

## EL SISTEMA CARTOGRAFICO DE MERCATOR

*Eduardo Bedoya Benítez*

### I. INTRODUCCION

La presente exposición atiende con agrado la invitación de la Escuela de Estudios Generales de la Universidad de Costa Rica, y la Fundación Belga Costarricense (FUBELCO), a participar en el ciclo de conferencias en homenaje a Gerardo Mercator, en los cuatrocientos años de su fallecimiento.

El propósito de este trabajo es analizar el sistema cartográfico de Mercator. Primero, se estudiará su ruptura con el sistema cartográfico de Ptolomeo, las principales razones y las características de la cartografía de los Países Bajos (Bélgica y Holanda). Segundo, se analizará su importancia sobre las proyecciones, para tener una base en la comprensión de los siguientes temas: la proyección Mercator y sus aplicaciones.

### II. LA APARICION DE LA CARTOGRAFIA DE LOS PAISES BAJOS

Para el siglo XVI, los principios básicos de la cartografía ya estaban dados, y con raíces muy profundas en la historia. La esfericidad del planeta, la oblicuidad del eje de la Tierra, las proyecciones, ángulos y distancias, altitudes, cuadrícula de localización, coordenadas (latitud y longitud), puntos cardinales, polos y trópicos, zonas tórridas, templadas y frías, son los principios básicos brindados por las culturas griega y china, que trascienden hasta el siglo XV por la Geographia de Claudio Ptolomeo de Alejandría (90 a 168 D.C.).

Si consideramos esta realidad, nos podemos preguntar: ¿en qué radica el mérito y significado

cartográfico de relevancia mundial de los Países Bajos?

El Sistema de Ptolomeo, es permeado por muchos hechos, aquellos que brindarán nueva información del planeta y la corrección consecuente de sus dimensiones. Desde este punto de vista, estos hechos se pueden atribuir concretamente a personas tales como Cristóbal Colón, Américo Vesputio y la expedición de Hernando de Magallanes, este último uno de los más importantes, 18 hombres de aquellos 265 que habían zarpado tres años antes, el 6 de setiembre de 1522 culminaban por primera vez la vuelta al mundo.

Aparte de estos hechos, existen otras causas, referidas siempre a una nueva concepción del mundo, que consisten en una graficación de estos hechos en un estilo distinto, dando un cambio a la cartografía y a la geografía.

En los inicios de la cartografía moderna se tiene la revolucionaria y determinante contribución de la producción cartográfica de los Países Bajos, nos referimos al Reino de Bélgica (Bélgica) y del Reino de los Países Bajos (Holanda), otrora unificados. Se destaca la participación del eminente cartógrafo Gerhard Kremer (1512-1594), más conocido entre nosotros como Gerardo Mercator.

Las razones relevantes de esta significativa contribución son varias:

1. por situarse en el tiempo inmediatamente posterior al descubrimiento para los europeos de un nuevo continente, que diera paso para despejar cualquier duda sobre las dimensiones de nuestro planeta, no tanto lo de la esfericidad, ya que la idea se concibió

desde la Antigüedad, con las respectivas demostraciones y mediciones. Las representaciones de la Tierra en globos se reconocen a la cultura musulmana, además, en el mismo año del descubrimiento de América, 1492, se conserva el globo terráqueo de Martín Behaim, de Nuremberg. En síntesis, toda nueva incursión comprendía un hallazgo, que requería ser descrito y graficado. Compartimos enteramente que la concepción del mundo cambió más rápidamente en el primer cuarto del siglo XVI que en cualquier otra época anterior o posterior (Raisz, E.: 1974: 36).

2. Los Países Bajos, aunque dependientes de España (Felipe II de España, heredero del trono al abdicar Carlos I, 1556), se encontraban bajo la influencia de otras potencias: Francia, Inglaterra y Alemania. Situación geográfica, centro del poder en la época, que favoreció la conformación de florecientes ciudades portuarias, asimismo como puntos de reunión de mercaderes y navegantes. Esto a su vez permitió que se viviera la noticia de primera fuente de las riquezas de ultramar y sus descripciones geográficas.
3. El complemento fue el acopio de estas ventajas por personas interesadas y comprometidas. Carlos I de España asignó a su coteráneo Mercator varios trabajos cartográficos. El resultado, una producción cartográfica no igualada, en cantidad, calidad y belleza entre mediados de los siglos XVI y XVII. Es así como esta obra es firmada, entre otros, por Gerardo Mercator, Romualdo Mercator, Jodocus Hondius (el hijo y el yerno de G. Mercator), Abraham Ortelius, Guillermo Janszoon Blaeu, sus hijos Juan y Guillermo y su nieto Cornelio, Carlos y Aberon Allards, Justo y Cornelio Donker, los Schenck (Pedro, padre e hijo), Valks (Gerardo y Leonardo), los Vissher (Nicolás, padre e hijo), los últimos Janszoon (Nicolás y Carlos), y Federico de Wit.
4. Por último, entre todo este contexto, el producto fue fructífero porque no solamente existió interés y motivación con gran expresión

artística, sino que fue amparado científicamente. Mercator realizó sus estudios en la Universidad de Lovaina. Entre sus maestros se encuentra Gemma Frisius, que introdujo los principios de la triangulación, y ejecutor de las ilustraciones de las últimas ediciones de la Cosmografía de Apiano, de Pedro Apiano (Alemán). Mercator aplica y supera su excelente preparación con la instalación de uno de los principales centros cartográficos de su época, con la producción de globos, instrumentos, proyecciones y mapas. Por este aporte, a Mercator se le reconoce como uno de los fundadores de la geografía matemática moderna, así como el hecho de que Holanda lo reclame como padre de su cartografía.

La precisión que aporta para ese entonces la cartografía de Mercator pone en el olvido la cartografía de Ptolomeo. Esto ha sido para muchos su principal mérito. Mercator vive la fama con la realización del mapa de Europa de 1554, que presenta al mar Mediterráneo reducido a sus más cercanas dimensiones, muy distinto al representado por Ptolomeo. La trascendencia efectiva hasta nuestros días, es con la confección del planisferio en forma rectangular en 1569, donde los meridianos y paralelos se cortan en ángulo recto, dando la aparición a un nuevo tipo de proyección que justamente lleva su nombre. Sus contemporáneos no supieron reconocer sus méritos. Inclusive su obra *Atlas* fue publicada un año después de su muerte. Otros cartógrafos fueron aún más famosos, entre ellos su amigo Abraham Ortelio y familia, así como Guillermo Janszoon Blaeu y sucesores.

La cartografía de los Países Bajos Meridionales se caracteriza por:

- Brindar alternativas de representación de la esfera en proyecciones originales.
- Introducir un tipo de letra más claro (logro particular de Mercator).
- Generalizar la posición del norte tal como se conviene hoy en día.
- Brindar un conjunto armónico (accidentes geográficos, rotulado y el decorado).

- Conjugar la graficación de los accidentes con dibujos artísticos; se aprovechan aquellas áreas sin información con figuras decorativas ("Líneas de fantasías").
- Incluir los elementos explicativos (escala, título y notas aclaratorias) dentro de la orla de los mapas.

### III. PROYECCIONES

Una proyección es una red ordenada de paralelos y meridianos que se utiliza como base para trazar un mapa sobre una superficie plana, o una representación matemática de un sistema de paralelos y meridianos con ese mismo objetivo. También "como cualquier transformación matemática de la superficie de la tierra, la cual es curva, sobre un plano de dos dimensiones" (ITC-IGAC: 1988: 3.1).

En términos simples solamente se proyectan los paralelos y meridianos del globo terráqueo sobre una superficie, para servir de base o referencia para 'plotear' con precisión los accidentes geográficos.

Entender el por qué de la aplicación de las proyecciones en cartografía, significa el comprender la imposibilidad de desarrollar una superficie con doble curvatura, como una esfera o un elipsoide, sea la forma que se convenga obtener como modelo de la Tierra. Al tratar de lograrlo, son transferidas distorsiones de alguna naturaleza (área, distancia y forma).

Ninguna proyección logra una verdadera representación del planeta para todos los fines, por esa razón es que existen varios centenares de ellas. Asimismo, se afirma que los mapas mienten, lo cual no comparto en su totalidad aunque comprenda la idea. Quizás algunas proyecciones se hayan hecho justamente con ese fin, pero me inclino a pensar en que es culpa del usuario, al tomar el mapa más a la mano y emplearlo para cualquier propósito.

Los mapas a gran escala de un país presentan todos los elementos y correcciones para que puedan ser leídos, de manera que el gran problema de la esfericidad del planeta queda diluido. Los usuarios, por tanto, no perciben el problema y nunca se preocupan sobre el tema. Es así como a

la indicación del tipo de proyección empleada no se le presta atención. En los mapas a escala pequeña, me refiero a los que presentan grandes regiones o al planeta en su totalidad, al buen lector o usuario le dejan entrever el problema cuando trate de usarlos sobre todo para determinar distancias, coordenadas y áreas; otras personas no lo entienden, e incluso, pese a ello, hay quienes enseñan con un mapa no adecuado. La aplicación incorrecta de los mapas, lleva a malformaciones conceptuales.

Las proyecciones las podemos clasificar de dos formas.

1. La primera se divide en dos grandes grupos:
  - a- Las equiáreas o equivalentes, aquellas que conservan la proporción de las áreas; continentes, países y unidades menores se conservan invariables en superficie.
  - b- Conformes u ortomórficas, las que conservan la forma de cualquier porción de la Tierra. La diferencia visible y que las distingue, dándoles sus aplicaciones, es que en este último grupo los paralelos y meridianos se cortan en ángulos rectos y las primeras no.
2. La segunda, por su modo de obtención, se puede dividir en cuatro grupos:
  - a- Acimutales, son el producto del desarrollo de un plano tangente al elipsoide terrestre.
  - b- Cónicas, a partir del desarrollo de la superficie terrestre sobre un cono de revolución tangente o secante al elipsoide terrestre.
  - c- Cilíndricas; grupo de proyecciones en que es transferida la red geográfica del elipsoide a un cilindro de revolución.
  - d- Especiales, aquellas que se fundamentan en un principio único, distinto al de los grupos anteriores, así como la combinación de algunos de ellos. Gráficamente se expone en la figura 1.

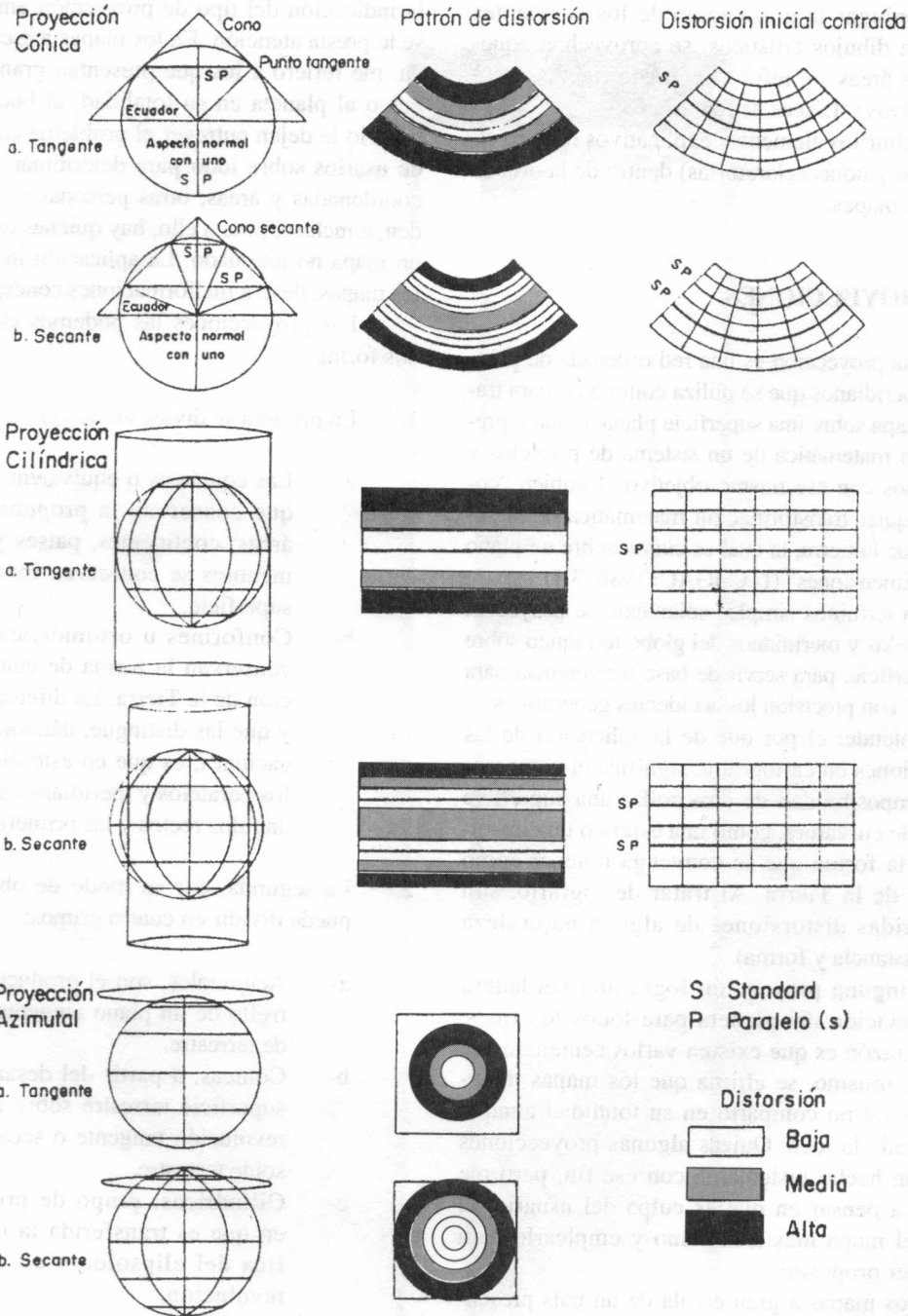


Fig. 1: Proyecciones

Fuente: Stephens, J. 1986 p. 164.

Redib: Carmen González G. U.C.R. - Geografía. 1994

#### IV. LAS PROYECCIONES MERCATOR

Entre las muchas proyecciones que G. Mercator ideó, se distingue la que lleva su nombre, inventada en 1569. Es por excelencia el ejemplo de las proyecciones cilíndricas, aunque para su cons-

trucción el autor no empleó un cilindro. Su máxima importancia se debe a que es la proyección especial para los mapas de navegación porque todas las loxodromias o líneas de rumbo aparecen como rectas, cualidad que ninguna otra proyección presenta (Fig. 2).

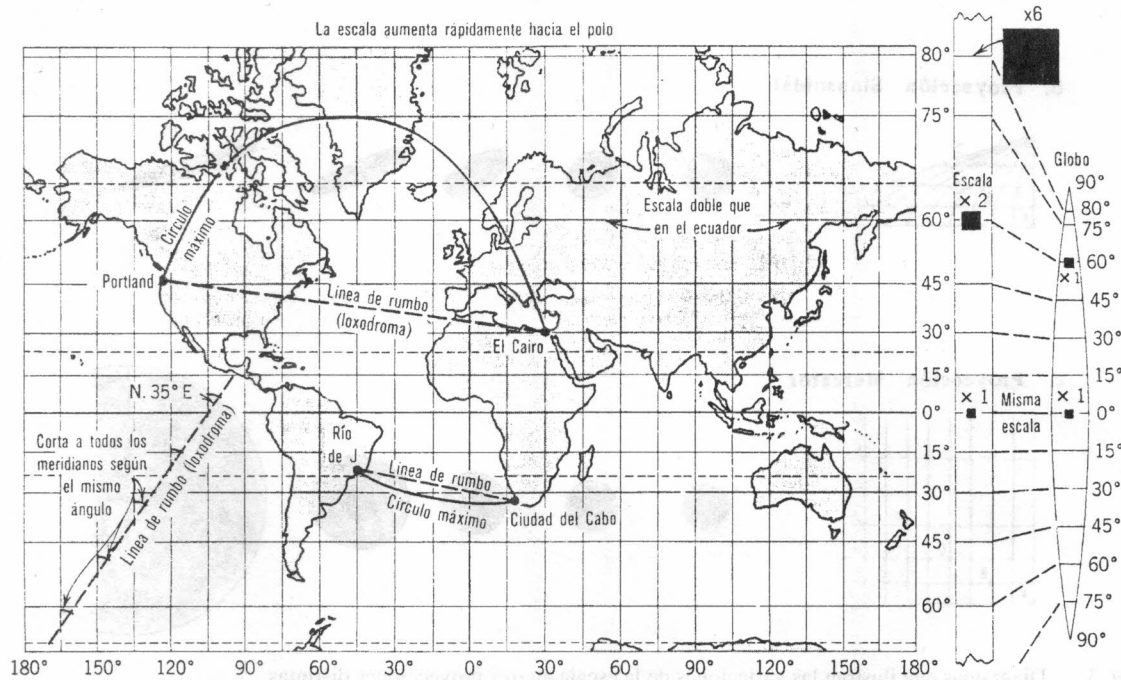


Fig. 2: Proyección Mercator, representa las líneas de rumbo como rectas constantes (Strahler, A.: 1977: 38)

La proyección Mercator comúnmente conocida, es una variación de la proyección cilíndrica producida íntegramente por medio de procedimientos matemáticos. Su reticulado es análogo al de una proyección cilíndrica.

Los paralelos están separados de tal manera en esta proyección que la expansión latitudinal es igual a la expansión longitudinal en cualquier punto. De esta manera, se devuelve la redondez al pequeño círculo de las latitudes elevadas, y la proyección Mercator se convierte en una proyección conforme. Sin embargo, el tamaño del círculo aumenta exageradamente; esto nos indica manifestar que la proyección es aplicable en áreas pequeñas no así en grandes regiones, debido al cam-

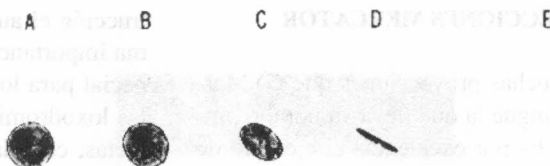
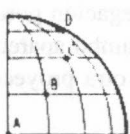
bio de escala de un punto a otro del mapa (Fig. 2 y Fig. 3); en algunos mapas no se indica.

Esta proyección da como resultado una gran deformación en las regiones cercanas a los Polos debido a la expansión de la latitud. Como resultado, a "los 80° de latitud una figura sobre el mapa tiene 36 veces su tamaño real (de acuerdo con la escala sobre el Ecuador)" (Ver Fig. 4) (Aguilar S. A.: 1954: 17).

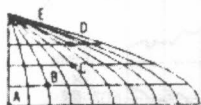
Una síntesis la podemos referir a que en las proyecciones Mercator los meridianos aparecen como líneas rectas paralelas separadas uniformemente. El Ecuador como los otros paralelos de latitud son líneas paralelas, pero no igualmente separadas, aumentando hacia los polos. Todos



a. **Proyección Ortográfica**



b. **Proyección Sinusoidal**



c. **Proyección Mercator**

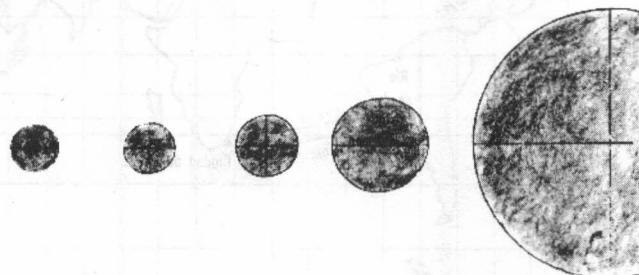
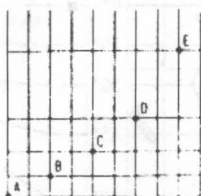
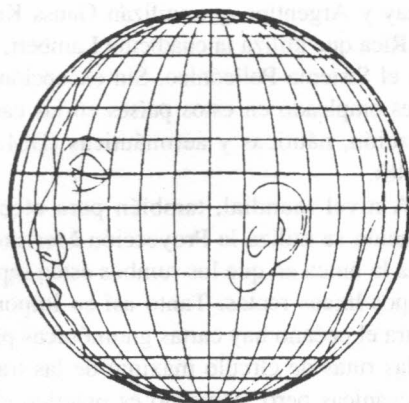


Fig. 3: Diagramas que ilustran las variaciones de la escala en tres proyecciones distintas (Stephens, J.: 1986: 159)

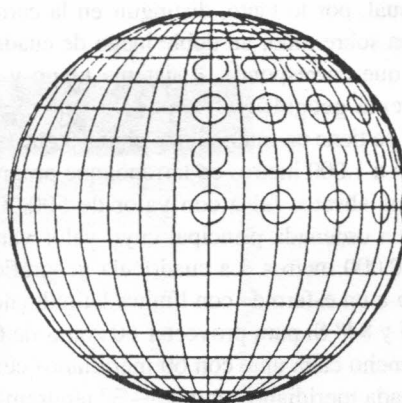
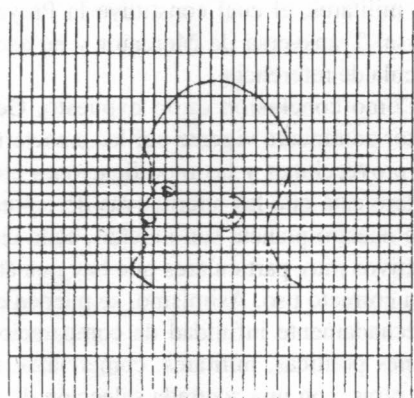
los paralelos cortan en ángulos rectos a los meridianos, y su separación aumenta progresivamente desde el Ecuador hacia los Polos (DMACSC: 1991: 41).

Otra proyección que lleva el nombre de Mercator es la Universal Transversal, al ser acogida la propuesta de Lambert para convertir en "transversal" la clásica Proyección Mercator, como facilidad práctica cuando se trate de mapear países recorridos a lo largo de un meridiano. Como Gauss estudió en detalle la nueva proyección se le llama también por su nombre.

En esta proyección el cilindro es tangente al meridiano central de la zona seleccionada, siendo coincidente éste con la línea de los polos, de modo que el azimut de la proyección original sufre un giro de  $90^\circ$ . El meridiano tangente aparece con una recta y las magnitudes que sobre él se midan resultan proporcionales a las de respectivo meridiano terrestre; de tal manera esta proyección es ortomórfica o conforme, con la deformación menor a lo largo del meridiano terrestre escogido como "ecuador" (IGAC: 1967: 12)



a. Proyección Ortográfica

b. Proyección Ortográfica  
indicando su expansión

c. Proyección Mercator

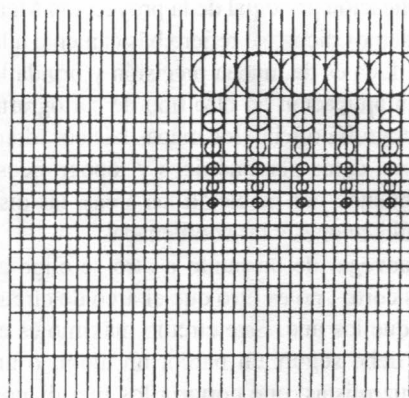
d. Proyección Mercator  
indicando su expansión

Fig. 4: Diagramas que muestran las distorsiones o expansiones de siluetas humanas y de círculos. (Stephens, J.: 1986: 158).

## V. EL SISTEMA UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR (UTM)

La gran mayoría de los mapas oficiales a gran escala de los países del mundo, llevan un sistema de referencia cuadrangular conocido como Sistema Universal de Mercator

El sistema cuadrangular UTM es lo que se denomina como coordenadas planas, militares o métricas; sus valores corresponden al sistema métrico

y no sexagesimal (grados, minutos y segundos). Emplear el metro como unidad para designar las líneas norte-sur y este-oeste significa una facilidad en la ampliación de este tipo de mapas en gran cantidad de actividades. A su vez estas líneas métricas se pueden hacer corresponder con medidas geográficas, sexagesimales. La correspondencia entre tipo de coordenadas se logra con una transformación matemática. Existen computadores personales que realizan en segundos esta tarea.

Es usual, por lo tanto, distinguir en la cartografía básica sobre todo, un doble juego de cuadrículas, uno que corresponde al sistema plano y el otro al sistema geográfico. En aquellos que emplean UTM se tiene un intervalo en el mapa que correspondería a 1.000 metros en terreno, que progresa desde una abscisa falsa con valor de 500.000 metros y una ordenada principal cuyo valor varía entre 0 y 10.000 metros. La cuadrícula geográfica corresponde a un esferoide con límites latitudinales entre 84° N y 84° S, para proyectar 60 zonas de 6° grados de ancho cada una, con 60 meridianos centrales. De cada meridiano central,  $\pm 3^\circ$  tendremos un meridiano límite.

## VI. APLICACIONES

La aplicación principal de la proyección Mercator ya lo hemos dicho, se refiere básicamente a la navegación. Esta es de mucha precisión y brinda la apertura a su aplicación en otro tipo de cartografía como la cartografía oficial, los mapas básicos, donde se registran datos planimétricos y topográficos, de donde obtienen por medición las áreas, las distancias, las direcciones y las coordenadas.

Para navegar de un punto a otro se elige el camino más corto, no es otro que el arco de círculo máximo que los une. Este círculo máximo es el rumbo que debe seguir un barco, un avión o un grupo de cruzojistas, que cortarían los meridianos en ángulos muy variables, observándose la graficación de esta trayectoria en el globo terráqueo como una espiral, lo cual no es práctico para cualquier navegante, sobre todo aquel de maniobras rápidas. Gerardo Mercator consciente de este problema, trabajó e ideó una representación plana del mundo, la que anuncia como una nueva disposición de los meridianos y paralelos para hacer que el rumbo, o curva loxodrómica sea una recta, sin duda uno de los hechos más destacados de la cartografía ejerciendo una gran influencia en el progreso de la navegación, mérito que lo hace trascender (Fig. 2).

Es así como la cuadrícula principal de los EE.UU y en la mayoría de los países latinoamericanos se emplea la UTM. Exceptuando Colombia,

Uruguay y Argentina que utilizan Gauss Kruger, Costa Rica que utiliza la cuadrícula Lambert, y Chile con el Sistema Policónico. Sin excepción, Mercator es empleado en estos países en las cartas de navegación, náuticas y aeronáuticas (DMASCS: 1991: 48).

A nivel mundial, también para efectos de navegación se utiliza la Proyección Mercator, por ser ésta la única en que los rumbos están representados por líneas rectas. Tanto así su importancia que para el océano hay cartas gnomónicas para señalar las rutas de círculo máximo de las travesías transoceánicas pero, como no es práctico el cambio continuo de rumbo en la navegación con brújula, se pasan estas rutas a una carta Mercator (Raisz: 1974: 266).

Después de la Segunda Guerra Mundial se ha unificado el uso de un mismo sistema de los mapas militares, el cual constituye la Proyección Universal Transversa de Mercator y su asociada cuadrícula de referencia.

Como conclusión de lo expuesto, Gerardo Mercator continuará vigente por las características de sus proyecciones y las modificaciones efectuadas. Claro está que las alternativas de representación de nuestro planeta son muchas, cada una tiene objetivos muy particulares que hay que atender para un correcto uso. Asimismo, se pueden expresar adecuadamente infinidad de comparaciones y relaciones políticas, militares, comerciales, culturales y otras, con una acertada selección de representación plana de la esfera terrestre. No hay duda de que cuando se trate de navegación imperará la Proyección Mercator. Si se tuviera la necesidad de aplicar con este fin en otros cuerpos esféricos extraterrestres, indudablemente la mejor representación es efectuar el ejercicio ideado en 1569, de manera que Mercator viajará hasta ellos.

## VII. BIBLIOGRAFIA

Aguilar S.A. *Atlas Universal Aguilar*. Madrid: Aguilar S.A., 1954.

Chamberlin, W. "The round earth on flat paper". Reproducción con el permiso de The National Geo-



- graphic Society, Washington, D.C. En: *Map Projections, EF 2060, Fundamentals of Cartography*. Division of Engineering Fundamental, College of Engineering, Virginia Polytechnic Institute and State University.
- DMACSC *Cartografía aplicada a la información aeronáutica*. DMACSC, s.l., 1991.
- Hoar, G. *Topografía por satélite. Teoría, Geodesia, Proyecciones de mapas*. Chile: Magnavox Advanced Products and System Company. 1983.
- IGAC *Atlas de Colombia*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá: Litografía Arco, 1967.
- ITC-IGAC *Cartografía. Curso básico de cartografía para tecnólogos*. Bogotá: Funcionarios del ITC (Holanda) e IGAC (Colombia). 1988.
- Maluquer, J. et al. *La conquista de la Tierra*. Barcelona: Salvat Editores, S.A., 1973.
- Raisz, E. *Cartografía*. Barcelona: Ediciones Omega S.A., 1974.
- Sthens, J. y Loon, J. *Cartografía Moderna*. Panamá: Escuela Cartográfica, Fuerte Clayton, 1986.
- Strahler, A. *Geografía física*. Barcelona: Ediciones Omega, S.A., 1977.