



CAPITULO II

En este capítulo nos referimos a los mapas, sus definiciones, tipologías, proyecciones cartográficas, coordenadas geográficas y planas, las cuales han recobrado importancia debido al manejo y transformaciones que son necesarios trabajar en los programas de SIG, Procesamiento Digital y cartografía digital.

1. CARTOGRAFÍA

Es la ciencia de preparar todo tipo de mapas, incluye ramas de la ciencia como: geodesia, geografía, fotogrametría y se limita al diseño, compilación, y producción de mapas Zulen, 1970.

La cartografía tiene que ver con la ciencia de la comunicación, ya que a través de los mapas se puede transferir información espacial acerca de un terreno. Para esto la cartografía se vale del lenguaje gráfico el cual se expresa a través de símbolos y rótulos. IGAC, 1998.

Aparte de los mapas existen otras representaciones gráficas de las cuales se ocupa la cartografía tales como: Los modelos del relieve, perfiles, diagramas, coremas (gráficos que modelan fenómenos espaciales), y los globos terráqueos.

De esta manera los mapas se pueden considerar también como instrumentos o medios de comunicación al igual que los libros, vídeos, emisiones radiales, y de televisión entre otros.

2. MAPA

Es la representación convencional gráfica, generalmente plana, de fenómenos concretos o abstractos, localizados en la tierra o en cualquier parte del Universo, conservando la posición relativa de su localización (ICA).

2.2 TIPOS DE MAPAS

Las tipologías de mapas se basan en parámetros como: fuente de datos, la información que estos ofrecen y las escalas de representación.

2.2.1 Mapas de Imagen

En este grupo se encuentran los *fotomapas* y los *espaciomapas*. Los fotomapas se componen de fotografías aéreas como fondo, sobre la cual se consignan textos (título, escala, nombres geográficos) y algunos símbolos, límites, y curvas de nivel para facilitar su identificación e interpretación. Estas fotos son corregidas previamente en cuanto a sus deformaciones geométricas.



Los espaciomapas por su parte, son imágenes de satélite en composiciones a color, elaborados generalmente en escalas 1:100.000 y 1:200.000 a las cuales se les adiciona también un sistema de coordenadas, la toponimia básica (nombres de los rasgos predominantes) y las leyendas explicativas sobre el tipo de imágenes utilizadas y la proyección cartográfica empleada.

2.2.2 Fotomosaicos

Los fotomosaicos son un ensamble sistemático de varias fotografías aéreas individuales para lograr un cubrimiento de una vasta región, que permita a los especialistas una visión de conjunto para facilitar el entendimiento de las interrelaciones entre los diferentes elementos o fenómenos de la superficie terrestre. (Villota, 1998). Hasta mediados de los años 70 los fotomosaicos eran elaborados mediante técnicas en las que se tenían que cortar las fotos manualmente, y luego pegarlas cuidadosamente a través de líneas de unión. Esto naturalmente era un proceso bastante dispendioso que requería una mano de obra muy especializada. Hoy en día se elaboran ortofotomosaicos por medio de fotogrametría digital, con la cual se logran productos en forma más rápida y de alta precisión ya que tienen correcciones geométricas. Aparte de esto, los productos tienen una excelente presentación si se tiene en cuenta que se han eliminado en forma digital los empalmes sombreados que se presentaban en los antiguos fotomosaicos.

2.2.3 Mapas topográficos

Estos mapas entran también dentro de acepción de cartografía básica y muestran objetos naturales o artificiales de un territorio tales como: colinas, ríos, bosques, pueblos, vías, puentes, y canales entre otros.

Estos tipos de mapas permiten identificar la planimetría (rasgos de los objetos en su posición geográfica correcta en un plano de dos dimensiones) [X, Y] y la altimetría (expresada a través de las curvas de nivel y las cotas que muestra altura de un punto) tan fielmente como lo permite su escala.

Éstos mapas son de propósito múltiple (estatal, militar, turismo, planeación, catastro, etc.), y se subdividen según su uso y según el tamaño de la escala. Según su uso:

	Escalas
• Planos urbanos	> 1:10.000
• Mapas topográficos	1:25.000 – 1:100.000
• Mapas topográficos escala pequeña	1:250.000 – 1:1000.000
• Mapas geográficos	< 1:1000.000

Según el tamaño de la Escala:

- Mapa escala muy grande	1:1000 – 1:5000
- Mapa escala grande	1:10.000 – 1:25.000
- Mapa escala media	1:50.000 – 1:100.000
- Mapa escala pequeña	1:250.000 – 1:1000.000 y menores



Estas dos clasificaciones guardan una relación directa. Es así como un plano urbano de escala 1:2000 se puede considerar como de escala grande, mientras que un mapa geográfico como los que se enseñan en un atlas tendrá una escala pequeña.

Normalmente un mapa de escala grande conlleva a la acepción de que la cifra que uno visualiza después de los dos puntos debe ser también grande pero esto es un error ya que nos olvidamos muchas veces que esa cifra es en realidad un denominador, el cual es inversamente proporcional al tamaño de la escala. Así por ejemplo, una escala 1:40.000 es más pequeña que una escala 1:15.000.

En este sentido, vale la pena puntualizar que a medida que la escala de un mapa disminuye, los elementos y detalles representados en él también disminuyen o viceversa. Esto implica que la información que trae un mapa a escala 1: 100.000, sea menor que la de un mapa a escala 1:25.000.

2.2.4 Mapas temáticos

Son aquellos en los que se dedica especial atención a un fenómeno geográfico determinado, estos pueden mostrar por ejemplo: la distribución de habitantes en un territorio, concentración de recursos energéticos en un área, o la composición de un suelo en un municipio.

Los mapas temáticos se dividen en:

Mapas monotemáticos (un solo tema) y mapas politemáticos (integran dos o más temas).

Los mapas temáticos requieren para su edición de un mapa topográfico simplificado el cual es equivalente al mapa base sobre el cual se plasma la información. Estos generalmente se atenúan con el uso de un color sepia o gris.

Clasificación de los mapas temáticos:

- Según Contenido: suelos, geología, entre otros.
- Según uso: planeación regional, manejo de cuencas, explotación minera.
- Según la Forma de representación: *mapas de puntos*, los cuales representan sitios a los que se les especifica un valor a través del tamaño y una localización; *mapas de isolíneas*, que son segmentos que expresan igual valor como altura, precipitación entre otras; *mapas de líneas de flujo*, el cual brinda información de cantidad por medio del calibre o ancho del segmento; y *mapas coropletos* diseñados para mostrar una cantidad en una unidad de área como por ejemplo las unidades administrativas. IGAC, 1998.

2.3 PROYECCIONES CARTOGRÁFICAS

Una proyección es una transformación matemática de la superficie curva de la tierra sobre un plano (hoja). Esta transformación implica una serie de deformaciones, las cuales se explican más adelante.



2.3.1 La Superficie de Proyección

Los globos constituyen la forma más apropiada para representar la tierra debido a que los rasgos en esta figura no sufren mayores deformaciones. Sin embargo el manejo de una superficie esférica y la escala pequeña restringe su uso. Es decir que se tendría que disponer de globos enormes para poder visualizar, medir y expresar la configuración de un territorio. Por esta razón la mejor representación que se puede lograr de la tierra es por secciones, pero para ello se debe partir de una proyección. IGAC, 1999.

Los primeros mapas históricamente fueron geométricos, su construcción consistía en trasladar un punto ubicado con un globo a un mapa. Esta labor se hacía en forma gráfica con ayuda de una lámpara, de ahí fue donde se adoptó el término "proyección".

Más tarde, cuando los principios matemáticos fueron entendidos más claramente, fue posible determinar la relación entre líneas en la superficie terrestre y sus correspondientes en un mapa. El hecho de emplear fórmulas matemáticas facilitó el proceso ya que no fue necesario el empleo de proyecciones geométricas. Sin embargo a pesar de ser esta una transformación analítica se continuó empleando por costumbre el término de "proyección".

2.3.2 Deformaciones

Las deformaciones son todas aquellas alteraciones que sufren las superficies de la tierra en cuanto a la forma, distancia o área. La distorsión es mínima cuando la superficie de proyección toca la superficie de la región que se va a representar.

Existen tres tipos de deformación: Deformación lineal, deformación angular o de forma y deformación de área:

- La deformación lineal: Significa que una distancia en el globo es alterada en sus dimensiones o dirección, por efecto de elongación o contracción luego de utilizar una proyección cartográfica.
- La deformación angular: Es aquella donde los contornos tales como las costas o límites de un país sufren un cambio significativo en su forma.
- La deformación de área: Tal como su nombre lo indica, es la alteración que sufren las superficies como países, islas o continentes en cuanto a una expansión o reducción del área una vez se le ha hecho la transformación con un sistema de proyección determinado.

Un mapa ideal, es decir con distorsiones mínimas es aquel donde las áreas son: $\leq 30 \times 30$ km (algo mayor que el casco urbano de Bogotá). En este caso la curvatura terrestre es considerada como insignificante. Para áreas mayores a 900 Km^2 , se debe seleccionar entonces el tipo de proyección donde no ocurra alguno de los tipos de deformación comentados.



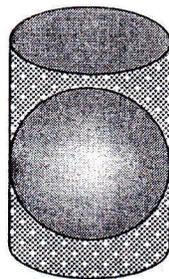
2.4 CLASIFICACIÓN DE LAS PROYECCIONES

Las proyecciones se clasifican teniendo en cuenta los siguientes criterios: La figura geométrica elegida para la proyección, posición de esa figura en la proyección, contacto o tangencia de la figura geométrica de proyección con respecto a la superficie terrestre, posición de la fuente de luz en la proyección y por las deformaciones que esta puede corregir o minimizar.

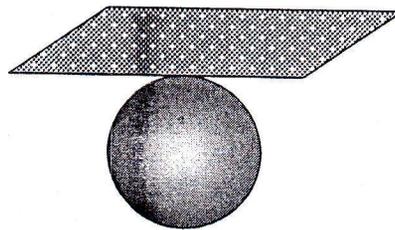
2.4.1 Según la figura geométrica

La figura geométrica que se sobrepone en forma imaginaria sobre el globo puede tener varias formas. Cuando ésta es un plano, se proyecta parte del globo y se denomina **azimutal o planar**. Si la figura elegida es un cono que cubre el globo, entonces se hablará de una proyección **cónica**. Y cuando la figura seleccionada es un plano envolvente curvo, se trata entonces de una proyección **cilíndrica**. Este tipo de clasificación se ilustra en la figura 6.

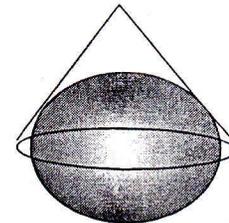
Figura 6. Tipos de proyección según la figura geométrica



CILINDRICA



AZIMUTAL

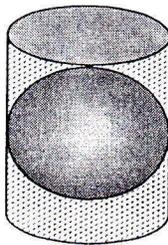


CÓNICA

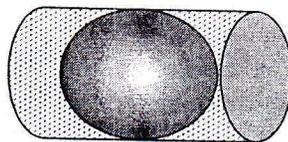
2.4.2 Según la Posición de la figura

En este grupo son clasificadas las proyecciones por la inclinación del eje de la figura geométrica seleccionada. Si el eje es vertical, es decir orientado en sentido Norte- Sur, la proyección será Normal. Ahora si el eje es horizontal con una orientación Este - Oeste, la proyección se denominará como Transversal. Cuando ese eje se dispone de una manera diagonal, entonces la proyección será Oblicua. Los tres casos se muestran en la figura 7.

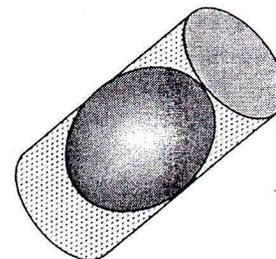
Figura 7. Tipos de proyección según la posición de la figura



NORMAL



TRANSVERSAL



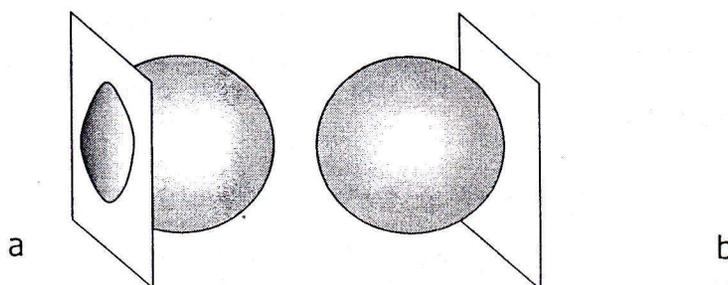
OBLÍCUA



2.4.3 Según el contacto de la figura con el globo

En este grupo se considera el tipo de contacto o tangencia de la figura geométrica con respecto al globo. En este sentido se tendrá que cuando el cono, el cilindro o el plano toca el globo en alguna de sus partes, entonces se hablará de una proyección tangencial o tangente. En los sitios donde hay tangencia, normalmente se denominan "líneas standard" ya que allí no existe deformación y el factor de escala es 1 (igual). De otro lado, si esa superficie geométrica atraviesa o corta el globo en alguna de sus partes, la proyección será secante. Este concepto se ilustra en la figura 8.

Figura 8. Proyecciones secante (a) y tangente (b)



2.4.4 Según la deformación que corrige

Se había comentado anteriormente, como las proyecciones generaban en el proceso de transformación una serie de deformaciones que eran inevitables y que el cartógrafo debía saber cual de estas podría permitir en un momento dado, según los requerimientos del mapa. Pues bien, los tres tipos de proyección según este criterio son:

Proyección Conforme, Tal como su nombre lo indica, no hay variación en los contornos de los territorios cartografiados. En esta proyección no existe deformación angular, es decir que los paralelos y meridianos dibujados sobre el mapa se cortan a 90° . Ver figura 9.

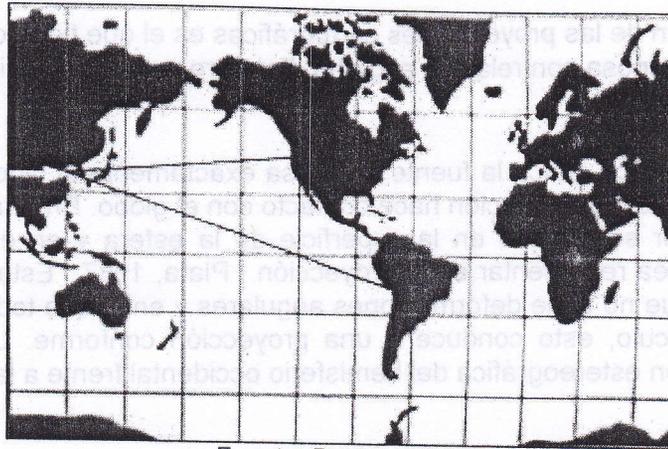
La Proyección Equivalente, denominada también como Equiárea, ya que no se presenta distorsión en cuanto a las áreas. En esta, los rasgos son deformados, excepto en el punto o línea de tangencia ver Figura 10.

La Proyección Equidistante por su parte, no presenta distorsión lineal a lo largo de líneas donde la proyección hace tangencia con el globo. La escala a lo largo de estas líneas es también constante, pero las áreas y los ángulos de intersección de meridianos y paralelos se distorsionan. Esta proyección se ilustra en la figura 11.

Estos tres tipos de proyecciones son excluyentes, es decir que si por ejemplo la proyección es conforme no se alteran las formas, pero sí el área. Esto permite concluir que no existe ningún tipo de proyección que corrija todas las deformaciones.

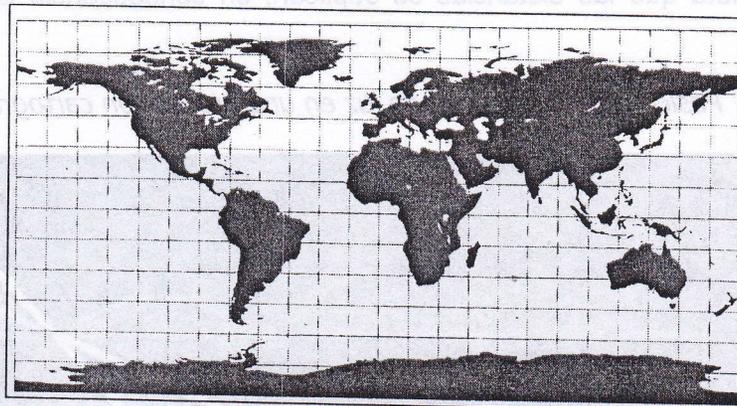


Figura 9. Proyección conforme (transversa de Mercator)



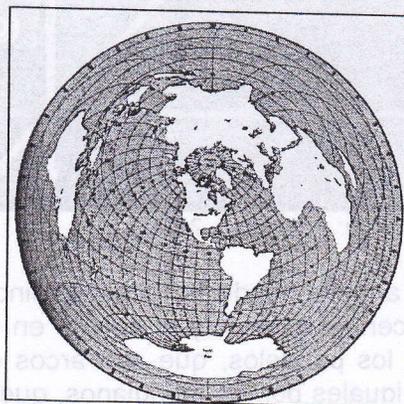
Fuente: Robinson, 1995

Figura 10. Proyección equivalente (cilíndrica)



Fuente: Robinson, 1995

Figura 11. Proyección equidistante (azimutal gnomónica)



Fuente: Robinson, 1995

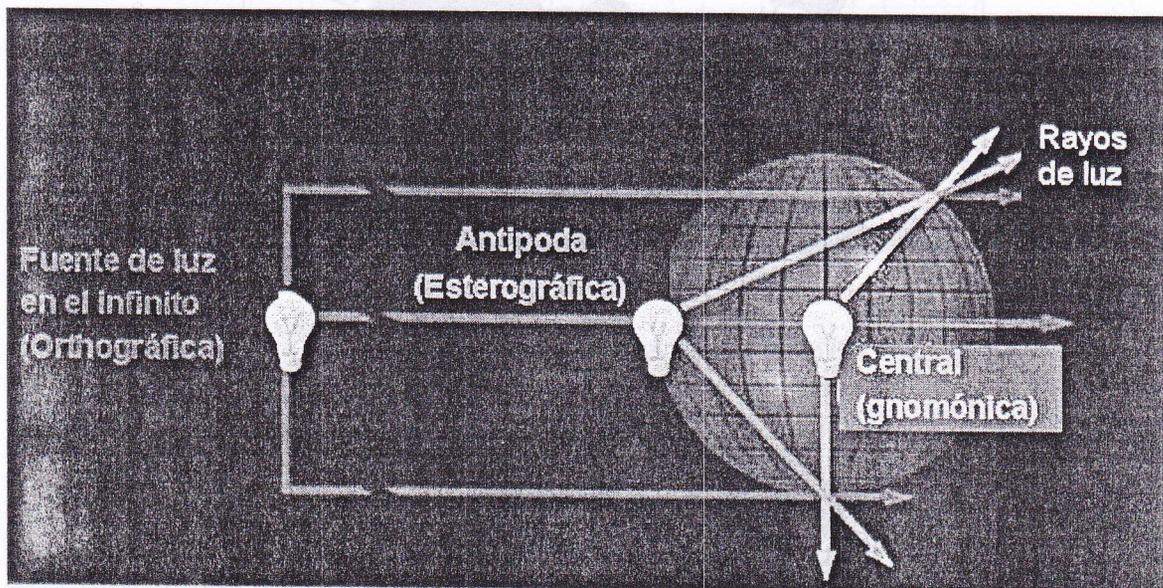


2.4.5 Según la posición de la fuente de luz

Otro criterio de clasificación de las proyecciones cartográficas es el que tiene que ver con la posición de la fuente luminosa con relación al globo. Esta presenta tres posiciones, como se observa en la figura 12.

- La proyección **stereográfica**, ubica la fuente luminosa exactamente al lado opuesto al punto donde la superficie de proyección hace contacto con el globo. En otras palabras, la vista del observador se supone en la superficie de la esfera y en el hemisferio opuesto al que se desea representar en la proyección. Plata, 1987. Esta es la única proyección azimutal que no tiene deformaciones angulares y en la que todo círculo se proyecta como un círculo, esto conduce a una proyección conforme. La figura 13 muestra una proyección estereográfica del hemisferio occidental frente a la proyección de una cara.
- La proyección **orthográfica**, consiste en una ubicación de la luz fuera del globo, es decir en el infinito. En esta proyección los paralelos son líneas rectas y los meridianos son arcos de elipses tal como se ve en la figura 14. Si se observa el mapa y la cara proyectada se nota que las distancias se duplican, en consecuencia las escalas se aumentan.

Figura 12. Posiciones de la fuente de luz en una proyección cartográfica



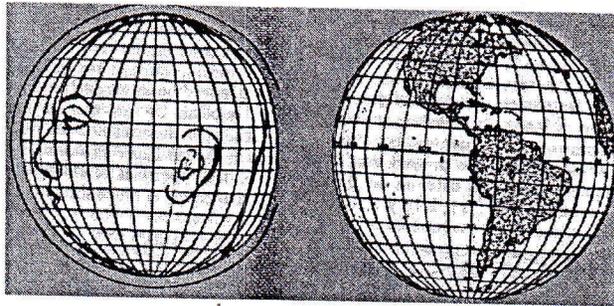
Fuente: Intergraph, 2001

- La Proyección **gnomónica**, es aquella donde la fuente luminosa está ubicada en el centro del globo. El meridiano central exterior y el central en esta proyección, están divididos en partes iguales por los paralelos, que son arcos de círculo. El Ecuador también está dividido en partes iguales por los meridianos, que a su vez son arcos de



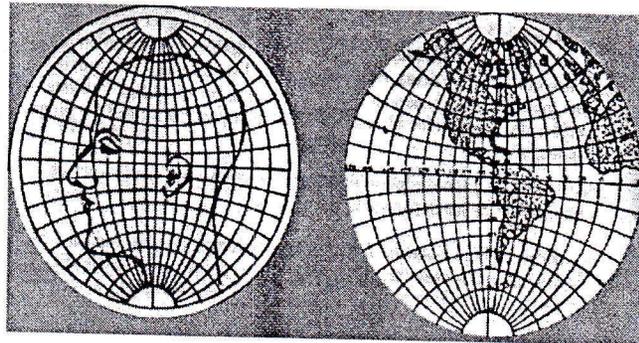
círculo, véase figura 15. Como todos los meridianos pasan por cada uno de los polos, estas condiciones son suficientes para determinar la proyección. Comparándola con la estereográfica, se verá que las formas de las diferentes partes no se deforman excesivamente y en comparación con la equiárea, muestra que las superficies no están mal representadas. Ciertamente, esta representación es muchos menos errónea que la de Mercator que tan frecuentemente aparece en las geografías que se usan en las escuelas y colegios. Plata, 1987.

Figura 13. Proyección *stereográfica*



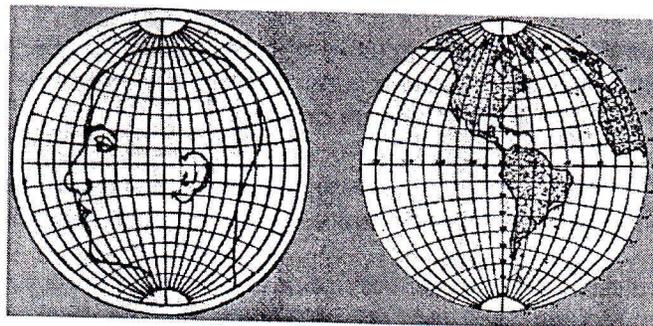
Fuente: Plata, 1987

Figura 14. Proyección *Orthográfica*



Fuente: Plata, 1987

Figura 15. Proyección *Gnomónica o central*



Fuente: Plata, 1987



2.5 SELECCIÓN DEL TIPO DE PROYECCIÓN

El tipo de proyección a elegir depende de la posición del país en el globo terráqueo, la forma del área y el propósito del mapa.

2.5.1 Según la posición y forma del área

Para el caso de las tierras ubicadas en los polos, la proyección Normal Azimutal es la más adecuada para representarlas en un mapa.

Las proyecciones Cónicas por ejemplo son óptimas para países septentrionales y australes, es decir ubicados entre los polos y el Ecuador.

Para el caso de los países situados en el trópico, es decir cercanos al Ecuador como el caso de Colombia o Venezuela, la mejor opción es una proyección cilíndrica transversal o normal, ya que así de esta manera se reducen las deformaciones teniendo en cuenta que esta proyección en estos territorios es tangencial.

Si se habla de un país cuya forma esta orientada en el sentido este –oeste, como el caso de los Estados Unidos, México o Canadá, La proyección Cónica normal y cilíndrica normal (vertical) representa muy bien esos territorios.

En el caso contrario, cuando la orientación del país es en sentido Norte –Sur, como Chile, la mejor opción es la proyección cilíndrica transversal (cilindro acostado) ya que de esta forma se disminuyen las distorsiones ocasionadas por la lejanía al punto de tangencia, es decir que si se elige como meridiano central el centro de este país las tierras a su alrededor prácticamente son tangentes a esta figura geométrica.

Para áreas pequeñas como islas, son convenientes las proyecciones azimutal Transversal, y Oblicua.

2.5.2 Según el propósito del mapa

- *Proyección conforme:* En esta proyección los ángulos en el mapa son iguales a los ángulos en el terreno. Entonces su aplicación es óptima para la Geodesia, Topografía, Ingeniería, entre otros.
- *Proyección equivalente:* Esta proyección permite una comparación estadística apropiada entre diferentes áreas, en mapas temáticos donde se suelen presentar áreas extensas con relación a diferentes fenómenos.
- *Proyección equidistante:* Es ideal por ejemplo para cartas aeronáuticas donde es importante conocer la distancia correcta entre un punto y el aeropuerto de destino.

Finalmente, es importante resaltar los criterios para la selección de la proyección para un proyecto SIG que según Mailing, 1992 (en ITC, 1994) dice lo siguiente:



1. Saber como los resultados del análisis serán mejor representados en los mapas.
2. Antes de ingresar los datos al SIG, los mapas deben ser transformados a un tipo de proyección común.
3. Si se necesita hacer alguna medición en los mapas tales como: área, longitud etc, el grado de exactitud de estos debe ser evaluado previamente.

2.6 SISTEMAS DE COORDENADAS

La localización de un punto sobre la superficie terrestre ha creado la necesidad de definir un sistema de ejes de coordenadas sobre la tierra. En este sentido se comentan a continuación el sistema de coordenadas geográficas y planas de mayor uso en el mundo.

2.6.1 Sistema de Coordenadas Geográficas

Este sistema fue diseñado 200 años A.C. por el astrónomo y geógrafo Hipparcus de Rhodas, (Robinson, 1995). Está compuesto por una red de líneas imaginarias trazadas sobre la superficie de la tierra denominadas paralelos y meridianos. El Ecuador terrestre divide la tierra en dos hemisferios, norte y sur. A su vez, el meridiano de Greenwich divide a la tierra en el hemisferio oriental y occidental. La posición de un punto sobre la tierra está definida por la distancia angular ϕ entre el Ecuador y cualquier punto sobre la superficie terrestre y se le denomina LATITUD y la distancia angular λ entre el meridiano de Greenwich y el mismo punto se conoce como LONGITUD. La unidad de medida utilizada en este sistema, son los grados sexagesimales ya que se trata de una magnitud angular. Esto se ilustra en las Figuras 16 y 17.

Este sistema utiliza como base de referencia para la definición de sus mediciones, un elipsoide, el cual corresponde a la figura matemática que más se ajusta a la forma de la tierra. En Colombia el IGAC usó el elipsoide Internacional o de HAYFORD, en su cartografía análoga producida hasta el año 2000.

Como ya se comentó en el capítulo 1, el IGAC migró al elipsoide GRS-80, equivalente con WGS-84, esto implica el tener que substituir las planchas actuales, ya que las posiciones que se miden actualmente mediante el GPS apoyado por satélites, genera una variación importante en las coordenadas, comparadas con las de la cartografía existente.

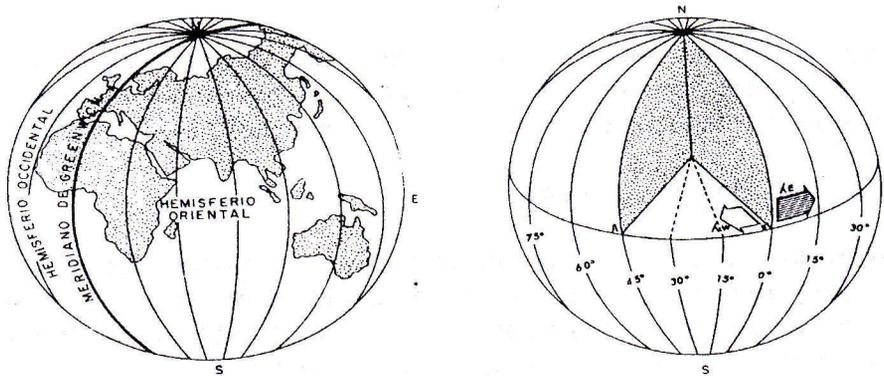
Este sistema de coordenadas geográficas es el mejor método para ubicar la posición de un punto en el universo, de hecho los sistemas de posicionamiento satelital conocidos como GPS lo emplean.

El hecho de que este sea un sistema basado en unidades sexagesimales cuya variación es notoria en grandes distancias, hace que su utilidad sea para mapas de escala pequeña, por ejemplo escalas menores a 1:100.000. En este sentido, vale la pena mencionar que al medir distancias pequeñas en el terreno como es el caso de las cartas catastrales, se hace difícil el manejo con unidades como el segundo ya que es necesario trabajar con centésimas y milésimas de segundo.



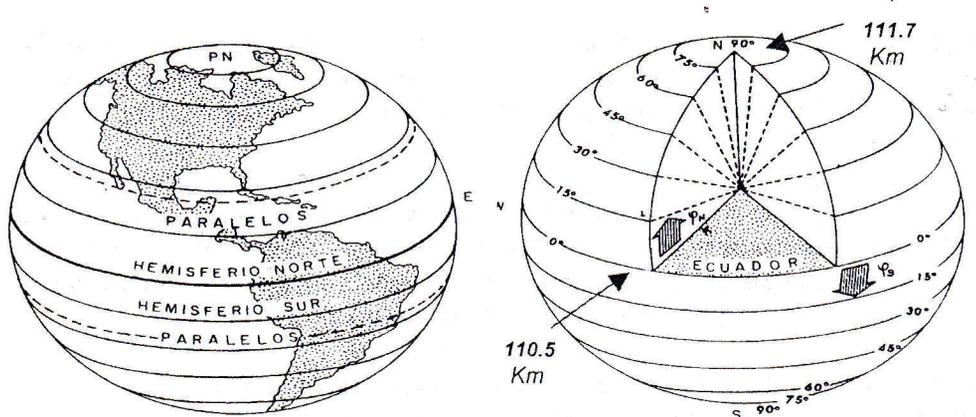
De otro lado como las magnitudes que mide este sistema son angulares, su expresión en superficie mediante arcos requiere de un cálculo bastante complejo para la transformación, el cual tiene que considerar el tamaño del elipsoide y variación del valor en metros sobre la superficie de cada grado, minuto y segundo de acuerdo con la posición en el globo terráqueo del sitio en cuestión.

Figura 16. Disposición de los meridianos y la longitud de un punto sobre la tierra. modificado de IGAC, 1991.



Longitud: Distancia angular entre un punto de la superficie y el meridiano de Greenwich. Se mide en dirección este u oeste de 0° hasta 180°.

Figura 17. Disposición de los paralelos y la latitud de un punto sobre la tierra. Modificado de IGAC, 1991.



Latitud: Distancia angular que hay entre un punto de la superficie terrestre y el Ecuador. Se mide en dirección norte o sur de 0° a 90°



2.6.2 Sistema de coordenadas planas UTM

Este sistema se basa fundamentalmente en la proyección transversa de Mercator también conocida como **UTM**. Fue desarrollada en el año 1940 por la U.S.Army, y tiene como equivalente la proyección conforme de Gauss-Kruger de uso en Colombia. Según Mailing 1992, esta proyección es la más importante ya que se utiliza en un 85% en el mundo. Esta proyección se presenta de dos tipos: tangente y secante.

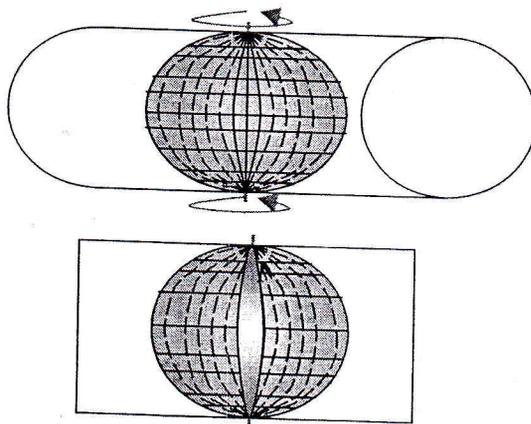
2.6.3 Proyección UTM con cilindro tangente

La proyección cilíndrica transversal de Mercator (UTM), es ideal para mantener las deformaciones dentro de límites aceptables. En ésta con movimiento circular del eje vertical del globo, se proyecta sobre el cilindro tangente cada vez una faja angosta de 6° de longitud, tal como se puede apreciar en la figura 18, hasta completar un total de 60 fajas que cubren la tierra, ver figura 19. De esta manera, se consigue entonces obviar el efecto de curvatura de la tierra con cada faja disminuyendo así las deformaciones.

En una de estas fajas, el punto **P** localizado en un meridiano entre dos zonas aparece en dos fajas. Las áreas cubiertas por más de una zona no deben mostrar vacíos, en este caso se deben girar las fajas para que los puntos coincidan (Figura 19). En este tipo de proyección los meridianos se curvan ligeramente en escalas 1:50.000 o mayores (1:25.000 o 1:10.000). Las zonas polares en esta proyección son puntos muertos por eso la cobertura de cada faja abarca los: 80° de latitud sur y 84° de latitud N.

Las zonas en este sistema se identifican en forma de números arábigos del 1 al 60 en las abscisas, tal como es ilustra en la figura 20.

Figura 18. Proyección de cada faja en el sistema UTM tangente.



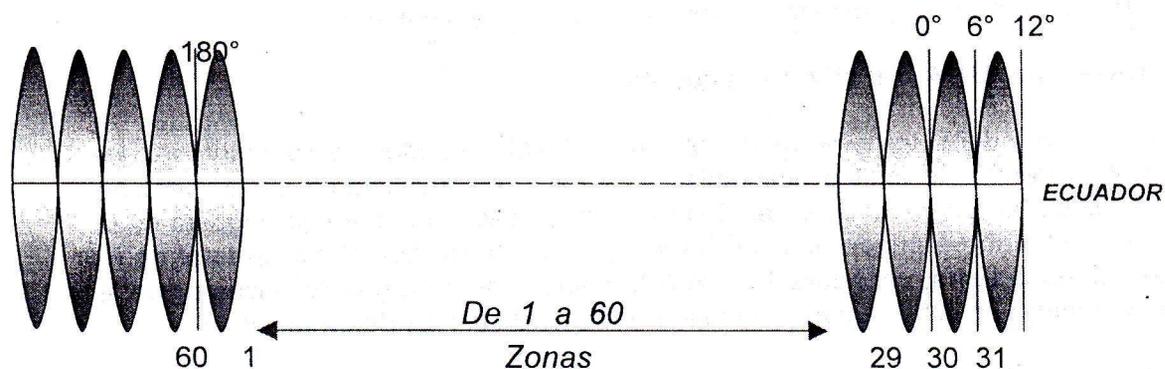
Fuente: Laurence, 1989.

Las zonas en este sistema a su vez, son subdivididas en latitud en intervalos de 8° (excepto en la más septentrional que tiene 12°). Además de esto, se designan los espacios generados con letras mayúsculas en las ordenadas como se ilustra en la figura



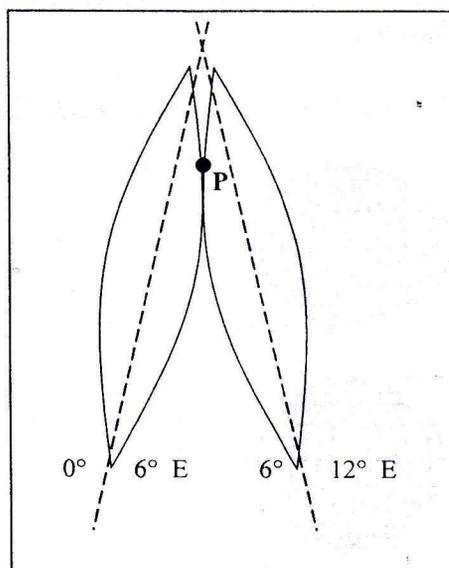
16. De esta manera se obtiene un total de 1200 cuadrángulos, cada uno con una nomenclatura diferente compuesta por un número y una letra, ver figura 21.

Figura 19. Total de Fajas de proyección en el sistema UTM.



Fuente: Laurence, 1989

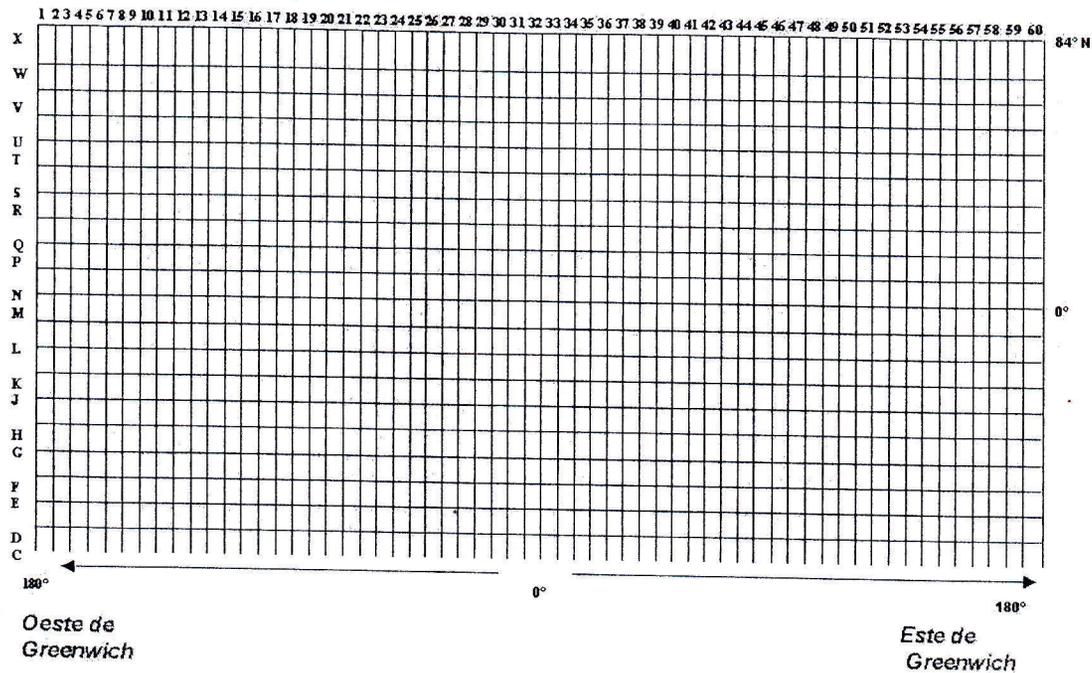
Figura 20. Áreas cubiertas en más de una zona en el sistema UTM



Fuente: Laurence, 1989.



Figura 21. Nomenclatura de las Zonas UTM



Fuente: Laurence, 1989.

2.6.4 Proyección UTM con cilindro secante

Esta se utiliza para reducir al máximo las deformaciones. Como se puede ver en la figura 22, la zona de 6° está entre los puntos: a, b y c, d. De otro lado, el cilindro corta la tierra en los puntos: I, II, III, IV, y el meridiano central de la faja pasa por los puntos: V y VI. En las zonas comprendidas entre: I-II; III – IV, los valores de deformación se reducen, mientras que en las zonas la IIb, IIIc y IVd los valores de deformación aumentan. El Meridiano central de cada faja es perpendicular al Ecuador, y las líneas son rectas, mientras que fuera de esta zona los demás meridianos y paralelos son curvos.

Esta proyección es Conforme, además de que no presenta deformaciones en las líneas de corte. El factor de escala de estas líneas es igual a 1. Este concepto se simplifica mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Factor escala (FE)} = \text{Longitud en La proyección} / \text{Longitud real en La Tierra}$$

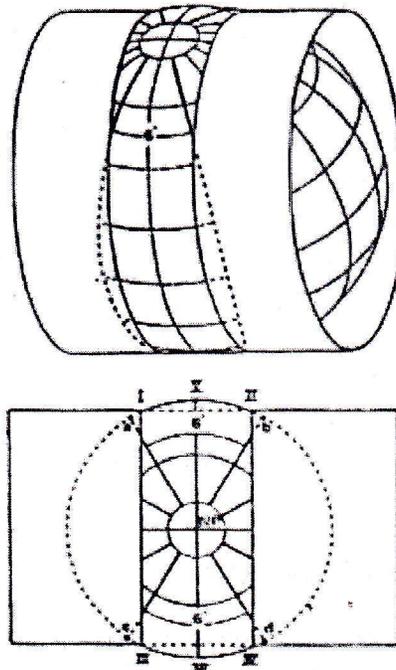
A manera de ejemplo, la magnitud de los valores de deformación según la ecuación anterior se puede analizar así: Si un detalle terrestre ubicado en el meridiano central mide 1000 metros y 999.6 metros medidos en la proyección, entonces se tendrá que la deformación originada es de 40 centímetros por cada kilómetro, debido al efecto de



contracción. Este efecto significa que la proyección en este sitio origina una disminución en el tamaño de los objetos.

De otro lado para un detalle situado en el borde de la faja, el valor de deformación puede ser de 70 centímetros por kilómetro, debidos a un efecto de alargamiento o expansión parecido al de una lupa. Estos valores de deformación son ignorados en la confección de mapas topográficos normales (escalas < de 1:10.000), ya que son relativamente insignificantes.

Figura 22. Proyección UTM con cilindro secante



Fuente: Laurence, 1989

2.6.5 Características fundamentales del sistema de coordenadas UTM

El sistema de coordenadas universal de Mercator, se caracteriza por los siguientes aspectos:

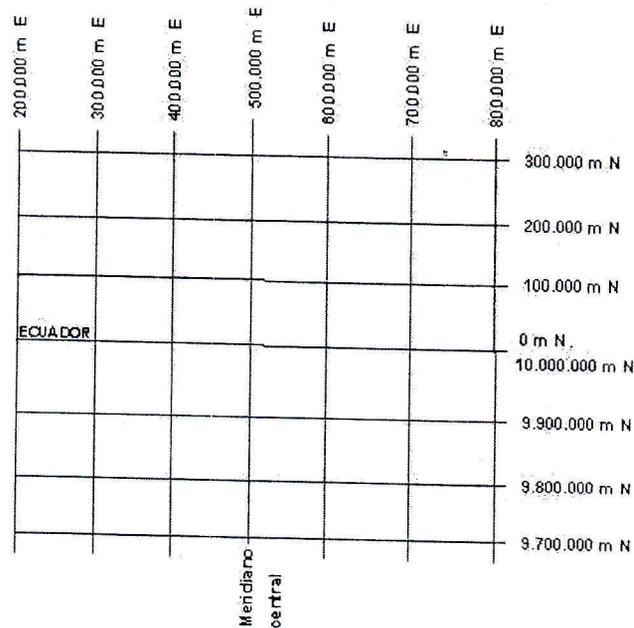
- UTM emplea para sus mediciones el sistema centesimal, es decir unidades métricas medidas directamente en el terreno. Igualmente sus coordenadas se trabajan como un plano cartesiano.
- Las cuadrículas de referencia o grilla se componen de líneas verticales denominadas "Estes", las cuales se identifican con la letra E mayúscula. Además las líneas horizontales denominadas "Nortes" que se designan con una letra mayúscula N. En



los dos tipos de líneas se anota su valor en unidades enteras acompañado de la letra m minúscula para indicar que se mide en metros. Ejemplo 230.000 m E , 456.000 m N.

- En este sistema cada zona tiene su propio sistema de coordenadas.
- El origen de cada zona está localizado en un punto donde el Ecuador se intersecta con el meridiano central de cada zona, ver figura 23.
- Las líneas este (verticales) tienen su origen en cada zona en el meridiano central y su valor es de 500.000 metros.
- Las líneas nortes tienen una secuencia especial en su origen. Para el hemisferio sur se le asigna al Ecuador un valor de 10'000.000 metros y para el hemisferio norte, el valor del Ecuador comienza con 0 metros, ver figura 23.
- UTM considera para la definición de la forma de la tierra los elipsoides: Internacional, Clarke 1866 de uso común en Africa; Clarke 1880, usado en Norte America; Everest o Bessel utilizado en el sur y sureste de Asia, y últimamente el WGS-84 en todo el mundo.

Figura 23. Grilla para el Sistema de coordenadas en cada zona UTM.



Fuente: Laurence, 1989



presenta una zona con dos orígenes, es recomendable considerar dos zonas o proyectos para evitar al máximo las distorsiones.

Los empalmes de la cartografía entre dos orígenes se ilustran para el datum Bogotá y el datum MAGNA SIRGAS en las figuras 26 y 27.

Figura 26. Empalme de las planchas con los Orígenes Bogotá y Este (datum: Bogotá)

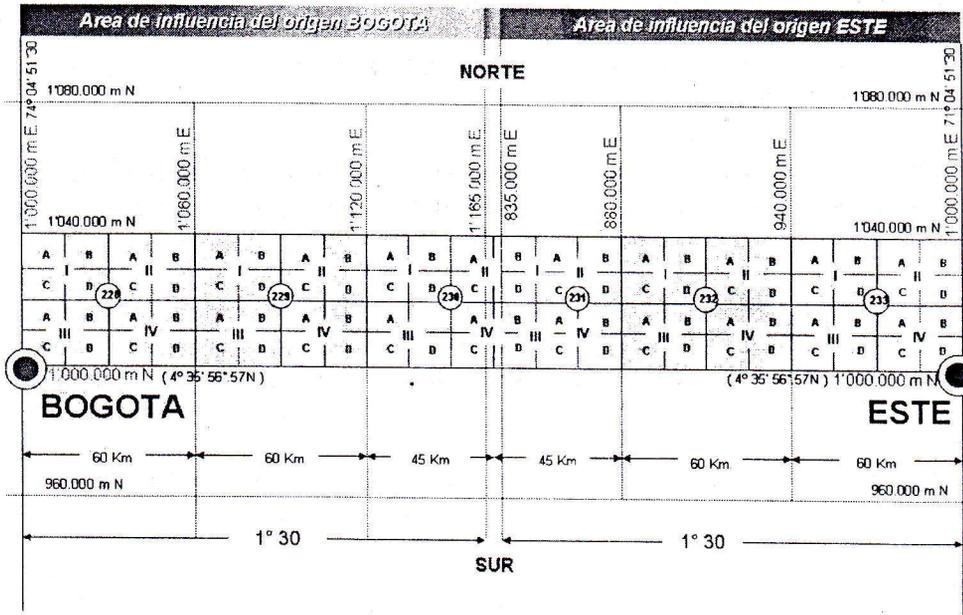


Figura 27. Empalme de las planchas con los Orígenes Bogotá y Este (Datum: Sirgas)

