del meridiano central	Se incrementa la exageración hacia los polos	Las masas terrestres se elongan progresivamente cuando más lejos del meridiano central y del ecuador. Es buena la representación de las zonas comprendidas entre los 35° del meridiano central y del ecuador	Las áreas se aumentan progresivamente cuando más lejos del meridiano central y del ecuador. Las áreas son aceptables en las zonas comprendidas entre los 35° del meridiano central y del ecuador	Las direcciones desde el centro del mapa son correctas. Cualquier línea recta dibujada sobre el mapa es un círculo máximo	Aplicable para África tropical y Sudamérica y para cualquier territorio que no se extienda más de 30° en cualquier dirección								
GNOMONICA HORIZONTAL	El Ecuador es representado por una línea recta. Los otros paralelos son curvas complejas curvadas hacia los polos	Lineas rectas convergentes hacia el polo el cual se representa por un punto	Solo el meridiano central corta a los paralelos en ángulo recto. Los otros meridianos cortan a los paralelos con una oblicuidad creciente hacia los márgenes del mapa especialmente a partir de los 30° del meridiano central	La escala a lo largo del paralelo central se incrementa uniformemente hacia el ecuador y el polo desde el centro del mapa. La exageración en los otros es progresivamente mayor lejos del meridiano central y especialmente hacia el ecuador	Se incrementa la exageración desde el centro	Solo válida hasta 30° del centro del mapa	Las áreas son aceptables hasta 30° del centro del mapa	Las direcciones desde el centro del mapa son correctas. Cualquier línea recta dibujada sobre el mapa es un círculo máximo	Mapas de propósito general con extensión menor de 30° del centro. Mejor para estar el centro situado en cualquier lugar es una proyección muy utilizada								

Figura 1.25

CARACTERÍSTICAS NOMBRE DE LA PROYECCION	FORMA DE PARALELOS	FORMA DE MERIDIANOS	INTERSECCION PARAL. Y MERID.	ESCALA AL LARGO DE MERIDIANOS	ESCALA AL LARGO DE PARALELOS	REPRESENTAC. DE LA FORMA.	REPRESENTAC. DEL AREA.	OTRAS PROPIEDADES	UTILIZACION
CILINDRICA SIMPLE	Rectas paralelas	Rectas paralelas	Ángulos rectos	Todos iguales	El ecuador correcto; los demás exagerados en función de la secante de la latitud	No ortomorfa. Las zonas tropicales presentan una forma razonablemente buena. Estratamiento de las masas terrestres en la dirección E-W en las altas latitudes	No equivalente. Áreas progresivamente exageradas hacia los polos	Direcciones no correctamente representadas	Uso restringido para las zonas tropicales. Se usa muy rara vez. Se prefiere utilizar una equivalente
CILINDRICA EQUIVALENTE DE LAMBERT	Rectas paralelas	Rectas paralelas	Ángulos rectos	Disminuye hacia los polos. En cualquier punto disminuye tanto como aumenta la de los paralelos. La escala de los paralelos y la de los meridianos están compensadas.	El ecuador correcto; los demás exagerados en función de la secante de la latitud	Fuente mente deformada hacia los polos a partir de 45 grados de latitud. Masas terrestres estratadas en la dirección E-W y comprimidas en N-S	Equivalentemente. Escalas de meridianos y paralelos compensadas.	Direcciones no correctamente representadas	Usada para representar distribuciones en los países de zonas tropicales pero es preferible utilizar la de Mollweide
CILINDRICA CONFORME DE MERCATOR	Rectas paralelas	Rectas paralelas	Ángulos rectos	Se incrementa progresivamente hacia los polos en la misma proporción que la exageración de la escala de los meridianos	El ecuador correcto; los demás exagerados hacia los polos en función de la secante de la latitud	Conforma. Mantiene la forma correcta para superficies pequeñas	Las áreas son fuertemente exageradas hacia los polos en función del cuadrado de la secante de la latitud	Cualquier línea recta es una línea de rumbo constante. A los círculos representados como curvas son la conformidad hacia el polo	Especialmente indicada para la navegación aérea o marítima, o para cualquier propósito que necesite el señalamiento de direcciones, por ejemplo direcciones de vientos o de corrientes oceánicas.
CONICA SIMPLE	Círculos concéntricos separados en verdadera magnitud. El polo está representado por un arco de círculo	Líneas rectas convergentes en el centro de curvatura de los paralelos	Ángulos rectos	Todos correctos	Correcta a lo largo del paralelo estándar; todos los otros son más largos. La exageración se incrementa progresivamente desde el paralelo estándar hacia los polos y hacia el ecuador	Las masas de tierra se distorsionan desde el paralelo estándar estirándose fuertemente en la dirección E-W	La exageración de las áreas se incrementa rápidamente desde el paralelo estándar hacia los polos y el ecuador	Las direcciones no son correctamente representadas	No puede ser usada para zonas de mucha extensión en latitud. Utilizable solamente para para pequeños países que no se extiendan más de 10 grados de N a S.
CONICA CON DOS PARALELOS STANDARD	Círculos concéntricos separados en verdadera magnitud. El polo está representado por un arco de círculo	Líneas rectas convergentes en el centro de curvatura de los paralelos	Ángulos rectos	Todos correctos	La escala a lo largo de los dos paralelos estándar es correcta. Entre ellos la escala es menor. Fuera de ellos la escala aumenta progresivamente	No conforme. Aunque mejora los defectos de la de un paralelo estándar, mantiene las mismas características de ella	No equivalente. Aumenta la exageración fuera de los meridianos hacia el ecuador	Las direcciones no son correctamente representadas	Mejoras sobre la de un paralelo estándar. El error en la escala de los paralelos está más suavemente repartido, también para pequeños países
PROYECCION DE BONNE	Círculos concéntricos separados en verdadera magnitud. El polo está representado por un punto	Curvas compuestas. No arcos de circunferencias	Solamente el meridiano central con a los paralelos en ángulos rectos	Se incrementa progresivamente hacia los meridianos del mapa, especialmente en las medias y en las altas latitudes	Todos correctos	La forma de las masas de tierra se deforma con el incremento de la distancia desde el meridiano central, especialmente en las medias y en las altas latitudes	Equivalentemente	Las direcciones no son correctamente representadas	Utilizable para masas de tierra situadas en un hemisferio y que su dirección E-W no sea demasiado larga. Mapas de propósitos generales y mapas de distribuciones por continentes o partes de ellos. (No utilizable para representar Eurasia pero sí para Europa)

Figura 1.26

<u>DENOMINACION</u>	<u>RADIO ECUAT</u>	<u>ACHAT</u>	<u>PAIS</u>
Struve	6378,298	1/295	España
Internacional	6378,388	1/297	Varios
Clarke 1880	6378,249	1/293,5	Francia
Clarke 1866	6378,206	1/295	E.E.U.U.
Bessel	6377,397	1/299	Japón
Airy 1830	6377,563	1/299	R.U.
Everest 1830	6377,276	1/301	India
I.U.G.G. 1967	6378,160	1/298	
Krassowsky 1940	6378,245	1/298	U.R.S.S.

La elección de uno u otro elipsoide, como forma de referencia de la Tierra, causa numerosos problemas a la hora de confrontar países con diferente elipsoide.

Esto puede reducirse en el futuro con la adopción por parte de todos los países de un único sistema referencial como el NAD 83 (North American Datum), o al WGS 84 debido al extenso uso que se hace del GPS.

1.5.3.2 El meridiano origen y otros círculos

Una primera necesidad para establecer la situación de puntos sobre la Tierra es encontrar un sistema sobre el que referirlos.

Una esfera o un elipsoide son superficies continuas sin puntos de comienzo o de final. Si la Tierra fuese simplemente un cuerpo flotando libremente en el espacio, no habría ningún punto donde referir los puntos de su superficie. Afortunadamente la Tierra gira sobre sí misma alrededor de un eje -el de los Polos- sobre el que comenzar a referir todos los demás puntos.

Llamaremos Círculo Máximo a la intersección de la Tierra con cualquier plano que pase por su centro.

Ya que el eje de la Tierra está localizado y la corta en los Polos, llamaremos Meridianos a los círculos máximos que contienen a los Polos.

El Ecuador será el círculo máximo que es perpendicular a los meridianos.

Llamaremos Círculos Menores a los obtenidos por la intersección de la Tierra con planos que no contienen al centro de la Tierra.

Llamaremos Paralelos a los círculos menores paralelos al Ecuador.

El Ecuador es el origen de la numeración aplicada a los paralelos

Mientras que los Polos y el Ecuador sirven para identificar a los paralelos y ordenarlos, (de 0° en el Ecuador a 90° en los polos) no existe un origen natural para los meridianos.

En un principio, el meridiano origen estaba determinado por la elección caprichosa del cartógrafo o del Organismo

Cartográfico de cada país, como ocurría con el elipsoide de referencia. Hay dos criterios con visos de racionalidad para la elección del Meridiano origen:

-Por una parte se podía elegir como Meridiano Origen aquél que pasase por el punto fundamental de la triangulación. Presenta el inconveniente de dividir la zona en dos partes: una con longitudes E y otra con longitudes W a uno y otro lado del meridiano origen.

-Por otra parte se podía elegir un Meridiano Origen que esté fuera de la zona a representar de forma que deje todas las tierras a un mismo lado. Esta última solución fue ya adoptada por Ptolomeo que eligió como Meridiano Origen el que pasaba por el pico Echeide, el más alto de la isla Nivaria en Las Islas Afortunadas (hoy conocido como Pico del Teide en la Isla de Tenerife).

Posteriormente, desde 1634, se utilizó para la cartografía francesa el que pasaba por el cabo de Orchilla, el punto más occidental de la Isla del Hierro, también en las Islas Canarias, y que fue utilizado hasta 1800. Este Meridiano tenía la particularidad de que dejaba al Este a toda Europa y todo el continente Africano y por lo tanto no existían tierras al Oeste de él. Hasta hace muy poco tiempo países como Polonia, Hungría y hasta muy recientemente Checoslovaquia, han seguido utilizando este Meridiano.

Sin embargo, a partir de 1884 el Meridiano del Observatorio de Greenwich en las cercanías de Londres, fue adoptado como origen por un gran número de naciones. Tiene la desventaja de dejar parte de Europa al Este y otra parte al Oeste pero tiene la ventaja -dicen los británicos- de poseer un antimeridiano sobre el que se realiza el cambio de fecha, que no divide muchas tierras. Es una forma de defender lo indefendible, pues no hay nada más que mirar lo quebrada que está la línea del cambio de fecha para comprobar lo falso de tal afirmación.

1.5.3.4 EL ELIPSOIDE DE HAYFORD

En 1924 la Asamblea General de la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica, recomendó la utilización del elipsoide de Hayford.

Este elipsoide que es el generalmente utilizado en nuestro país, tiene unas constantes que son:

Semieje mayor $a = 6378,388$ Kms

Semieje menor $b = 6356,912$ Kms.

Achatamiento $(a-b)/a = 1/297$

Circunferencia meridiana 40008,4 Kms.

Circunferencia Ecuatorial 40075,9 Kms.

Debido al achatamiento, las dimensiones longitudinales de un grado (1°) de latitud varían de esta forma:

Ecuador 110,51 Kms.

Polos 111,70 Kms.

1.5.3.5 PUNTO FUNDAMENTAL

Hasta ahora hemos visto que el elipsoide (sea cual sea) es una figura “más o menos parecida” al geoide. Sería conveniente unir ambos -geoide y elipsoide- para referir los puntos de uno de ellos, el geoide amorfo, respecto de los del otro, matemáticamente definido. Se denomina Punto Fundamental, a un punto arbitrario de la superficie del geoide que se hace coincidir con el elipsoide tomado de referencia. De otra forma: Es un punto donde al geoide y al elipsoide se les hace ser tangentes.

Una vez ligados uno y otro podemos referir todos los puntos del geoide a este elipsoide “encadenado”. Según el punto que se elija como fundamental, el elipsoide coincidirá más o menos en otros puntos de la Tierra.

Antiguamente el P.F. en España era el Observatorio Astronómico de Madrid, cuando se utilizaba el elipsoide de Strùve. Hoy nuestro Punto Fundamental está situado muy cerca de Berlín, en Potsdam y el elipsoide como hemos indicado es el de Hayford.

1.5.3.6 El Datum

Las posiciones del elipsoide respecto al geoide quedan definidas por una serie de parámetros:

- 1.- El punto fundamental
- 2.- X,Y,Z del centro del elipsoide
- 3.- α , β , γ ángulos de giro del elipsoide respecto a la Tierra
- 4.- a y b semiejes del elipsoide

Al conjunto formado por (P.F., X,Y,Z, α , β , γ , a,b) se denomina DATUM, y se asocia al nombre del Punto Fundamental para definir completamente el Sistema de Referencia. Se dice: "*Elipsoide de Hayford y Datum Postdam*"

1.5.4 El Canevás o Retícula

La red de paralelos y meridianos sobre el globo se llama canevas o retícula.

El canevas es realmente importante para comprender el comportamiento de las diferentes proyecciones. Las deformaciones que introduzcan las proyecciones, se verán muy definidas en el canevas y su estudio será más sencillo que sobre las figuras terrestres.

Las características que definen un canevas son:

- 1.- Los paralelos excepto el Ecuador, son Círculos Menores.
- 2.- Los paralelos marcan la verdadera dirección EW
- 3.- La separación entre paralelos es constante entre el ecuador y los polos.
- 4.- Los meridianos son mitades de grandes círculos que pasan por los polos.

5.- Los meridianos son verdaderas líneas N-S.

6.- Los meridianos están igualmente separados entre sí sobre la línea del Ecuador, convergiendo en los polos.

7.- Los paralelos y los meridianos se cortan ortogonalmente entre sí.

8.- Pueden dibujarse infinitos paralelos y meridianos

1.5.5 COORDENADAS GEOGRAFICAS

Puesto que tenemos un meridiano origen (Greenwich) y un paralelo origen (el ecuador), podemos dotar a cada punto de unos atributos únicos llamados coordenadas.

Llamaremos Latitud Geográfica de un punto A y representaremos por ϕ_A a la distancia angular contada sobre el meridiano de A que hay desde el Ecuador hasta A. Será Latitud Norte cuando A esté al N del Ecuador y Latitud Sur al contrario.

Llamaremos Longitud Geográfica de un punto A y la representaremos por λ_A a la distancia angular medida sobre el paralelo que pasa por A que hay desde el meridiano origen al meridiano de A. La Longitud será Este cuando A esté al E de Greenwich y será Oeste en caso contrario.

1.6 EL PROCESO CARTOGRAFICO

Al conjunto de operaciones que transforman la información geográfica para convertirla en el documento llamado MAPA se denomina proceso cartográfico.

Este proceso consta de tres etapas diferenciadas:

1.- Concepción del mapa donde se definen sus características, en función del fin del mapa, necesidades del usuario, tipo de impresión, costo, etc.

2.- Producción del mapa donde se llevan a cabo una serie de operaciones tales como:

a) Compilación y tratamiento de los datos que variará según:

- El propósito del mapa
- El tipo de mapa,
- La escala,
- Las fuentes de información,
- El usuario

y que comprende operaciones como

- Los trabajos de campo
- Los vuelos fotogramétricos
- La teledetección
- La generalización
- Las estadísticas...

b) Diseño del mapa donde se realizará un modelo del mapa que se denomina Hoja Piloto. Se define así la leyen-



Figura 1.27 Como síntesis de este Capítulo ofrecemos estos dos gráficos originales del Prof. Alfredo Llanos que muestran dos exposiciones concurrentes del proceso de Diseño Cartográfico

da del mapa (signos convencionales, colores, formas de representación ...) y se analiza la composición general. Es el momento de investigar con los usuarios acerca de la calidad de esta hoja piloto.

c) Producción del mapa Se realizarán diagramas de flujo con indicación de todas las tareas que hay que realizar y los tiempos empleados. Se confeccionarán todos los elementos necesarios para producir el mapa: negativos, esgrafiados, tramados, positivos, pruebas de color ... hasta obtener los positivos de cada uno de los colores.

d) Reproducción del mapa donde a partir de los positivos se obtendrán las planchas y se imprimirá el mapa. Esta fase incluye la de distribución del mapa.

3.- Utilización del mapa. Se realiza un seguimiento del mapa publicado. Se estudia su impacto en el usuario, si es fácil o difícil de utilizar y se programa su renovación periódica.

REFERENCIAS

- Blumrich, J.F. (1970). "Design. Science", 168, 1551-1554
- E.S.Bos. (1983). "Cartographic Symbol Design".
- Collison, A. (1993). "Cartographic Design does not exist (and never has)!" SUC Bulletin, 27, 3-6
- Chamberlain, W. (1947). "The Round Earth on Flat Paper (Map Projection used by Cartographers)". National Geographic Society. Washington.USA
- DeLucia, A.A. (1974). "Design: The fundamental cartographic process". Comunicaciones de la Asociación of American Cartographers, 6, 83-86.
- Kolackny, A. (1969). "Cartographic Information: A fundamental concept and term in modern Cartography". The Cartographic Journal, 6(1), pp. 47-49
- Loy, W. (1993). "Is cartography dead?". Association of American Geographers, Cartography Specialty Group. Newsletter, 14.
- Morrison, J.L. (1976). "The science of cartography and its essential processes". International yearbook of cartography. Chicago. Rand McNally and Co. pp.115-127
- Ratajski, L. (1973). "The research structure of theoretical cartography". En L.Guelke (Ed.) Monograph n° 19. Cartographica pp. 46-57
- Roblin, H.S. (1969). *Map Projections*. Fletchers & Sons. Inglaterra.
- Snyder, J.P (1993). *Flattening the Earth (Two Thousand Years of Map Projections)*. The University of Chicago Press. Chicago. USA
- Rhind, D. (1993). "Mapping for the new millenium". Comunicaciones del 16ª Conferencia Cartográfica Internacional. Vol. 1. Bielefeld, Alemania: Sociedad Alemana de Cartografía, pp.3-14
- Robinson, A.H. (1987) *Elementos de Cartografía*. Omega. Barcelona
- Salichtchev, K.A. (1978). "Cartographic Communication: Its place in the theory of science". *The Canadian Cartographer*, 15(2), pp. 13-23
- Wood, C.H. (1996). Design:Its place in Cartography. En *Cartographic Design: Theoretical and Practical Perspectives*. Wiley & Sons. pp. 1-9

EJERCICIOS

- 1.- La cartografía topográfica suele tener una escalaque la cartografía temática.
- 2.- Ciertos documentos gráficos que informan acerca de las SITUACIONES de los acontecimientos georeferenciados de un territorio y de sus ATRIBUTOS se conocen con el nombre de
- 3.- En las clasificaciones modernas de la Cartografía se nombran los términos "Cartografía Básica", "Cartografía Topográfica" y "Cartografía Fundamental". ¿En que se diferencian?
- 4.- Explicar las diferencias entre los conceptos de "Cartografía Básica" y "Mapa Base"
- 5.- Enumerar los ruidos producidos en la comunicación cartográfica debidos al Diseñador Cartográfico.
- 6.- Como sabemos, según el esquema de Robinson, el mapa es una representación parcial de la realidad compuesta por información que envía el cartógrafo al usuario. Esta información es ya, en parte, conocida por el usuario, en parte desconocida, en parte no percibida e incluso en parte no concordante debido a una simbología inadecuada. Este documento tiene la facultad de incrementar el conocimiento del usuario como consecuencia de su repetida utilización, pudiendo éste obtener alguna información del mapa que ni el propio diseñador del mapa había previsto. Responder a las siguientes preguntas:
 - a.- ¿Puede ocurrir que algún elemento de M1 no pertenezca a G intersección U?. Porqué y cuando?
 - b.- ¿Qué significa un incremento de la porción M2?
 - c.- ¿Puede no existir M2? Porqué y cuando?
 - d.- Es preferible que M2 sea lo más grande posible o lo más pequeño posible?
 - e.- ¿Que significa la inexistencia en un mapa de la parte M3?
 - f.- ¿Es apetecible para el cartógrafo que la parte C aumente? Explicar
 - g.- ¿Es siempre G mayor que U? Explicar.
 - h.- Enumerar las letras que representan al mapa en el gráfico anterior.
 - i.- Si $M2 > M3$ nos garantiza que.....
 - j.- Si $M2 < M3$ sabemos que.....
- 7.- ¿Qué ventaja presenta el grafismo sobre la escritura o la palabra?
- 8.- Poner algún ejemplo en el que se vean claramente los convencionalismos del lenguaje gráfico.
- 9.- ¿A qué se denomina mapa derivado?
- 10.- Las posiciones del Elipsoide respecto del Geoide quedan definidas por una serie de parámetros. ¿Cuáles son? ¿Cómo se llama al conjunto de estos parámetros?

