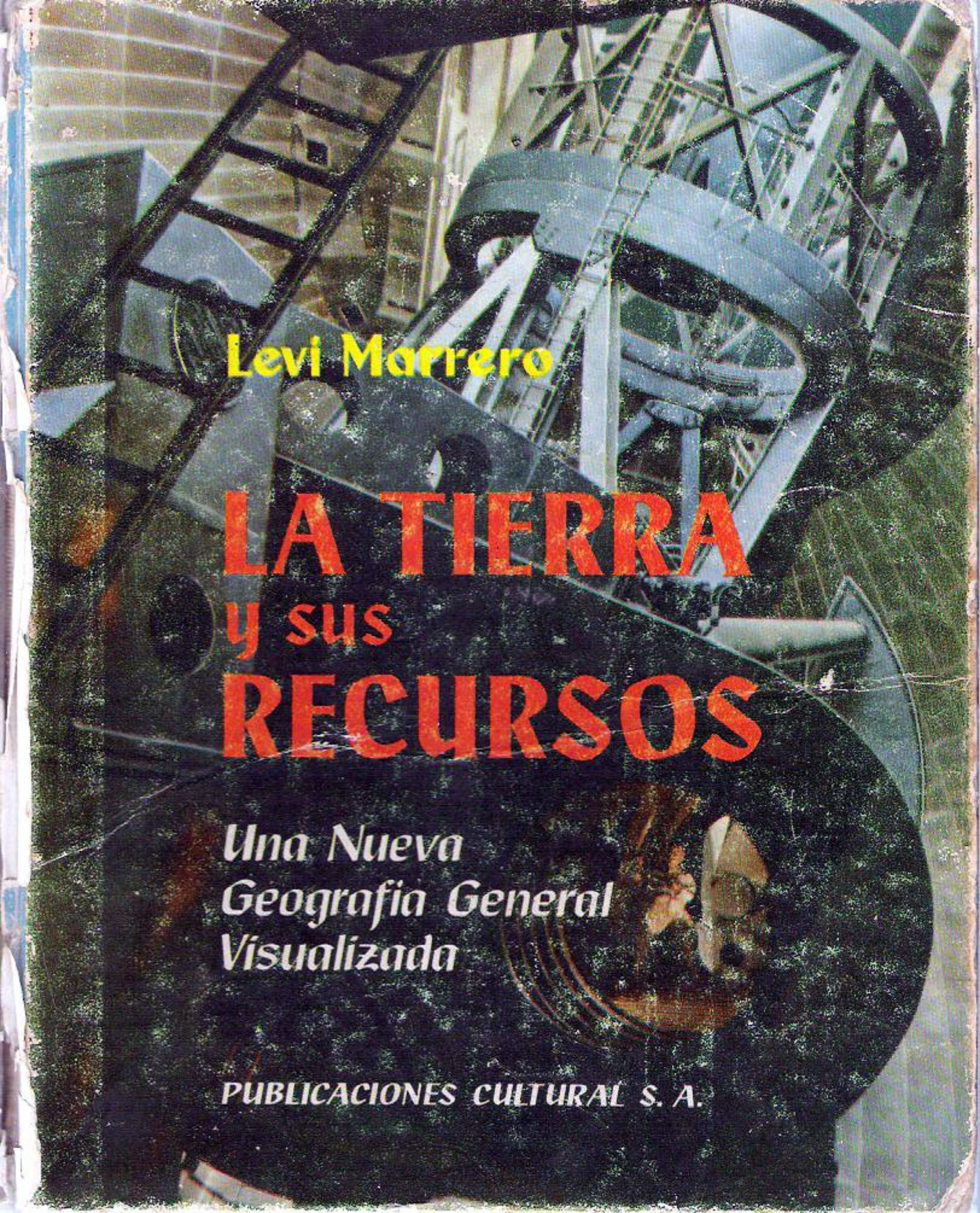




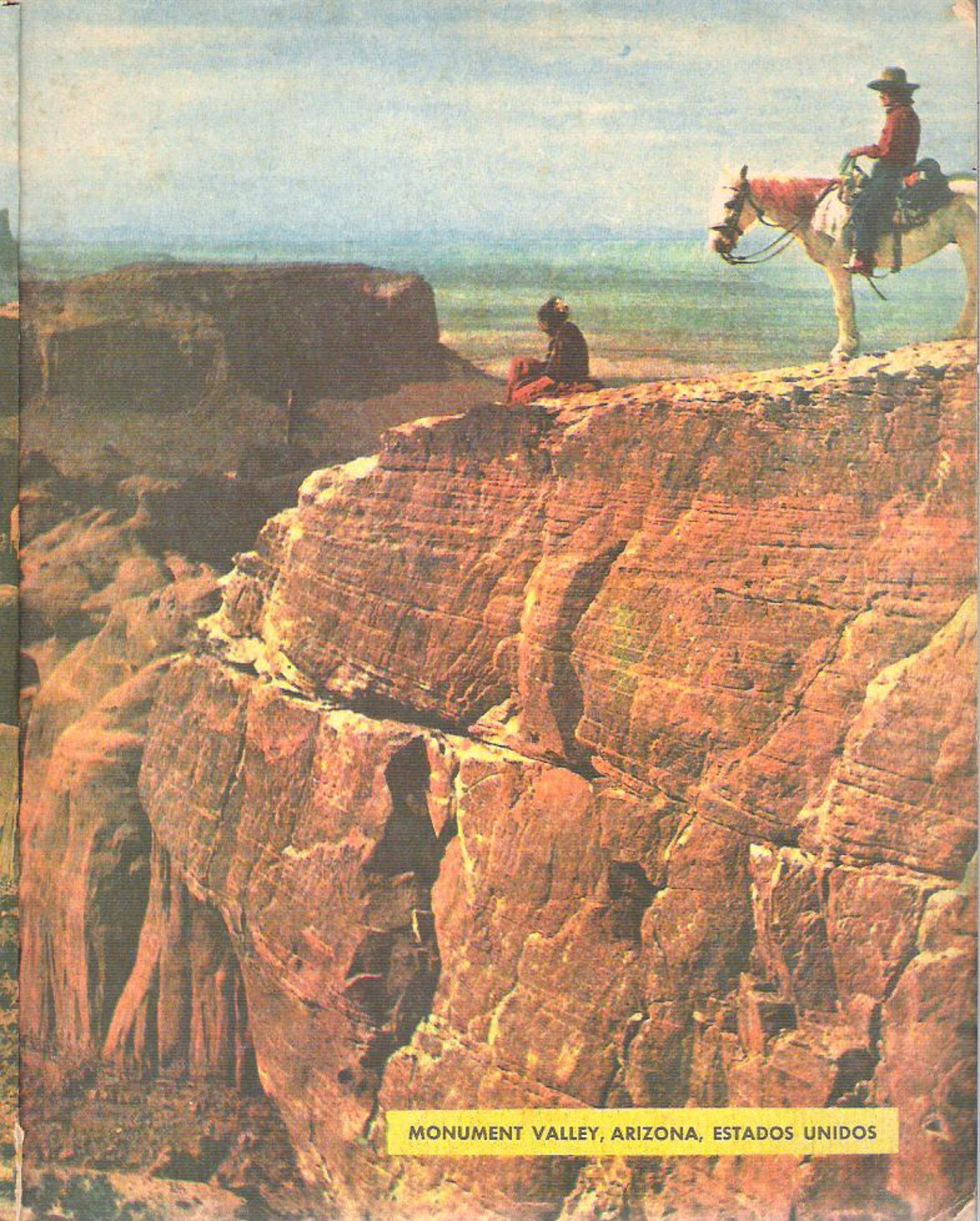
Levi Marrero

LA TIERRA y sus RECURSOS

*Una Nueva
Geografía General
Visualizada*

PUBLICACIONES CULTURAL S. A.





MONUMENT VALLEY, ARIZONA, ESTADOS UNIDOS

COLECCION
GEOGRAFIA VISUALIZADA



UNA NUEVA GEOGRAFIA GENERAL

LA TIERRA y sus RECURSOS



EDICION DE 1981

por **LEVI MARRERO**

Catedrático de Geografía en la Universidad de Puerto Rico, Colegio de Humacao; ex-profesor en la Universidad de La Habana, Cuba, y en el Instituto Pedagógico Experimental de Barquisimeto, Venezuela; ex-becario de la John Simon Guggenheim Foundation; miembro de The Association of American Geographers y de las Sociedades Geográficas de México, Perú, New York y Gran Bretaña.

MAPAS ESPECIALES DE ERWIN RAISZ, DE LA UNIVERSIDAD DE HARVARD

CULTURAL VENEZOLANA, S. A., Caracas - Venezuela

Colección GEOGRAFIA VISUALIZADA

VER PARA COMPRENDER

Volúmenes publicados:

Nivel secundario:

LA TIERRA Y SUS RECURSOS

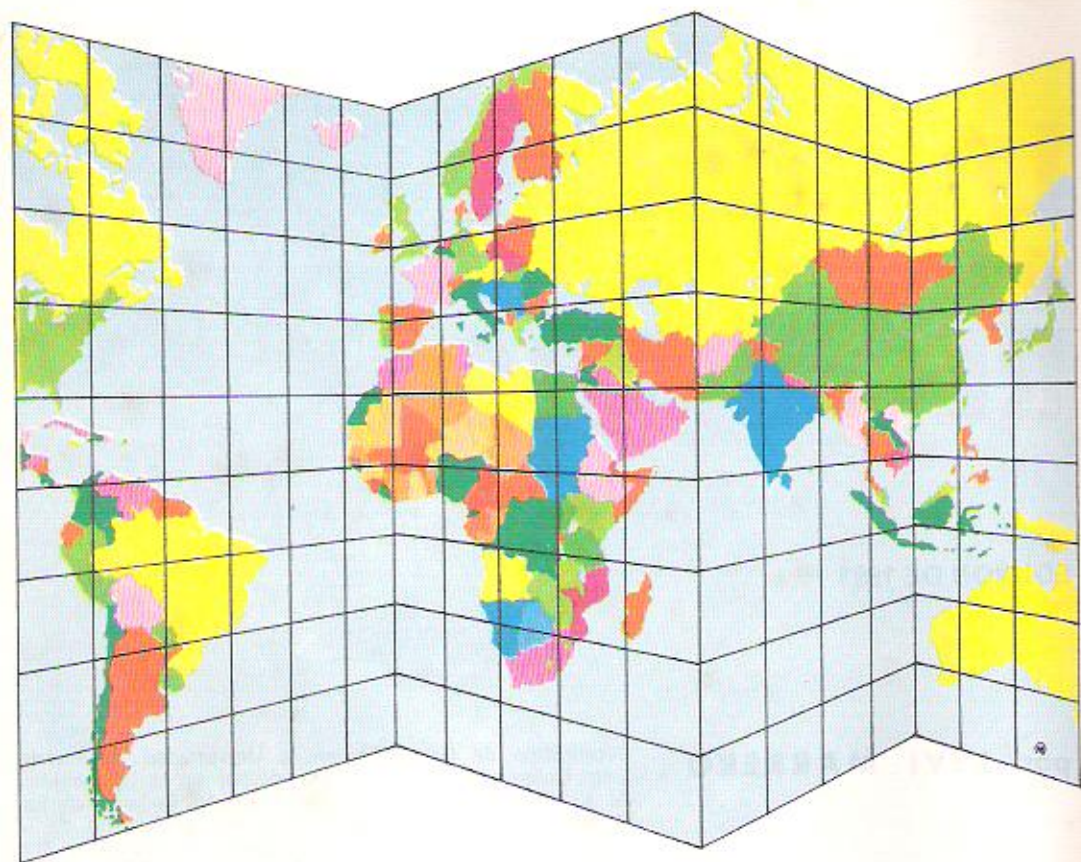
VENEZUELA Y SUS RECURSOS

Nivel primario:

VIAJEMOS POR VENEZUELA

VIAJEMOS POR AMERICA

VIAJEMOS POR EL MUNDO



CULTURAL VENEZOLANA, S. A.
Sta. Capilla a Mijares, 24 Caracas 101, VENEZUELA
Depósito Legal: M-36735-1981
I.S.B.N.: 84-499-3997-6
Printed in Spain-Impreso en España
Impreso por EDIME Org. Gráfica, S. A. (Móstoles) Madrid

© Leví Marrero

Es propiedad intelectual.

Queda hecho el depósito que prescribe la ley,
prohibida la reproducción total o parcial.

PALABRAS A LOS PROFESORES

La presente obra, parte integrante de la *Colección Geografía Visualizada*, constituye para nosotros la realización de un proyecto largamente madurado, a través de casi dos décadas de tareas en el aula. Durante esos años vimos nacer, crecer y precisarse en las labores diarias, los capítulos que siguen, mientras tratábamos de orientar a nuestros alumnos hacia la comprensión y el amor de los conceptos básicos de la moderna ciencia geográfica. Cuando, en distintas oportunidades pensamos convertir en un libro nuestras notas nos paralizó la duda, ya que las páginas frías y grises de los textos convencionales no podrían responder a nuestros propósitos. ¿Cómo podríamos —nos preguntamos muchas veces— llevar a un libro, sin hacerlo económicamente irrealizable, todos los elementos de realidad y de color que requiere el aprendizaje de la geografía, con un sentido actual de visualización?

La respuesta llegó cuando Cultural, S. A. nos invitó a preparar una nueva colección de textos geográficos. Hemos podido así convertir en realidad un viejo sueño nuestro, consistente en brindar a los estudiantes libros que, por sus elementos gráficos: mapas, diagramas y fotografías a todo color, les faciliten, bajo la dirección de sus profesores, un aprendizaje individual de la geografía, basado en la comprensión de los hechos geográficos visualizados, y de sus relaciones fundamentales, a través del análisis y la comparación.

IMPORTANCIA DE LA GEOGRAFÍA EN EL CAMPO DE LA EDUCACIÓN

No será necesario que subrayemos el valor educativo de nuestra disciplina. En los últimos años se ha venido reconociendo, cada vez con más firme destaque, la significación de la geografía en el campo científico, al mismo tiempo que en los círculos docentes se ha reconocido cómo la nueva concepción de la geogra-

fía contribuye eficazmente al logro de los objetivos fundamentales de la educación.

La participación de la geografía en la tarea educativa puede ser indirecta unas veces, y directa otras. Así, entre los ideales de la educación actual figuran algunos, intensamente precisados por la UNESCO, que si bien pueden ser servidos por casi todas las materias escolares, encuentran en la geografía un vehículo idóneo para su realización. Estos objetivos son:

1) Desarrollar en los alumnos una disposición intelectual favorable a la comprensión internacional, que les dará conciencia de los lazos que unen a todos los pueblos del mundo, y les dispondrá a aceptar las obligaciones que impone un mundo interdependiente.

2) Diseminar toda la información posible sobre otras tierras y otros hombres: sobre la contribución de todas las razas, religiones y naciones a la civilización, y sobre la cooperación internacional.

Además de contribuir al logro de los anteriores objetivos generales de la educación, el aprendizaje de la geografía puede encaminarse hacia conocimientos más específicos, y puede desarrollar ciertas actitudes que vendrían a constituir sus objetivos propios. Entre estos objetivos, establecidos por geógrafos y educadores convocados por la UNESCO, figuran los siguientes:

Conocimientos y habilidades.

1) Conocimiento de los hechos y conceptos geográficos y de sus relaciones, necesarios para representar con precisión el uso característico que el hombre ha decidido hacer de su medio, en las grandes regiones de la tierra.

2) Un conocimiento de, y una habilidad para, hacer uso de los instrumentos específicos por medio de los cuales puede obtenerse información geográfica, por ejemplo, fotografías, esferas, mapas, muestras, modelos, gráficas, cuadros estadísticos, textos y excursiones.

1) Comprensión de cómo los variados problemas de los distintos pueblos están relacionados con las diferencias entre las regiones que habitan, y por medio de esta comprensión desarrollar una actitud mental amplia hacia los problemas, realizaciones y posible desarrollo futuro de esos pueblos.

2) Apreciación de la verdad de que el conocimiento de los hechos y conceptos geográficos y sus relaciones capacitarán al individuo para dar una atención más inteligente a los problemas diarios de la vida local, nacional e internacional.

3) Un poder creciente para apreciar la interdependencia económica y cultural de las regiones y los pueblos.

4) Comprensión del valor de los recursos naturales y de la necesidad de usarlos inteligentemente.

En común con otras materias del curriculum, cuando es adecuadamente presentada, la geografía contribuye también a desarrollar entre los estudiantes la capacidad crítica, a estimular el pensamiento claro, y a desarrollar cualidades personales, tales como la tolerancia, la disposición a cooperar, el respeto a los demás y el sentido de responsabilidad⁽¹⁾.

Tales son los objetivos que, a través de la distribución del contenido y del enfoque de los temas, hemos tratado de servir fundamentalmente en este libro.

EL CONTENIDO DEL LIBRO A LA LUZ DE LA PSICOLOGIA JUVENIL

El contenido del presente texto ha sido coordinado en atención a dos demandas básicas:

1) Las características psicológicas de los jóvenes que han de utilizarlo;

2) Los asuntos que constituyen la asignatura denominada *geografía general* en la casi totalidad de los países latinoamericanos.

El estudiante a quien nos dirigimos tiene entre doce y quince años de edad, por lo cual, psicológicamente, vive una etapa transicional entre el mundo puramente imaginativo de la infancia y el pensamiento realista de la persona adulta; aunque, aparentemente, haya vencido el difícil vado hacia la adultez, su pensamiento es, a menudo, confuso, y no puede ser llamado científico. En esta edad los jóvenes poseen sólo una capacidad par-

cial para la abstracción y para lograr generalizaciones sobre los hechos particulares.

Desde el punto de vista educativo, en la labor del aula, estos años han sido descritos como una etapa de correlación; es un período en el cual el joven puede usar eficientemente los instrumentos del geógrafo para descubrir las relaciones entre el paisaje natural y el paisaje cultural. Es una etapa propicia a la clasificación, selección y organización del material estudiado incidentalmente en la etapa de la educación primaria, para lograr ahora el desarrollo de un plan ordenado, en el cual las relaciones geográficas puedan ser reconocidas fácilmente.

Cuando se dirige el aprendizaje de alumnos entre los doce y los quince años, las descripciones deben ser suplementadas gradualmente con las explicaciones. Muchos profesores tienen la tendencia, cuando se colocan en el aula frente a alumnos de este nivel, a insistir demasiado en el razonamiento abstracto, sin apoyarse adecuadamente en hechos y descripciones, con el resultado de que los alumnos pierden el interés. El material descriptivo utilizado —literario o visual— debe continuar apelando al espíritu de aventura de los estudiantes, y a satisfacer su sed por nuevas experiencias.

Al revisar el presente texto, podrán advertir los señores profesores que hemos tratado de adecuar su contenido a esas características psicológicas, expuestas con toda precisión por los especialistas de la UNESCO. En la distribución del contenido hemos tenido en cuenta las demandas de los programas oficiales, que incluyen en nuestros países, dentro de las materias de la geografía, algunas que, en los países anglosajones, aparecen en los programas de *ciencia general*. Hemos insistido, por este motivo, en ciertos temas que algunos podrían considerar más propios de la cosmografía o de la física, que de la geografía en sentido estricto, pero los cuales poseen, sin duda, un vivo interés para los alumnos. Muchos de estos asuntos aparecen tratados en los pies de las ilustraciones, que hemos convertido, intencionadamente, en lecturas complementarias.

Al desarrollar las distintas unidades geográficas hemos insistido en ofrecer, al comienzo de cada capítulo, un bosquejo del tema, de tal manera que el alumno pueda captar rápidamente su importancia. Intentamos con ello propiciar una motivación, al ofrecer una justificación de la razón del estudio del asunto, a la vez que cumplimos una demanda psicológica. Creemos esto porque la geografía es básicamente, una ciencia de relaciones, y la psicología del aprendizaje más aceptada hoy revela que se aprende por totalidades, globalmente.

(1) UNESCO, *A Handbook of Suggestions on the Teaching of Geography*, 1951.

La insistencia en imponer al estudiante hechos, conceptos, definiciones y cifras aisladas, acordes con las desechadas orientaciones de la psicología asociacionista, constituye un retraso desde el punto de vista psicológico, y un contrasentido, más grave aún, desde el punto de vista geográfico.

El deseo de ofrecer un libro orgánico, en el cual los asuntos aparezcan íntimamente relacionados, tal como se presentan los hechos en la urdimbre de las relaciones geográficas, nos ha llevado a indicar continuamente, a través de cada página, mediante llamadas de figuras y párrafos, donde puede el estudiante encontrar antecedentes y consecuentes de los asuntos que lee. De esta manera creemos facilitar la coordinación y relación de los conocimientos, pues el estudiante vuelve sobre aquellos hechos que ya conoce, o se anticipa su interés sobre otros.

VISUALIZACION Y APRENDIZAJE

Las ilustraciones de este libro, que nos permitimos considerar excepcionales en cuanto a número y calidad, no constituyen meros «adornos» de las páginas, pues han sido seleccionadas, o concebidas y ejecutadas, como una parte fundamental de la obra. A lo largo del texto hemos intentado ofrecer los mejores resultados de nuestras experiencias previas, realizadas a la luz de los orientadores de las técnicas de la educación visual, aplicadas a la didáctica de la geografía. Hemos, por ello, multiplicado el número de ilustraciones, para que cada una posea un mensaje concreto. Los mapas, las gráficas y los esquemas contienen solamente los elementos

hacia los cuales se desea atraer la atención del estudiante. Aun en la selección de las fotografías hemos tratado de evitar aquellas que, por poseer demasiados elementos accesorios e irrelevantes, resultaban inadecuadas a nuestros propósitos.

Creemos que, a través de las ilustraciones del libro, más de 550, los estudiantes podrán «ver», con la mayor claridad posible, hechos geográficos muy variados y algunos de sus innumerables aspectos y relaciones, lo cual facilitará su aprendizaje bajo la orientación de sus profesores.

No seríamos sinceros si ocultáramos el amor que hemos puesto en la preparación de este libro, y nuestra satisfacción por haber logrado culminar la tarea que nos impusimos. Tenemos fe en que podrá ser un instrumento útil para el aprendizaje de la geografía, pero ello no nos impide comprender que lo más importante en el aula no es el libro de texto; sino los estudiantes, el maestro y el espíritu en que desenvuelvan sus tareas. De acuerdo con el ambiente del aula, el libro puede ser un auxiliar que haga agradable la marcha hacia los objetivos de la educación, o puede resultar un elemento pasivo e inactivo. Nada más apropiado que citar sobre este asunto las bellas palabras del sabio geógrafo norteamericano Isaiah Bowman, cuando recordaba que los fundadores de la ciencia moderna realizaron su «revolución» porque comenzaron a observar las cosas como son, en lugar de recitar las creencias dogmáticas de sus vecinos. «Si hemos de mantener la libertad científica entre nuestros alumnos en el aula, debe esta libertad significar lo que significó para los fundadores de la ciencia: observación original para satisfacer una curiosidad genuina. La tierra no es una descripción en un libro, sino una cosa real, con la cual estamos en diario contacto».

NOTA A LA PRESENTE EDICION

La presente edición de LA TIERRA Y SUS RECURSOS contiene revisiones sustanciales, como reconocerán los profesores que han venido utilizando este texto en todos los países hermanos de América. Los notables progresos en la investigación del espacio extraterrestre en los últimos años, nos han traído aportes significativos para el enfoque de la posición de nuestro planeta en la perspectiva del Cosmos; igualmente han sido notables los cambios tecnológicos en el campo de las comunicaciones globales originados en los avances de la ciencia espacial. En adición, el advenimiento a la vida independiente de decenas de nuevos países, orientados casi todos en la vía hacia el desarrollo económico, ha introducido en el panorama geográfico mundial nuevos protagonistas de cambios significativos, tanto en la cuantía como en la distribución de la producción de materias primas y otros bienes de demanda internacional.

Dentro del marco característico de la obra, sin modificar su formato ni su paginación, hemos introducido las fotografías, diagramas y nuevos datos que hacen de esta edición un texto de Geografía que podemos considerar totalmente al día.

Agradecemos nuevamente a los centenares de profesores que en toda nuestra América han confirmado su simpatía y aprecio hacia nuestro modesto esfuerzo, y reiteramos nuestra sincera disposición a recibir de ellos, como en ocasiones anteriores, con gratitud, todas las sugerencias que tengan a bien formularnos.

Deseamos dejar constancia de la colaboración atenta y generosa que hemos recibido en todo momento de nuestros editores, **Cultural Venezolana, S. A.**

Levi MARRERO

CONTENIDO

1. CONCEPTO DE LA GEOGRAFIA	1		
2. EL UNIVERSO	7		
1. El paisaje geográfico (1); 2. La geografía y las otras ciencias (3); 3. Geografía general y geografía regional (3); 4. Importancia de la geografía (5); 5. La Vía Láctea (7); 6. Las estrellas (7); 7. Las constelaciones (11); 8. Las nebulosas (15).			
3. EL SISTEMA SOLAR	16		
9. El Sol (16); 10. Influencia del sol sobre la tierra (18); 11. Los planetas (18); 12. Los planetoides (21); 13. Los satélites (21); 14. Los cometas (23); 15. Los meteoritos (23); 16. La luna (24); 17. Fases de la luna (26); 18. Los eclipses (27).			
4. LA TIERRA EN EL ESPACIO	31		
19. Forma de la tierra (31); 20. Por qué la tierra es esférica (31); 21. Pruebas de la redondez de la tierra (31); 22. Consecuencias de la redondez de la tierra (34); 23. Principales dimensiones de la tierra (35); Movimientos de la tierra (35); 24. Movimiento de rotación (35); 25. Consecuencias de la rotación de la tierra (36); 26. Movimiento de traslación (38); 27. Inclinação del eje terrestre (39); 28. Posiciones relativas de la tierra y el sol (39); 29. Las estaciones (39); 30. Trópicos y círculos polares (41).			
5. EVOLUCION DE LA TIERRA	44		
31. Los primeros milares de millones de años de la tierra (Era Azoica) (45); 32. Aparición de los océanos y de las primeras manifestaciones de vida (Era Arqueozoica) (45); 33. Cuando se formaron las rocas sedimentarias más antiguas (46); 34. La era de los peces y de los grandes helechos (Era Paleozoica) (48); 35. La era de los reptiles gigantes (Era Mesozoica) (48); 36. La tierra adopta sus caracteres actuales (48); Estructura de nuestro planeta (49); 37. Cómo está constituido el interior de la tierra (49).			
6. DETERMINACION DE POSICIONES EN LA TIERRA	51		
38. Los puntos o rumbos de la Rosa Náutica (51); 39. Modos de orientarse (52); 40. La brújula (53); 41. Los círculos de la esfera (53); 42. Los polos y el ecuador (53); 43. Los paralelos y los meridianos (54); 44. Los hemisferios (55); 45. Qué es la latitud y cómo se mide (55); 46. Qué es la longitud y cómo se mide (56); 47. Los trópicos y los círculos polares (57).			
7. LA MEDICION DEL TIEMPO	59		
48. El día (59); 49. Día solar medio y día civil (60); 50. Las diferencias de horas y los husos horarios (60); 51. El año (62); 52. El calendario (62).			
8. LAS REPRESENTACIONES GEOGRAFICAS	64		
53. La esfera es la mejor representación de la tierra (64); 54. Los mapas (65); 55. Las proyecciones (66); Cómo utilizar los mapas (68); 56. La orientación del mapa (69); 57. La escala (69); 58. Los símbolos del mapa (70); 59. La representación del relieve en los mapas (72).			
9. LA ATMOSFERA	75		
60. Caracteres generales de la atmósfera (75); 61. Origen de la atmósfera (76); 62. Estructura de la atmósfera (77); 63. Composición de la atmósfera (78); 64. Funciones de la atmósfera (78); 65. Funciones de la atmósfera (79); 66. Temperatura de la atmósfera (79); 67. Medición de la temperatura: el termómetro (80); 68. Las variaciones de la temperatura (81); 69. Distribución geográfica de la temperatura. Isotermas (83); 69. Equi-			
dor del calor y polos del frío (84); 70. La presión atmosférica (84); 71. Variaciones de la presión (84); 72. Medición de la presión atmosférica. El barómetro (84); 73. Distribución geográfica de la presión. Las líneas isobaras (85).			
10. MOVIMIENTOS DE LA ATMOSFERA	89		
74. El origen de los vientos (89); 75. Leyes de los vientos (90); 76. Dirección y velocidad del viento (90); 77. Vientos planetarios (91); 78. Vientos continentales. Los monzones (93); 79. Las brisas (94); 80. Vientos ciclónicos (94); 81. Ciclones tropicales (96).			
11. CIRCULACION DEL AGUA EN LA ATMOSFERA	101		
83. Evaporación (102); 84. Humedad (102); 85. Condensación (103); 86. Las nubes (103); 87. La niebla, el rocío y la escarcha (104); 88. Precipitación (104); 89. La lluvia (104); 90. La nieve (105); 91. El granizo y el aguanieve (105); 92. Distribución geográfica de las lluvias. Fenómenos luminosos y eléctricos de la atmósfera (109); 93. El color del cielo (109); 94. El arco iris (104); 95. Espejismo (109); 96. Las auroras polares (112); 97. El rayo y el trueno (112).			
12. EL CLIMA	114		
98. El estado del tiempo (114); 99. Elementos del clima (114); 100. Factores que modifican el clima (115); Principales tipos de clima (117); 100. Los tipos de clima según Köppen (118); 101. Influencia del clima sobre el hombre (119).			
13. DISTRIBUCION DE LAS TIERRAS Y LAS AGUAS	126		
102. Distribución de las tierras y las aguas en la superficie terrestre (126); 103. El origen de los continentes y los océanos (128); 104. Los continentes (129); 105. Los océanos (132); 106. Los mares (133); 107. La plataforma continental (134); 108. El fondo de los océanos (135); 109. Las islas (136); 110. Las principales islas (138).			
14. LAS COSTAS	139		
111. Tipos de costas (139); 112. Costas de emersión (140); 113. Costas de sumersión (140); 114. Costas de tipo neutro (141); 115. Costas compuestas (142); 116. La evolución de las costas (142); 117. Formación de terrazas por la acción de las olas (225); 118. Los arrecifes coralinos (144); 119. Las bahías (145).			
15. LAS AGUAS DEL MAR	147		
120. Color de las aguas del mar (147); 121. Salinidad y densidad de las aguas del mar (147); 122. Temperatura de las aguas del mar (148); 123. Los hielos en el mar (148); La vida en el mar (150); 124. La flora del mar (150); 125. La fauna marina (151).			
16. LOS MOVIMIENTOS DEL MAR	154		
125. Las olas (154); 126. Las mareas (156); 127. Efectos de las mareas (157); 128. Las corrientes planetarias (158); 129. La influencia de las corrientes planetarias sobre el clima (159).			
17. LA LITOSFERA	162		
130. Materiales que componen la litosfera (162); 131. Las rocas ígneas (163); 132. Las rocas sedimentarias (164); 133. Las rocas metamórficas (165); 134. Estructura de la litosfera (166); 135. Origen del suelo (167); 136. Caracteres de los suelos (167); 137. Importancia económica de los suelos (169).			

18. EL RELIEVE TERRESTRE	171	28. LOS RECURSOS NATURALES Y SU UTILIZACION	277
138. Origen de las formas del relieve (171); 139. Elevaciones y depresiones de la litosfera: el diastrofismo (175); 140. Plegamientos (176); 141. Fallas (177).		222. La caza y la pesca (278); 223. El pastoreo y la ganadería (278); 224. La agricultura (278); 225. La explotación forestal (280); 226. La minería (280); 227. Las industrias extractivas y las reproductivas (280); 228. La industria transformadora (281); 229. Influencias recíprocas entre el hombre y el medio (282); 230. La habitación humana (285); 231. Origen y desarrollo histórico de las ciudades (286); 232. Clasificación de las ciudades por sus funciones (287); 233. La situación geográfica de las ciudades (288); 234. Caracteres de las grandes ciudades (289).	
19. LOS TERREMOTOS Y LOS VOLCANES	179	29. LAS COMUNICACIONES, LOS TRANSPORTES Y EL COMERCIO	291
142. Causas de los terremotos (179); 143. Caracteres de los terremotos (180); 144. Efectos de los terremotos (180); 145. El sismógrafo (182); 146. Las intrusiones ígneas (183); 147. Los volcanes (183); 148. Materiales volcánicos (184); 149. Volcanes activos, durmientes y extintos (186); 150. Zonas sísmicas y volcánicas (188).		235. Ferrocarriles (292); 236. El transporte motorizado (295); 237. Navegación interior (296); 238. La navegación marítima (297); 239. El transporte aéreo (299); Las comunicaciones (301); 240. El correo (301); 241. Las telecomunicaciones (302); 242. La prensa (303); El comercio mundial (303).	
20. FORMAS DEL RELIEVE DEBIDAS AL DIASTROFISMO	190	30. LOS PRODUCTOS ALIMENTICIOS	306
151. Las llanuras costeras e interiores (190); 151. Mesetas (190); 153. Montañas (193); 154. La mayoría de la población del mundo se concentra en algunas llanuras (195); 155. Las mesetas de las regiones tropicales sostienen mucha población (196); 156. Las montañas han sido barreras entre los hombres (19).		243. El trigo (306); 244. El arroz (308); 245. El maíz (310); 246. Otros cereales (310); 247. Los tubérculos (311); La ganadería (312); 248. El ganado vacuno (312); 249. El ganado lanar (314); 250. El ganado de cerda (315); 251. El comercio internacional de carnes (316); 252. La avicultura (316); Peces y mariscos (316); 253. Distribución geográfica de las principales zonas pesqueras (319); 254. El azúcar de caña (320); 255. El azúcar de remolacha (321); Las frutas (322); 256. El banano (322); 257. La piña y otras frutas tropicales (324); 258. Frutas cítricas (324); 259. Frutas de las latitudes medias (325); 260. Productos oleaginosos (325).	
21. EVOLUCION DE LAS FORMAS DEL RELIEVE	198	31. LOS PRODUCTOS ESTIMULANTES Y AROMATICOS	327
157. Los agentes del modelado (198); 158. Meteorización (198); 159. Erosión y deposición (199); 160. Formas del relieve debidas al modelado (200); 161. El ciclo geográfico (203); 162. Las etapas del ciclo geográfico (204); 163. Penillanura o peniplano (204).		261. El café (327); 262. El té (329); 263. El cacao (329); 264. La yerba mate (330); 265. Los vinos y los licores (330); 266. El tabaco (331); 267. Las especias (332).	
22. LAS AGUAS SUBTERRANEAS	207	32. LOS PRODUCTOS TEXTILES Y LAS PIELS	334
164. La infiltración de las aguas subterráneas (207); 165. Circulación de las aguas subterráneas (208); 166. Manantiales (208); 167. Los pozos (211); 168. Las cavernas (211); 169. Topografía cárstica (213); 170. Depósitos debidos a las aguas subterráneas (213); 171. Valor económico de las aguas subterráneas (214).		268. El algodón (334); 269. La lana (336); 270. La seda (336); 271. El lino (337); 272. Las fibras sintéticas (337); 273. Otras fibras (338); Los cueros y las pieles (339); 274. Los cueros (339); 275. Las pieles (339).	
23. LOS RIOS Y LOS LAGOS	215	33. LOS PRODUCTOS FORESTALES	342
172. Origen de los ríos (215); 173. Cuenca y divisorio de las aguas (215); 174. Perfil longitudinal y nivel de base (216); El ciclo del río (217); 175. Juventud del río: erosión vertical y formación del valle (218); 176. Madurez del río: erosión horizontal y meandros (220); 177. Vez del río: diques naturales y lagos de herradura (220); 178. Los ríos y el relieve (224); 179. Principales ríos del mundo (226); 180. Importancia de los ríos en la vida del hombre (228); 181. Origen de los distintos tipos de lago (230); 182. Funciones de los lagos (233); 183. Desaparición de los lagos (236); 184. Importancia de los lagos para el hombre (233).		276. Las maderas (342); 277. Industrias derivadas de la madera (345); 278. El caucho (346).	
24. LOS GLACIARES	235	34. LOS MINERALES	349
185. La línea de las nieves (235); 186. Formación de los glaciares y sus tipos (237); 187. Los glaciares y el relieve terrestre (238); 188. Distribución geográfica de los glaciares (241).		Los metales (350); 279. El hierro (351); 280. Metales de aleación del acero (354); 281. La industria siderúrgica (354); 282. El cobre (356); 283. El aluminio (356); 284. El estaño (357); 285. El plomo y el zinc (357); 286. El uranio (357); 287. Los metales preciosos (358); 288. Las piedras preciosas (358); 289. Los minerales y las industrias químicas (359); 290. Otros minerales útiles (360).	
25. LA VEGETACION	244	35. LAS FUENTES DE ENERGIA	361
189. Factores de la distribución de la vegetación (244); 190. Las formaciones vegetales (246); 191. Tipos de vegetación arbórea (248); 192. La selva (249); 193. El bosque tropical (251); 194. El bosque mediterráneo (251); 195. Los bosques de las latitudes medias (251); 196. El bosque de coníferas o taigá (252); 197. Tipos de formaciones herbáceas (252); 198. Las sabanas (252); 199. Vegetación de las praderas (253); 200. Vegetación de las estepas (253); 201. Vegetación de la tundra (254); 203. Vegetación de los pantanos (254); 204. La vegetación y el hombre (254).		291. La hulla (362); 292. Producción y comercio de la hulla (363); 293. La hulla y la industria moderna (364); 294. El petróleo (364); 295. Las regiones productoras de petróleo (367); 296. El petróleo y el mundo moderno (369); 297. Gas natural (370); 298. La energía hidráulica (370); 299. La electricidad (372); 300. La energía atómica o nuclear (372); 301. Otras fuentes de energía (377).	
26. LA FAUNA	256	VOCABULARIO GEOGRAFICO	378
205. Factores de la distribución de los animales (256); 206. Distribución de los animales en la superficie terrestre (256); 207. Fauna de la selva (257); 208. Fauna de los bosques (260); 209. Fauna de las sabanas (260); 210. Fauna de las praderas y las estepas (261); 211. Fauna de los desiertos (262); 212. Fauna de las altas montañas (262); 213. La fauna polar (263); 214. La fauna y el hombre (263); 215. La conservación de los recursos naturales (264).		LECTURAS COMPLEMENTARIAS	385
27. LA POBLACION DEL MUNDO	266	BIBLIOGRAFIA FUNDAMENTAL	386
216. La geografía humana y el paisaje cultural (266); 217. La población actual del mundo (267); 218. El medio geográfico y la distribución de la población (267); 219. Características predominantes de los grupos humanos (270); 220. Las principales lenguas del mundo (272); 221. Principales religiones (273).		INDICE ANALITICO	387

Desde que los primeros hombres trataron de conocer y explicarse el mundo en que vivían comenzó a existir la geografía, aunque no le fuera dado este nombre.

El término *geografía* fue creado por los antiguos griegos; para ellos geografía significaba literalmente *descripción de la tierra*. De acuerdo con esta idea tan general, bajo el nombre de geografía se incluyeron numerosos asuntos que más tarde pasaron a ser temas de estudio de ciencias particulares.

El desarrollo de las nuevas ciencias redujo a la geografía, según el criterio de muchos, a una simple enumeración de los accidentes de la superficie de la tierra, de nombres de mares, de ciudades, de fronteras y de otros hechos de menor importancia. Este concepto de la geografía ha sido abandonado, afortunadamente.

La geografía posee hoy una posición propia en el campo de los conocimientos humanos y su estudio resulta imprescindible a toda persona culta, pues mientras cada ciencia estudia un aspecto parcial de la naturaleza o del hombre, la geografía moderna, basándose en los datos aportados por estas ciencias, interpreta y explica la superficie terrestre en su conjunto, como residencia del hombre.

La geografía no se interesa por los hechos naturales y humanos aislados, sino en la forma en que estos hechos, relacionándose unos con otros, dan lugar a distintos paisajes en las diferentes regiones de la tierra.

De acuerdo con esta concepción podemos decir que la geografía tiene como principales finalidades *localizar, describir, explicar y comparar los distintos paisajes que se observan en la superficie terrestre y las actividades de los hombres integrantes de esos paisajes*.

1. El paisaje geográfico. El estudio del paisaje es el objetivo fundamental de la geografía. Ahora bien, ¿qué es el paisaje geográfico?

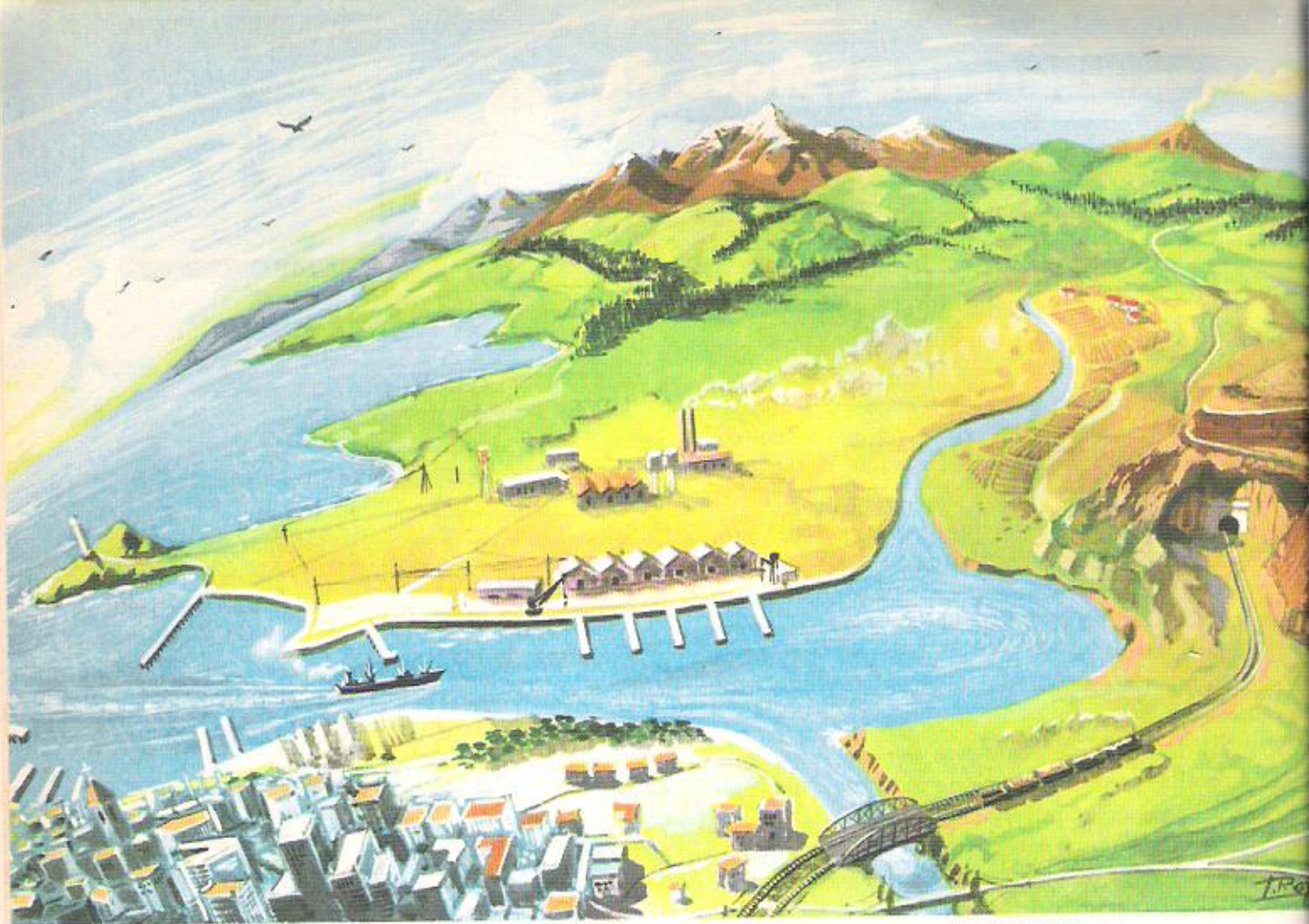
Si comparamos áreas muy distantes de la superficie terrestre como la tundra helada del norte de Canadá y la selva amazónica, o aun distintas regiones dentro de un continente o de una isla, podemos advertir fácilmente grandes diferencias entre ellas. Al mismo tiempo en cada área o región encontramos una serie de características que le dan fisonomía propia, permitiéndonos distinguirlas de las demás áreas o regiones próximas. Podemos decir, por ello, que cada región posee un *paisaje geográfico peculiar*.

La palabra paisaje significa comúnmente «una porción de territorio que puede abarcarse de una mirada», según la definición de los diccionarios, o también «una extensión de tierra que presenta un conjunto artístico», pero no es ésta la significación que le dan los geógrafos.

El paisaje geográfico está constituido por una porción de la superficie terrestre que, después de ser examinada desde distintos puntos de vista, se advierte que posee caracteres propios.

De acuerdo con el concepto anterior podemos decir que los Llanos de Venezuela poseen un paisaje geográfico distinto al de los Andes, o que la Sierra Maestra de Cuba posee un paisaje totalmente diferente de la Llanura del Cauto.

Cuando el geógrafo se esfuerza por localizar, describir, explicar y comparar los paisajes debe tomar en consideración los numerosos elementos que constituyen cada paisaje. Algunos de estos elementos se deben exclusivamente a la naturaleza y forman el llamado *paisaje natural*. Otros elementos del paisaje tienen su origen en la inter-



vención del hombre, que es el agente que crea el *paisaje cultural*. El *paisaje geográfico*, cuyo estudio interesa a la geografía, abarca tanto el paisaje natural como el paisaje cultural de una región.

Los principales elementos del paisaje natural estudiados por la geografía son:

- 1) AREA Y CONFIGURACIÓN;
- 2) RELIEVE;
- 3) AGUAS;
- 4) CLIMA;
- 5) SUELOS;
- 6) MINERALES;
- 7) VEGETACION; Y
- 8) VIDA ANIMAL.

Las regiones de nuestro planeta más favorables para el desarrollo de la vida humana han sido ocupadas por el hombre. Al radicarse en una región los hombres modifican el paisaje natural fabricando viviendas, abriendo caminos, criando cier-

FIG. 1. EL PAISAJE GEOGRAFICO incluye una gran variedad de elementos, tanto naturales como culturales. En la ilustración, que corresponde a un paisaje geográfico ideal, es posible descubrir todos y cada uno de los elementos principales que los geógrafos señalan en la integración de los paisajes, tanto naturales como culturales. Observa, en primer plano, el paisaje intensamente humanizado, en tanto que, en segundo término, se destacan —aparentemente intocados— algunos elementos básicos del paisaje natural.

tos animales útiles, cultivando la tierra, introduciendo, en fin, numerosos cambios en el aspecto original, o paisaje natural, de la región ocupada.

Las modificaciones introducidas por el hombre en el paisaje natural dan origen al paisaje cultural, cuyos elementos principales son:

- 1) POBLACION;
- 2) VIVIENDA;
- 3) PRODUCCION; Y
- 4) COMUNICACIONES.

En algunas regiones poco habitadas, como la cuenca del Amazonas, predominan las caracterís-

ticas del paisaje natural; en las regiones densamente pobladas, en cambio, el paisaje geográfico presenta una marcada huella cultural. Mientras mayor sea el progreso científico y económico alcanzado por un pueblo, mayores serán las modificaciones realizadas en el paisaje natural de la región que habita.

2. La geografía y las otras ciencias.

Cada ciencia se interesa en un campo limitado de conocimientos, pero el interés de la geografía es muy amplio, como hemos visto. Esto se debe a que el paisaje geográfico incluye elementos tan variados que el geógrafo necesita utilizar en su labor datos provenientes de muchas ciencias particulares.

La geografía no usa aisladamente los datos que toma de otras ciencias, sino que tiende a relacionarlos en cuanto revelan una influencia sobre el paisaje y sobre el hombre, que es también, como sabemos, parte integrante del paisaje geográfico.

Si observamos la forma en que la geografía emplea los conocimientos aportados por algunas ciencias, nos es fácil comprender el método geográfico. Tomemos, como ejemplo, la astronomía. El estudio minucioso de los astros no interesa al geógrafo, pero hay una estrella que le interesa especialmente: el sol. ¿Por qué? Por distintas razones, todas relacionadas con la tierra como residencia del hombre: el sol es el centro del sistema solar, al cual pertenece la tierra, y sin la energía solar no sería posible la vida sobre la tierra; hay, además, en las distintas regiones de la tierra numerosas manifestaciones que afectan el modo de vivir del hombre, en las cuales influye el sol, como ocurre con los distintos climas, que hacen muy favorables para el hombre unas regiones y convierten en inhabitables otras.

Igualmente, la geografía toma de la astronomía conocimientos tan importantes como los relativos a los movimientos de la tierra y sus consecuencias, que influyen intensamente sobre la vida del hombre.

Cuando los geógrafos estudian el *relieve terrestre*, que es un elemento de gran importancia en el análisis del paisaje, se basan en las investigaciones previas de las ciencias geológicas; al estudiar la influencia del *clima* sobre el paisaje son indispensables para el geógrafo los datos aportados por la *meteorología* y la *climatología*; también necesita el geógrafo los mapas, que representan correc-

tamente las regiones que estudia y los cuales son aportados por la *cartografía*.

Otras ciencias de cuyos estudios se beneficia la geografía son la *hidrología* y la *oceanografía*, que estudian las aguas; la *edafología*, que es la ciencia de los suelos, y la *biología*, la *zoología*, la *botánica* y la *ecología*, que estudian la *vida animal* y *vegetal* sobre la tierra.

Para el análisis de los elementos del paisaje cultural la geografía depende de los aportes de numerosas ciencias sociales, tales como la *demoografía*, la *sociología* y la *etnografía*, que estudian la población; la *economía*, que estudia la producción, y muchas otras, cuyos datos utiliza el geógrafo en relación con los demás elementos del paisaje.

3. Geografía general y geografía regional.

Antes de que podamos localizar, describir, explicar y comparar los paisajes geográficos, que, como sabemos, son los objetivos de la geografía, debemos poseer una serie de conocimientos geográficos generales que nos permitan realizar esa tarea. Estos conocimientos básicos nos los proporciona la *geografía general*.

Un explorador, después de recorrer una región observando el paisaje, puede describirlo si es un buen escritor, y ofrecernos una idea bastante exacta de lo que ha visto; pero seguramente tendrá que recurrir a numerosos detalles nimios para hacernos comprender con exactitud cada aspecto del paisaje que ha observado. Un geógrafo puede simplificar notablemente la descripción, haciéndola mucho más breve y precisa, con aplicar solamente los conocimientos que ofrece la geografía general.

Un viajero podría describir detalladamente un valle que visitara indicando su forma muy estrecha y el río que lo recorre, en cuyo curso abundan los rápidos y cascadas. Los prolijos datos del viajero no serían necesarios para darnos una idea general del valle, si por sus conocimientos geográficos pudiera decirnos que el citado valle corresponde a un río en la etapa juvenil de su ciclo. Con esta simple frase nos estaría dando una explicación precisa, y a la vez científica, del hecho geográfico observado.

Después de estudiar el presente curso de geografía general, no será necesario para el alumno, detallar, por ejemplo, cada uno de los aspectos que observe en un tipo de costa determinado, sino que recurriendo a sus estudios sobre el origen ge-

nético de las costas, podrá indicar que la costa observada es de emersión, o de sumersión, o detallando más, dirá que se trata de un *fiordo*, si ése es el caso, y con ello habrá ahorrado muchas palabras y habrá dado una explicación científica.

Al analizar los elementos constitutivos del paisaje geográfico, los geógrafos pueden prestar ma-

yor atención a determinados aspectos, correspondientes bien al paisaje natural o al paisaje cultural. Debido a esto se acostumbra a establecer una división de la geografía general en dos grandes secciones: la geografía física y la geografía humana. Estas, a su vez, se dividen en numerosas ramas, algunas de las cuales aparecen a continuación:

GEOGRAFIA FISICA

(Se interesa principalmente por los elementos naturales del paisaje geográfico.) Abarca:

Geografía Matemática: Estudia la tierra en sus relaciones con los demás astros: la forma de nuestro planeta, sus dimensiones y movimientos.

Fisiografía. Estudia la mayoría de los elementos del paisaje natural, tales como el relieve, los suelos, la atmósfera, las aguas y sus relaciones mutuas.

Biogeografía. Estudia la distribución de las plantas y los animales en los distintos tipos de paisajes. Abarca dos ramas, la *fitogeografía* o *geografía de las plantas* y la *zoogeografía* o *geografía de los animales*.

GEOGRAFIA HUMANA

(Se interesa principalmente por los elementos culturales del paisaje geográfico.) Abarca:

Geografía Económica. Estudia la forma en que el hombre utiliza los recursos, en los distintos tipos de paisajes, para abastecer a sus necesidades; y cómo se realiza el intercambio de productos entre las distintas regiones.

Geografía Política. Estudia la situación, límites, sistemas de gobierno y relaciones entre los distintos Estados.

Los conocimientos obtenidos por medio del estudio de la geografía general se aplican después al estudio de las regiones, que es el campo más importante de la investigación geográfica. La geografía regional estudia específicamente los paisajes geográficos de los distintos continentes e islas.

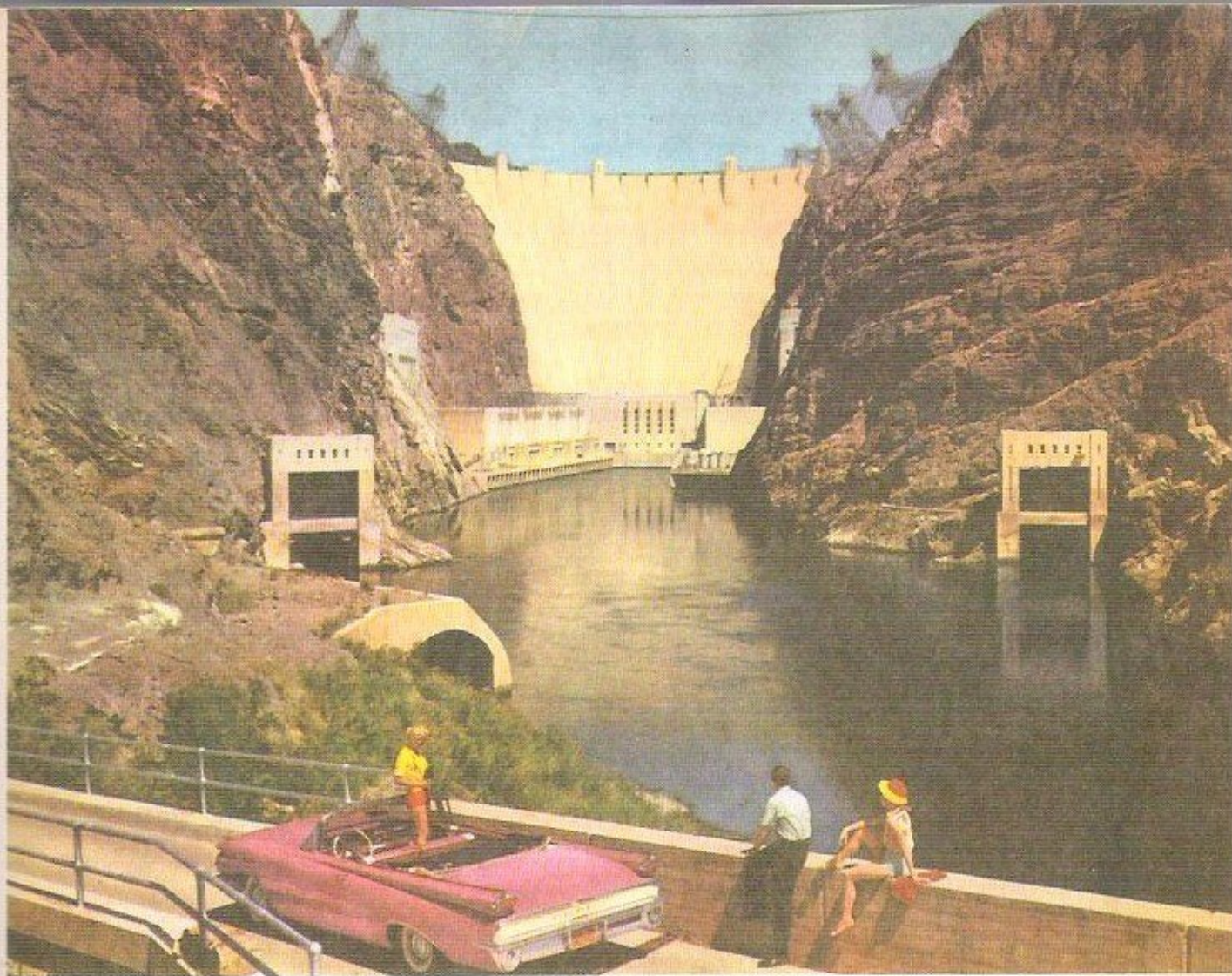
La geografía regional, que nos permite conocer la tierra como escenario de la actividad humana, debe ser estudiada después que poseamos un conocimiento previo de los principios geográficos generales. Por eso la geografía regional se cursa a continuación de la geografía general.

La geografía regional estudia las distintas áreas de paisajes de la superficie terrestre. Las divisiones que se establecen para este estudio son muy variadas. La división regional se realiza algunas veces tomando como base los continentes, pero como en cada continente hay regiones que presentan paisajes muy distintos, se divide a su vez a los continentes en *regiones geográficas*, estudiando separadamente cada una de ellas. Dentro de estas

regiones pueden identificarse *sub-regiones*, que presentan características propias en sus paisajes y aun áreas muy pequeñas, o *micro-regiones*, en las cuales puede realizarse un estudio geográfico muy detallado y de gran valor para la población que la ocupa.

Debido a la tradición, muchos acostumbran a estudiar la geografía regional tomando como base de división los países. Esta división fundada en la geografía política resulta de poco valor para el estudio geográfico total, ya que hay numerosas regiones geográficas que están divididas políticamente. Esto ocurre, por ejemplo, con los Llanos de la América del Sur, que es una región geográfica bien definida, pero que se encuentra dividida políticamente entre las naciones hermanas de Venezuela y Colombia; otro caso similar es el de la Llanura del Norte de Europa, que se prolonga a través de varios países, desde Francia hasta Rusia.

Cada país, por otra parte, comprende siempre



varias regiones geográficas, que muy rara vez coinciden con las divisiones políticas en provincias, estados o departamentos.

La tendencia moderna se orienta a estudiar las regiones geográficas tomando como base principal las características de sus paisajes, y señalar luego la división política que les corresponde. De esta manera la localización, descripción, explicación y comparación de los paisajes geográficos se hace más fácil y valiosa para el estudiante.

4. Importancia de la geografía. En el paisaje geográfico se encuentran materiales y fuerzas que el hombre puede utilizar en su beneficio. Estos materiales y fuerzas son los recursos naturales, tales como el suelo cultivable, los minerales, los bosques y las aguas.

El hombre primitivo apenas sabía cómo utilizar elementalmente algunos de estos recursos y su vida era por ello miserable. El hombre puede

FIG. 2. LA PRESA HOOVER, en la frontera de Arizona y Nevada, Estados Unidos, es un excelente ejemplo de cómo el hombre puede eliminar graves dificultades del paisaje natural si las enfoca con criterio geográfico. El río Colorado aumentaba rápidamente su volumen cada primavera y sus inundaciones causaban enormes pérdidas en las áreas inferiores de su curso. Al ser construida esta presa en el curso superior del río fueron resueltos varios problemas vitales para la economía de la región meridional de California: con el poderoso arco de concreto de 236 metros de altura, que une las paredes de roca del cañón del río y controla el paso de las aguas, fueron eliminadas las destructoras crecidas primaverales; al mismo tiempo la caída regulada de las aguas del río mueve una poderosa planta hidroeléctrica que provee energía a una extensa zona; y, por último, el control de las aguas permite la irrigación del extenso y rico Valle Imperial de California, que abastece de frutas y vegetales propios de los climas subtropical y mediterráneo, al resto del país. La magnitud grandiosa de la obra misma atrae cada año a muchos millares de turistas, que contribuyen a la economía regional. De esta manera puede el hombre ajustarse geográficamente a la región que habita, utilizando ventajosamente los recursos que le ofrece —en este caso, el río—, y eliminando los aspectos desfavorables, como eran la falta de agua durante gran parte del año y las crecidas violentas del Colorado durante la primavera.

hoy emplear no solamente los recursos que están a su alcance inmediato, sino que es capaz de descubrir algunos, como el petróleo y otros minerales, situados a veces a grandes profundidades.

Pero mientras el hombre ha aprendido a obtener y utilizar más recursos, la población del mundo ha aumentado también rápidamente. La salubridad ha realizado tantos progresos en los últimos años, que el promedio de la vida humana ha ido en aumento.

El crecimiento de la población del mundo y el progreso científico hacen necesario un mejor conocimiento y una mejor utilización de los re-

curios. Esta es la razón de la creciente importancia que ha alcanzado la geografía, cuyo estudio contribuye al bienestar de la humanidad en los dos aspectos fundamentales siguientes:

1) La geografía estudia las características naturales y los recursos de las distintas regiones (*paisaje natural*) y la forma en que afectan los modos de vida de sus poblaciones;

2) La geografía estudia la forma en que la población se ajusta a la región en que habita, utilizando las ventajas que le ofrecen los recursos disponibles y eliminando o evitando los aspectos desfavorables (*paisaje cultural*).

HECHOS E IDEAS FUNDAMENTALES DEL CAPITULO

La geografía tiene como principales finalidades localizar, describir, explicar y comparar los distintos paisajes que se observan en la superficie terrestre y las actividades de los hombres integrantes de esos paisajes.

El paisaje geográfico está constituido por una porción de la superficie terrestre que, después de ser examinada desde distintos puntos de vista, se advierte que posee caracteres propios.

Los aspectos del paisaje, que se deben exclusivamente a la naturaleza, forman el llamado paisaje natural. Estos elementos son: área y configuración, relieve, aguas, clima, suelos, minerales, vegetación y vida animal.

Las modificaciones introducidas por el hombre en el paisaje natural dan lugar al paisaje cultural, cuyos elementos principales son: población, vivienda, producción y comunicaciones.

El paisaje geográfico abarca tanto el paisaje natural como el paisaje cultural.

La geografía general nos proporciona los conocimientos básicos necesarios para poder estudiar los distintos paisajes. Las principales ramas de la geografía general son la geografía física y la geografía humana.

La geografía física incluye la geografía matemática, la fisiografía y la biogeografía.

La geografía humana abarca la geografía económica y la geografía política.

La geografía regional estudia separadamente los paisajes geográficos de los distintos continentes e islas, aplicando los conceptos aportados por la geografía general.

La geografía ha adquirido gran importancia en los últimos años debido a que el crecimiento de la población del mundo hace más necesario cada día el estudio de los recursos naturales y de la mejor forma en que el hombre puede utilizarlos, de acuerdo con las características de los distintos paisajes geográficos.

El espacio y los astros constituyen el Universo. Las dimensiones del Universo, al cual pertenece todo cuanto existe, son tan gigantescas, que, a pesar de los progresos científicos recientes, conocemos solamente una parte mínima de su impresionante grandeza.

Desde los comienzos de la civilización en Mesopotamia y en Egipto se inició la observación metódica de los astros o cuerpos del espacio. Durante muchos siglos los astrónomos conocieron únicamente los astros observables a simple vista, que son relativamente muy pocos, y pensaron que todos giraban en torno a la tierra, que para ellos era el centro del Universo.

Las grandes revelaciones sobre el Universo comenzaron hace poco más de cuatrocientos años, cuando Copérnico advirtió que la tierra y los demás planetas giran en torno al sol. Después fue inventado el *telescopio* (figura 3) que facilitó el estudio de los astros conocidos y permitió descubrir millares de astros. Nuevos instrumentos como el *espectroscopio* (figura 4) y el *radiotelescopio* (figura 5) han multiplicado en los últimos años nuestros conocimientos astronómicos, incrementados en forma impresionante desde 1957 mediante el programa de exploración espacial por satélites, y más recientemente por vehículos tripulados por astronautas.

Sabemos hoy que la tierra, el planeta que habitamos, apenas un granito de polvo dentro del Universo, es uno de los planetas más pequeños del *sistema solar*; que el sistema solar, a su vez, es una fracción mínima de un sistema mucho más vasto, al que denominamos *Galaxia* o *Vía Láctea*; y que más allá de la Vía Láctea hay millones de otras galaxias, denominadas también *universos-islas* (figura 7).

El concepto actual del Universo se basa en la idea de que en el espacio ilimitado se encuentran

dispersos muchos millones de galaxias o universos-islas. La Vía Láctea es una de estas galaxias. Los astros que integran cada una de las galaxias se mantienen unidos entre sí por la fuerza de la gravitación, mientras las galaxias se alejan unas de otras a enormes velocidades.

5. La Vía Láctea. Vía Láctea, es el nombre que damos a la galaxia a la cual pertenecen la tierra y el sistema solar. La Vía Láctea está formada por muchos millares de millones de estrellas. En las noches claras y sin luna es fácil observar una parte de la Vía Láctea, que luce como una faja luminosa muy irregular, que se extiende a través del cielo (figura 10).

Se supone que la Vía Láctea gira en el espacio como una inmensa rueda, ancha y plana, tal como ha sido imaginada en la figura 6. Su forma ha sido también comparada con la de un reloj de bolsillo. La Vía Láctea no pierde su forma redondeada y plana debido a su movimiento de rotación en torno a un centro, cuya naturaleza desconocen los astrónomos.

La casi totalidad de los cuerpos celestes que el hombre ha podido observar hasta ahora, pertenecen a la Vía Láctea. Fuera de ella se han localizado solamente los *universos-islas* (figura 7), que son otras tantas galaxias semejantes a la Vía Láctea.

Los cuerpos del espacio, en general, reciben el nombre de *astros*. Los astros más importantes son las estrellas, las nebulosas y los astros que constituyen el sistema solar, al cual pertenece la tierra.

6. Las estrellas. Las estrellas son astros que poseen luz propia. Puede decirse que son *esferas relucientes constituidas por gases de altísima temperatura*.

La energía que alimenta el calor y la luz de las estrellas es de origen nuclear, o sea, semejante

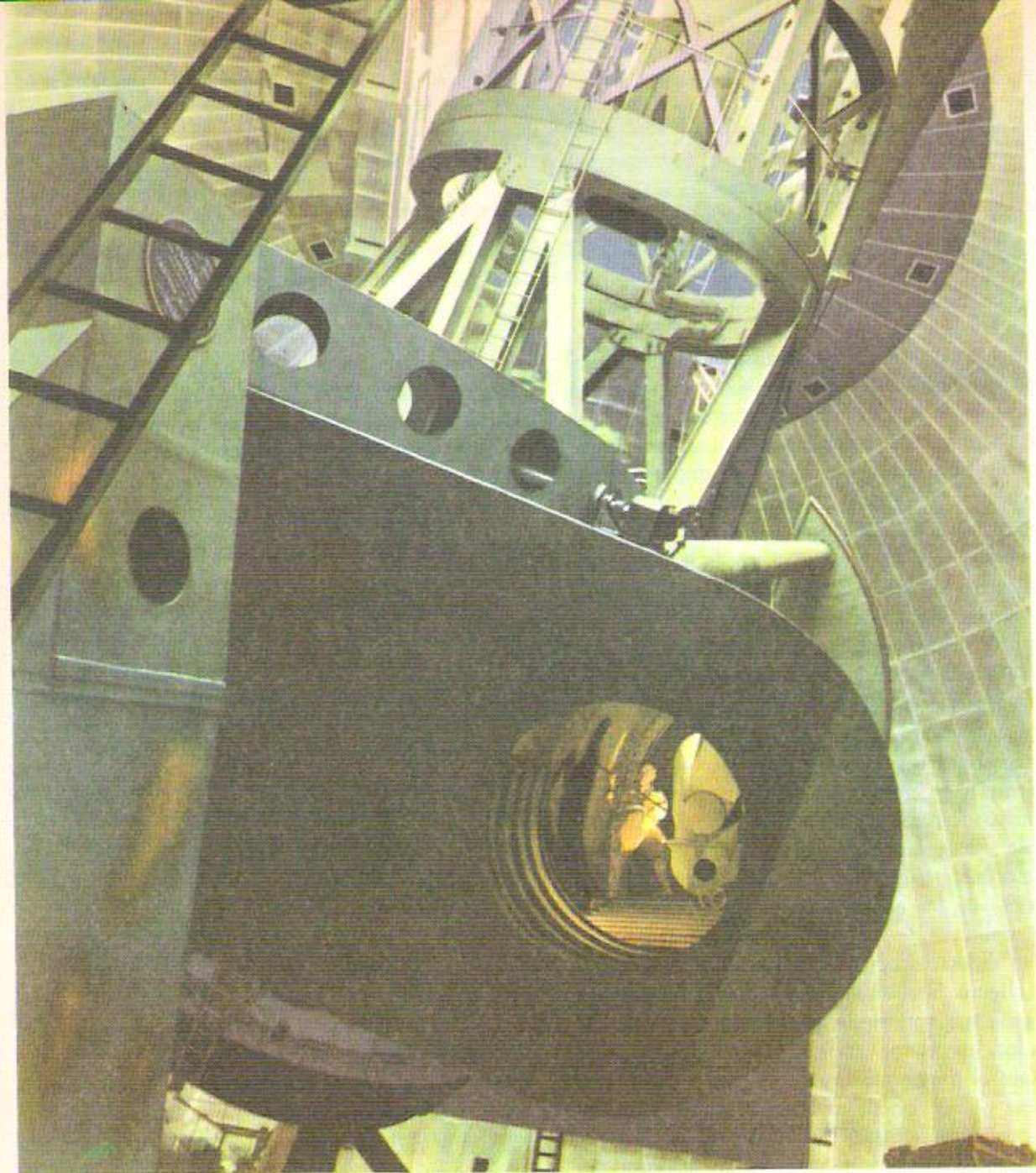


FIG. 3. TELESCOPIO DE MONTE PALOMAR. El instrumento óptico más poderoso de que dispone el hombre para estudiar el Universo es el telescopio instalado en el Monte Palomar, montaña de cerca de dos mil metros de altura situada en California, Estados Unidos. El espejo que concentra la luz de los astros tiene cinco metros de diámetro, pesa más de catorce toneladas y descansa sobre un montaje que pesa 500 toneladas; a pesar de ello es tal la precisión del aparato, que puede ser movido por un motor tan pequeño como el de un ventilador eléctrico. El telescopio, que pertenece al Instituto de Tecnología de California, costó seis millones de dólares y el edificio donde está instalado tiene una altura equivalente a diez pisos. Este enorme «ojo» puede fotografiar galaxias cuya luz demora dos mil millones de años en llegar a la tierra.

a la energía liberada por las recientes bombas de hidrógeno, aunque en escala infinitamente mayor.

Con el empleo de los más modernos telescopios se han fotografiado millares de millones de estrellas pertenecientes a la Vía Láctea, y se calcula que queda aún por conocer un número mayor.

Durante mucho tiempo se pensó que las estrellas estaban fijas en el espacio; pero hoy sabemos que se mueven. Lo que ocurre es que se encuentran tan distantes de nosotros, que nos resulta

imposible advertir cambios en sus posiciones relativas de un año a otro, ni aun durante siglos.

Se acostumbra a clasificar las estrellas de acuerdo con su grado de brillantez. Hay 20 estrellas de primera magnitud, 65 de segunda, 190 de tercera y su número va en aumento hasta alcanzar la vigésimoprimer magnitud, que es la última. Las estrellas que pueden ser observadas a simple vista son las de las seis primeras magnitudes y su número no pasa de seis mil. Para ver cualquier estrella cuya luz demore más de 3 000 años en llegar a la tierra hay que emplear un antejo o telescopio.

La brillantez de las estrellas depende de su tamaño y temperatura. Una estrella pequeña, pero muy caliente, puede poseer igual brillantez que una estrella de mayor volumen, pero de temperatura inferior.

Las estrellas poseen tamaños muy variados. Hay algunas estrellas menores que la tierra y otras que poseen un volumen muchos millones de veces mayor. El sol es un millón de veces mayor que la tierra, pero la estrella Betelgeuse, de la constelación de Orión, es 21 millones de veces mayor que el sol. La mayor de todas las estrellas conocidas tiene un diámetro que equivale a más de 25 veces la distancia entre la tierra y el sol.

Hay grandes diferencias entre las temperaturas de las estrellas. Hay estrellas cuya temperatura superficial es inferior a la lograda por el hombre en los mayores hornos eléctricos; mientras otras poseen una tempera-

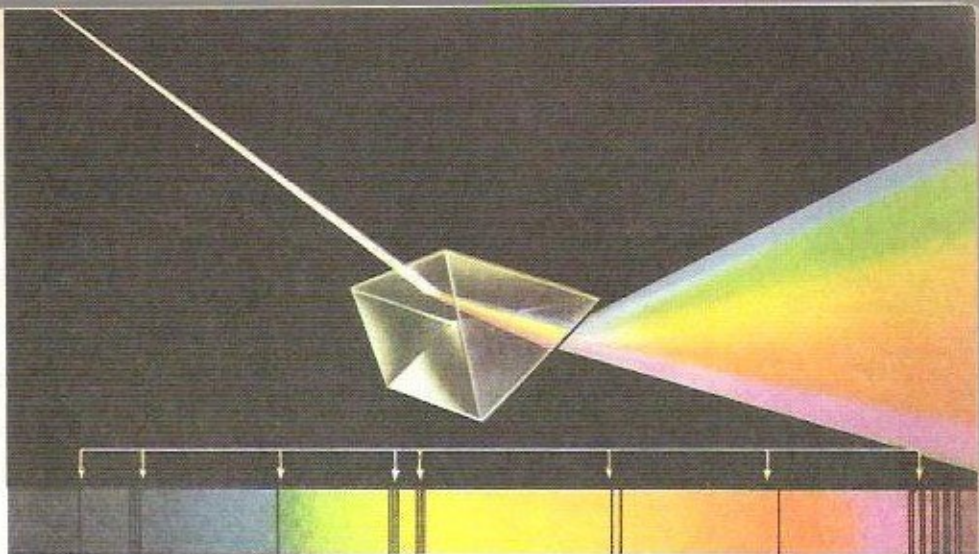


FIG. 4. EL ANALISIS ESPECTRAL de la luz que proviene de los astros ha sido una de las mayores fuentes de información sobre el Universo. El espectroscopio utilizado por los astrónomos se basa en el experimento que aparece en la parte superior de esta ilustración. Un rayo de luz solar al pasar por un prisma se descompone en numerosos colores, siete de los cuales son visibles. Estos son los llamados colores del arco iris, desde el rojo al violeta. Esta banda luminosa, que aparece proyectada en la pantalla, es el espectro. Toda luz que provenga de cualquier astro o de la incandescencia de una materia terrestre, puede ser descompuesta, pero sus espectros no son iguales. Observándolos a través del espectroscopio, como se indica en la ilustración, se notarán, en ciertos casos, rayas negras muy finas que atraviesan los distintos colores. Se ha comprobado que los gases incandescentes producidos por cada sustancia originan en sus espectros rayas brillantes dispuestas en forma característica. Sabemos, así, que en los astros del espacio se encuentran sustancias semejantes a las de la tierra. Por medio del análisis espectral de los rayos solares se conoce que en el sol existen, en estado gaseoso, hierro, níquel, sodio, hidrógeno, helio, oxígeno, carbono, bario, magnesio, cromo, cobre y muchos elementos más; el hecho de encontrarse todos en estado gaseoso nos indica la temperatura altísima de la estrella que es centro de nuestro sistema. El análisis de los espectros de las estrellas ha confirmado que presentan muchas semejanzas con nuestro sol; sus diferencias se deben, en gran medida, a que se encuentran en distintas etapas de desarrollo.

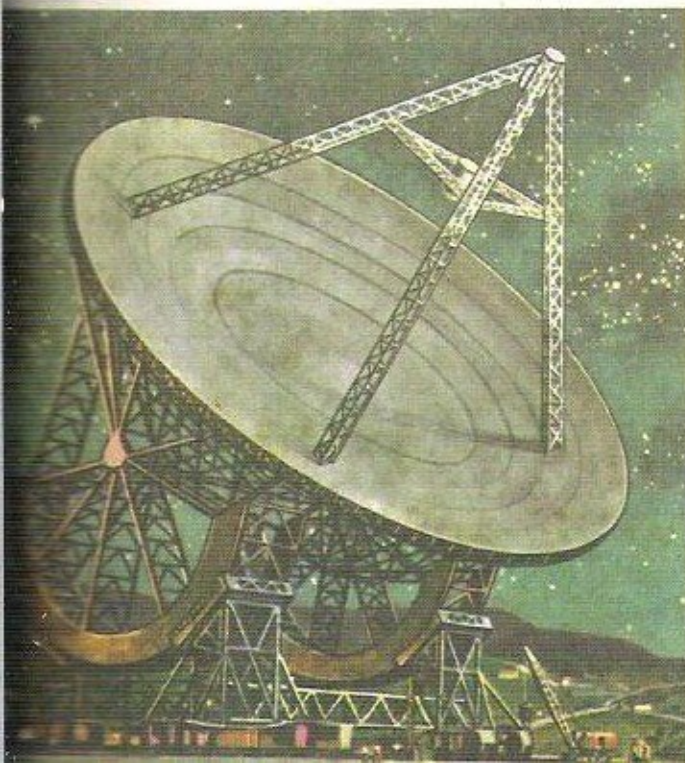


FIG. 5. EL RADIOTELESCOPIO ha sido una de las más importantes adiciones a la investigación astronómica en los últimos años. Por medio del radiotelescopio son estudiados los «ruidos» que, en forma de ondas ultracortas, son transmitidos por astros muy distantes. Muchas estrellas que no han podido ser vistas ni fotografiadas a través de los telescopios ópticos, emiten sonidos muy débiles que son captados por los radiotelescopios. Millares de estas estrellas han sido estudiadas por los astrónomos. Algunas estrellas visibles producen también ruidos, al igual que el sol. El radiotelescopio que aparece en esta figura ha sido instalado en el valle de Sugar Grove, en Virginia, Estados Unidos, y entre sus contribuciones figura la de ayudar a prever las interrupciones que se producen en las transmisiones de radio cuando ocurren grandes tempestades en la superficie del sol (figura 22). Al conocer anticipadamente cuándo van a producirse las tempestades solares, las radioemisoras varían sus frecuencias para impedir sean interrumpidas sus comunicaciones.

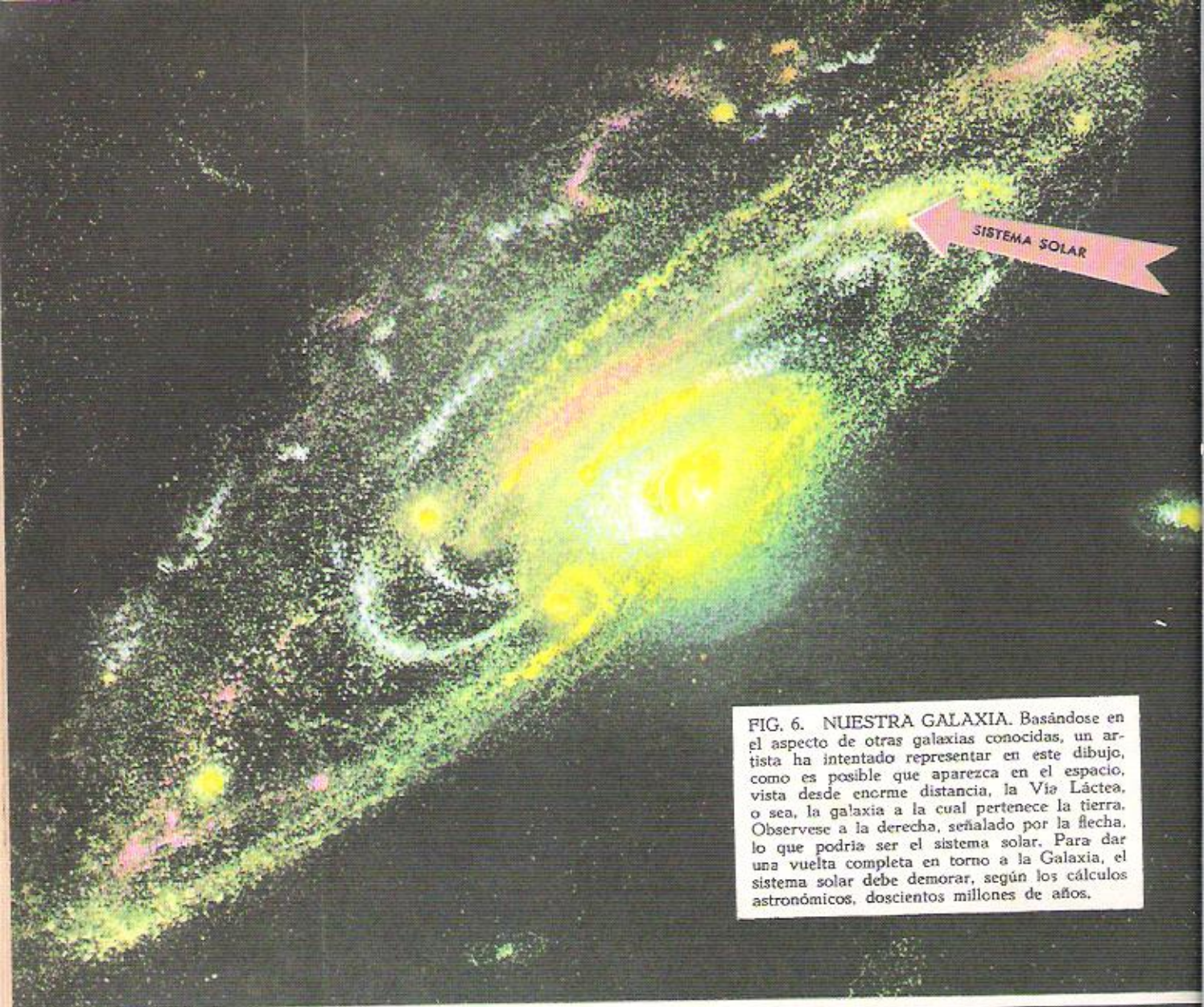


FIG. 6. NUESTRA GALAXIA. Basándose en el aspecto de otras galaxias conocidas, un artista ha intentado representar en este dibujo, como es posible que aparezca en el espacio, vista desde enorme distancia, la Vía Láctea, o sea, la galaxia a la cual pertenece la tierra. Obsérvese a la derecha, señalado por la flecha, lo que podría ser el sistema solar. Para dar una vuelta completa en torno a la Galaxia, el sistema solar debe demorar, según los cálculos astronómicos, doscientos millones de años.

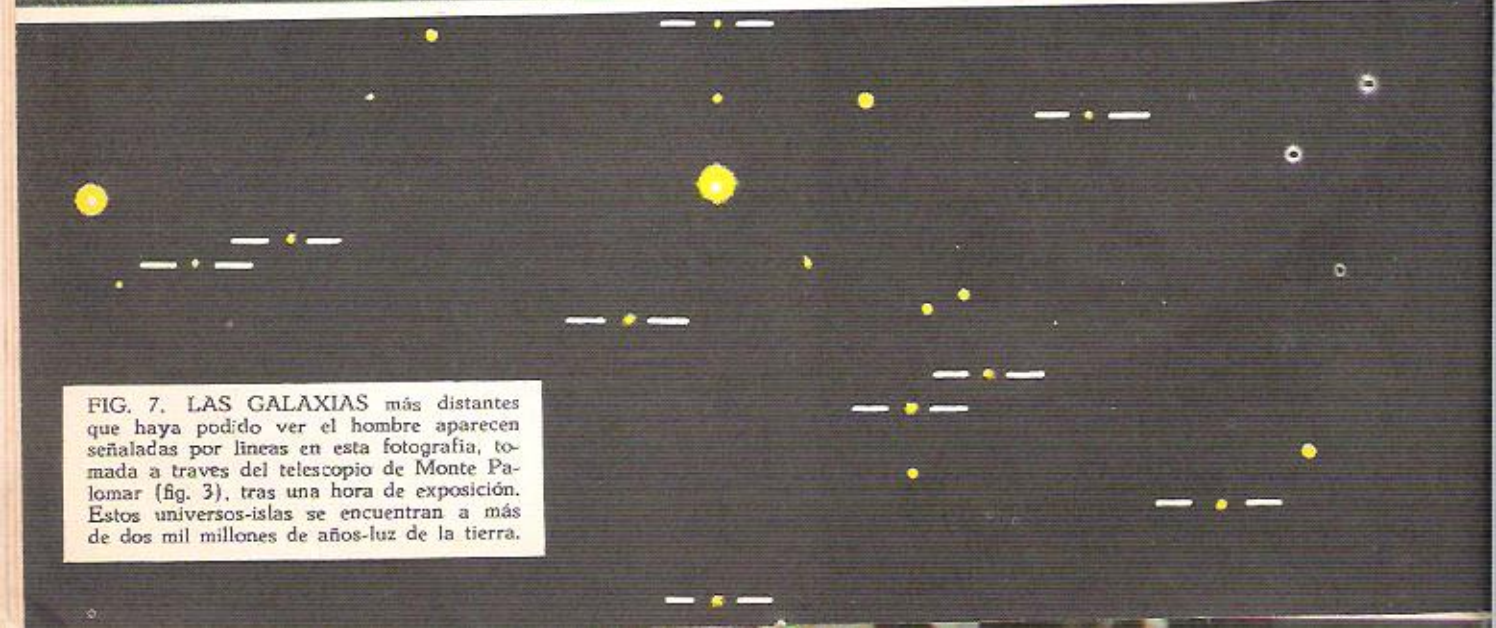


FIG. 7. LAS GALAXIAS más distantes que haya podido ver el hombre aparecen señaladas por líneas en esta fotografía, tomada a través del telescopio de Monte Palomar (fig. 3), tras una hora de exposición. Estos universos-islas se encuentran a más de dos mil millones de años-luz de la tierra.

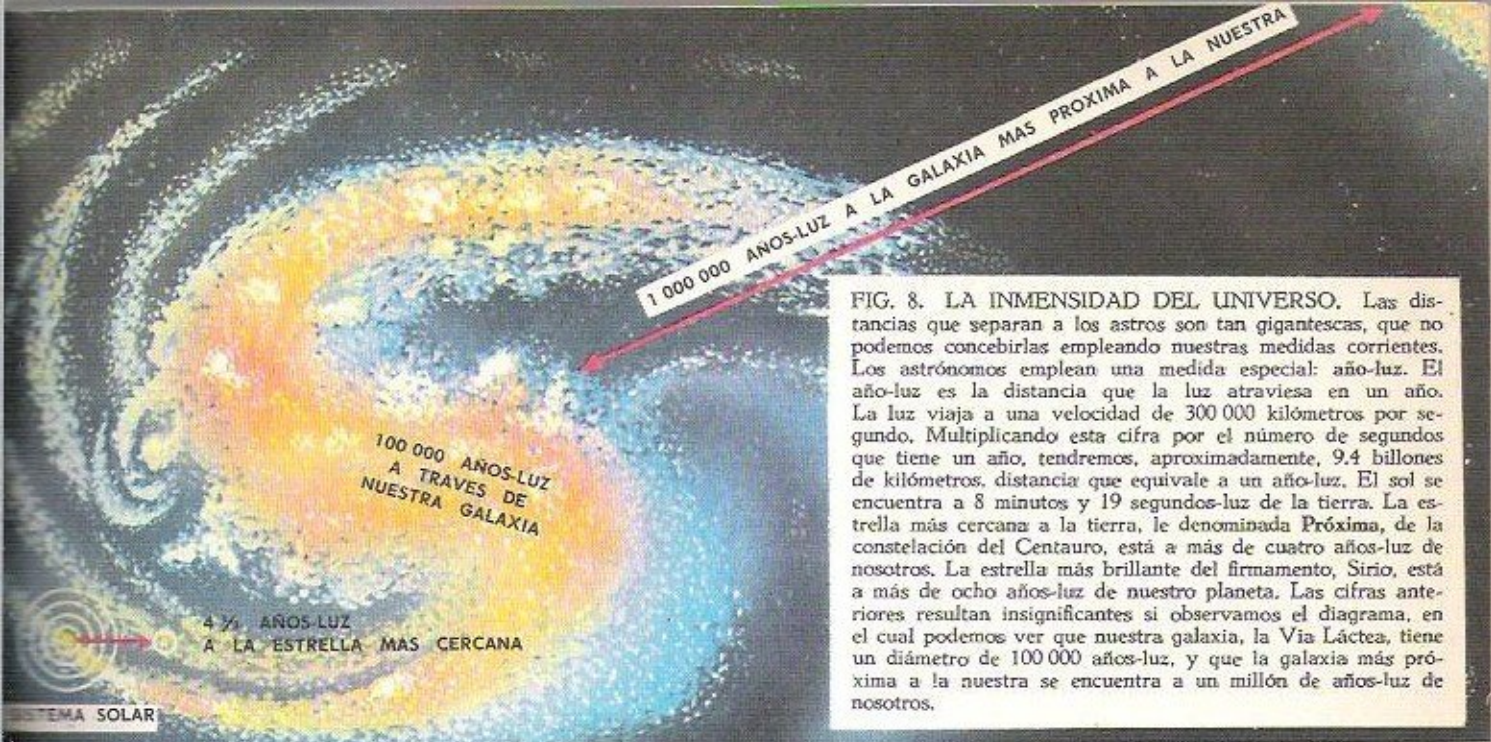


FIG. 8. LA INMENSIDAD DEL UNIVERSO. Las distancias que separan a los astros son tan gigantescas, que no podemos concebirlas empleando nuestras medidas corrientes. Los astrónomos emplean una medida especial: año-luz. El año-luz es la distancia que la luz atraviesa en un año. La luz viaja a una velocidad de 300 000 kilómetros por segundo. Multiplicando esta cifra por el número de segundos que tiene un año, tendremos, aproximadamente, 9,4 billones de kilómetros, distancia que equivale a un año-luz. El sol se encuentra a 8 minutos y 19 segundos-luz de la tierra. La estrella más cercana a la tierra, le denominada Próxima, de la constelación del Centauro, está a más de cuatro años-luz de nosotros. La estrella más brillante del firmamento, Sirio, está a más de ocho años-luz de nuestro planeta. Las cifras anteriores resultan insignificantes si observamos el diagrama, en el cual podemos ver que nuestra galaxia, la Vía Láctea, tiene un diámetro de 100 000 años-luz, y que la galaxia más próxima a la nuestra se encuentra a un millón de años-luz de nosotros.

tura superficial de 16 000 grados centígrados, y quizás su temperatura interior llegue a 20 millones de grados centígrados.

Las altas temperaturas de las estrellas mantienen en estado gaseoso los elementos que las forman. Estos elementos son, entre otros, hidrógeno, oxígeno, hierro y carbono, semejantes a los de la tierra y el sol. La densidad de estos gases es mínima en algunos casos, pero en otros es enorme. Nuestro sol tiene una densidad equivalente a una vez y media la del agua, pero hay estrellas pequeñas formadas por gases tan densos, que una pulgada cúbica de ellos pesaría una tonelada.

La distribución de las estrellas dentro de la Vía Láctea es muy irregular. En algunos casos las estrellas aparecen formando «racimos», cuando son vistas a través del telescopio; estos conjuntos, formados a veces por muchos millares de estrellas, son denominados *cúmulos estelares* (figura 11).

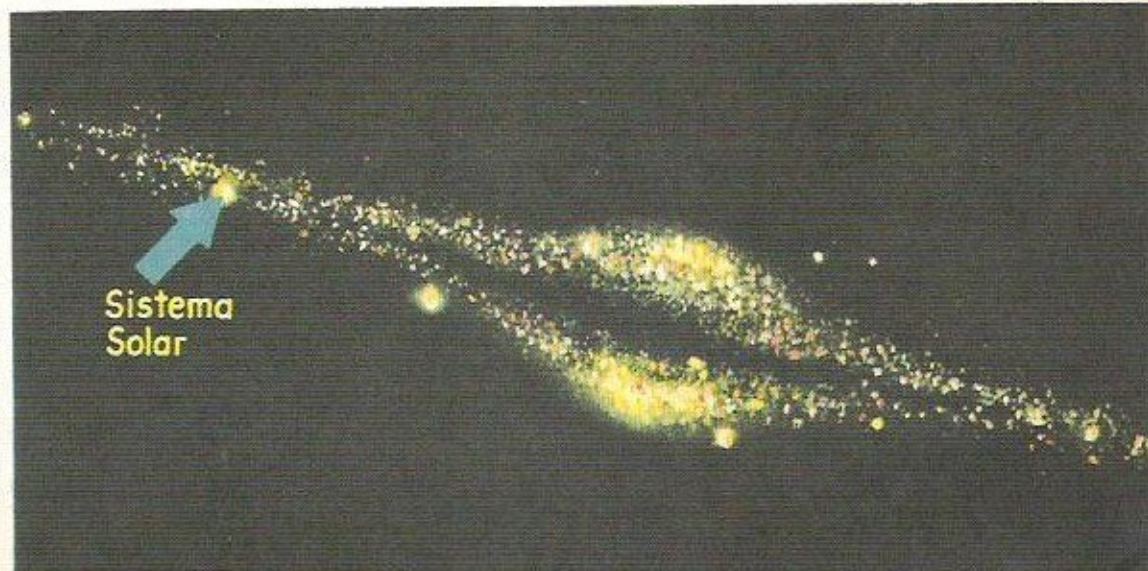
Algunas veces, estrellas que a simple vista parecen

una son, realmente, dos, como revela el telescopio. Se han descubierto millares de estas estrellas dobles. En ciertos casos ambas estrellas, distantes millones de kilómetros, parecen moverse en torno a un punto situado entre las dos.

7. Las constelaciones. Si observamos las estrellas situadas en la misma dirección nos parecen muy próximas entre sí, aunque se encuentran realmente separadas por distancias enormes. Como los primeros que observaron las estrellas hace millares de años desconocían las distancias reales entre ellas, acostumbraron a agrupar en *constelaciones* las estrellas que parecen estar próximas.

Las constelaciones son, pues, agrupaciones que

FIG. 9. ESQUEMA DE NUESTRA GALAXIA. La Vía Láctea, nuestra Galaxia, tiene un diámetro de unos 100 000 años-luz. Como su forma es plana, su espesor se calcula en solamente unos 10 000 años-luz. En el presente esquema de la Vía Láctea se señalada la posición relativa que ocupa dentro de ella el sistema solar, el cual ha representado el artista como un punto muy brillante hacia la izquierda del diagrama. Por esta situación de la tierra dentro de la Vía Láctea, si mirásemos hacia el centro de la Galaxia, veríamos la zona donde se encuentra el mayor número de estrellas y la observamos en la forma en que aparece en la figura 10. Por la misma razón, si volviésemos a mirar hacia el borde de la Galaxia, o hacia fuera de ella, veríamos muchas menos estrellas.



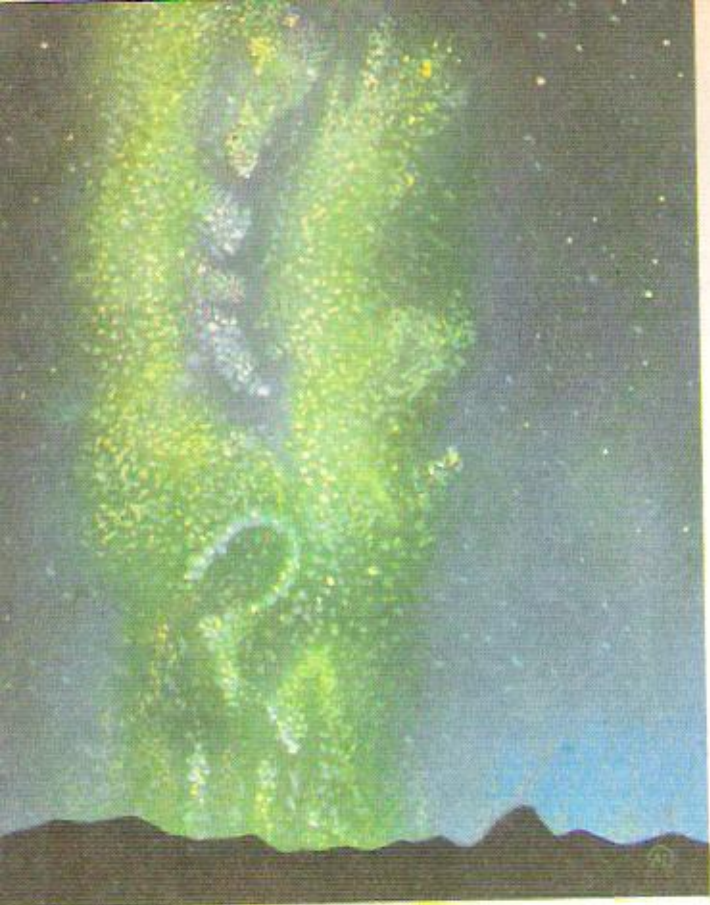


FIG. 10. ASPECTO PARCIAL DE LA VIA LACTEA. Cuando miramos hacia el centro de nuestra Galaxia, como se explica en la figura 9, descubrimos el mayor número de estrellas de nuestro universo-isla. A simple vista estas distantes estrellas nos parecen formar una faja blanquecina, luminosa y transparente, que se prolonga a través del espacio. Por su apariencia lechosa, se le llama Vía Láctea desde época inmemorial. En España se le denomina también Camino de Santiago. La presente fotografía reproduce un aspecto parcial de la Vía Láctea; la cámara fue dirigida hacia el centro de la Galaxia, de la cual forman parte la tierra y todos los demás astros integrantes del Sistema Solar.

12

FIG. 11. CUMULO ESTELAR DE HERCULES. Esta agrupación globular de estrellas es una de las muchas de este tipo que se encuentran en la Vía Láctea. Contiene más de cien mil estrellas tan brillantes como nuestro sol. Dista 31 000 años-luz de la tierra. (Dibujo basado en una fotografía del Observatorio de Monte Palomar.)

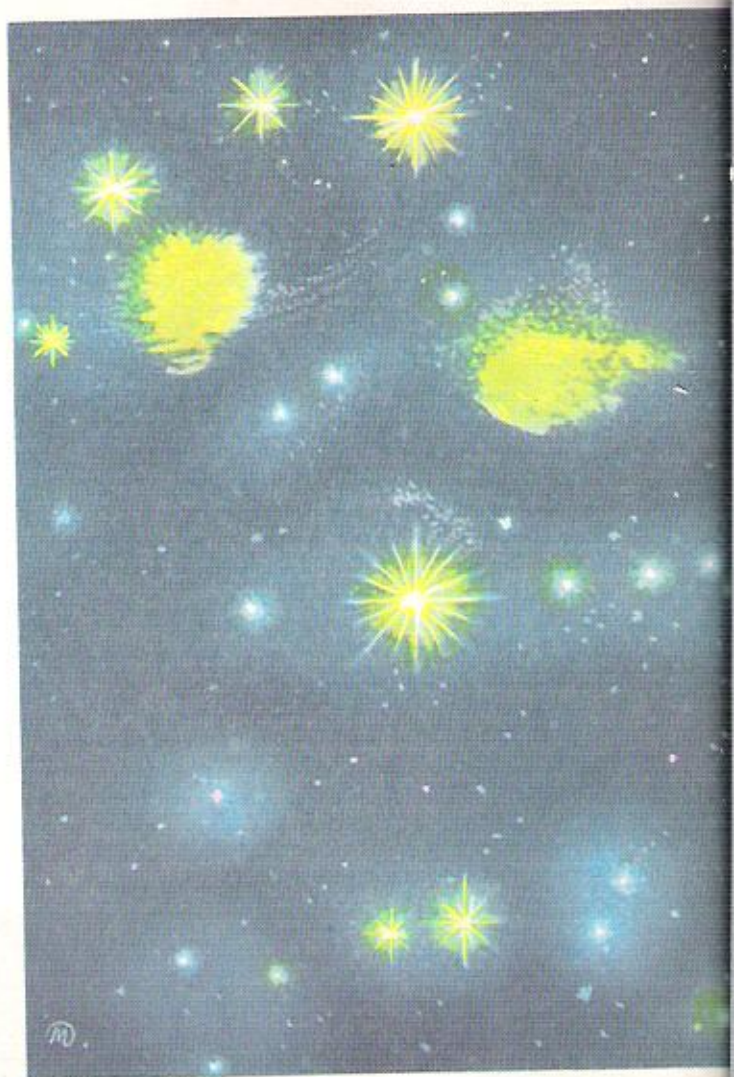
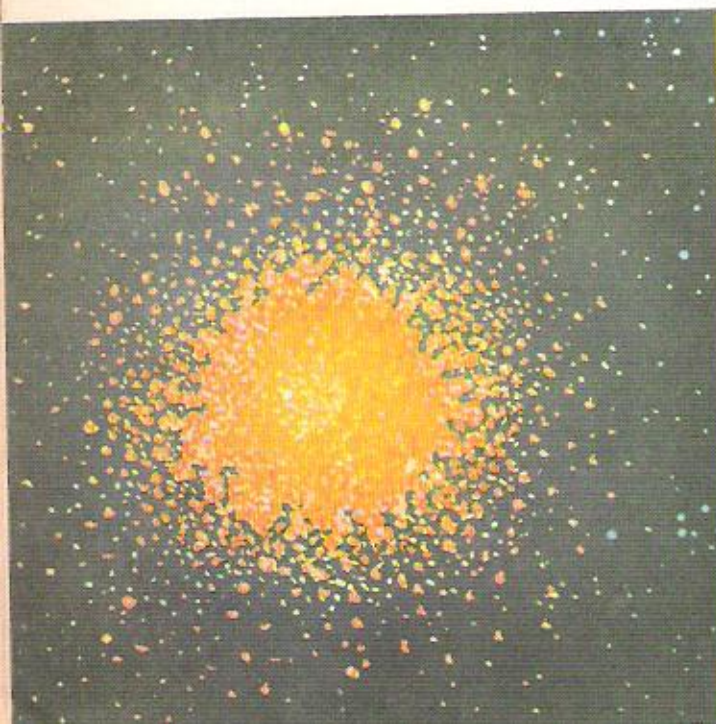


FIG. 12. LAS PLEYADES. Los griegos le dieron este nombre identificándolas con las siete hermanas de la Mitología. Son conocidas también como las Siete Cabrillas. Pertenecen a la constelación de Taurus (el Toro). Las siete estrellas mayores, con millares de estrellas más pequeñas que las acompañan, se mueven a través del espacio formando una típica agrupación estelar. Las nubes de polvo y gas (nebulosidad) que rodean a algunas de las Pléyades, las ocultan en la presente fotografía. Su distancia de la tierra es de 490 años-luz. (Dibujo basado en una fotografía del Observatorio de Lick.)

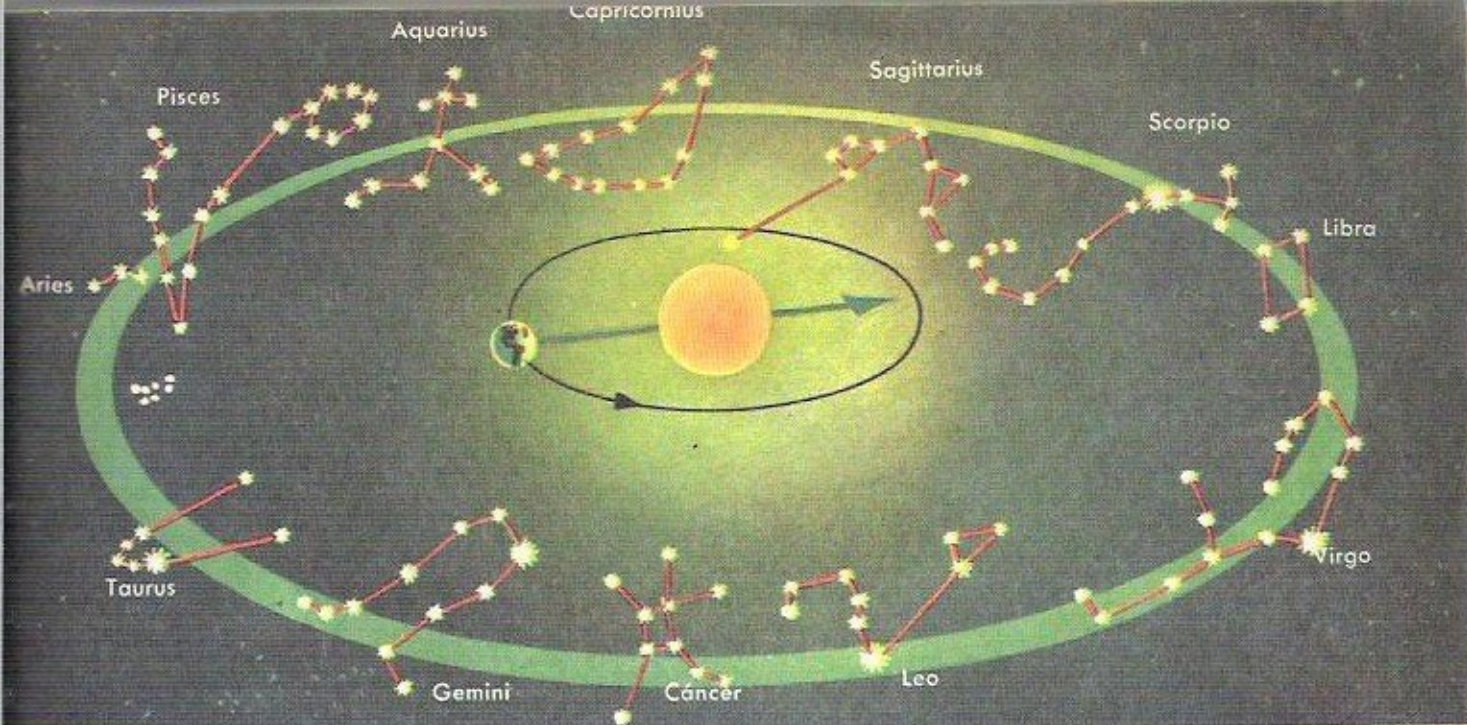


FIG. 13. LAS CONSTELACIONES DEL ZODIACO. El Zodaco —en griego: círculo de los animales— es una faja de doce constelaciones denominadas Aries, Tauro, Géminis, Cáncer, Leo, Virgo, Libra, Escorpio, Sagittarius, Capricornius, Acuario y Piscis. Estas constelaciones parecen rodear el cielo muy cerca de la eclíptica, que es el plano de la órbita que recorre la tierra cada año en su movimiento de traslación alrededor del sol. Cuando observamos el sol, la luna y los planetas nos parece que se mueven durante el año entre estas constelaciones y parecen que están «en» ellas. Es fácil de observar durante el mes lunar el recorrido de la luna entre las constelaciones del Zodaco. El recorrido de los planetas es más difícil, pues demora más, de acuerdo con sus distancias del sol.

El sol mismo parece moverse a través de las constelaciones del Zodaco durante el año. Las cambiantes constelaciones, que son vistas justamente antes de la salida del sol y poco

después de su puesta, parecen confirmar este movimiento. En el diagrama puede verse lo que ocurre realmente. Como la tierra se mueve alrededor del sol, desde la tierra nos parecería, en el ejemplo gráfico, que el sol se encuentra en la constelación de Libra. Según la tierra continuara moviéndose, el sol nos parecería moverse a través de Escorpio y Sagittarius, hasta que un año después estaría de regreso en Libra.

Los astrónomos babilonios y de otros pueblos antiguos advirtieron este movimiento aparente del sol, la luna y los planetas. Este conocimiento les ayudó a predecir las estaciones. Luego el Zodaco fue relacionado con la astrología, cuyos cultivadores afirman que les permite interpretar la influencia de las estrellas sobre las personas y los acontecimientos. Los astrónomos están convencidos de que la astrología, que todavía tiene seguidores, carece de base científica. (De Zim y Baker.)

13

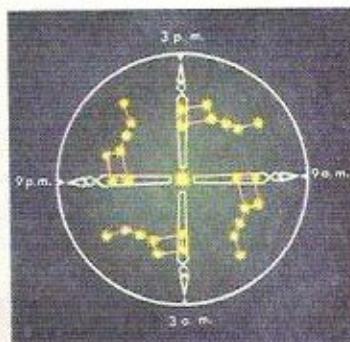


FIG. 14. LAS CONSTELACIONES DE LA OSA MAYOR Y LA OSA MENOR. La Osa Mayor (Ursa Major) es la más conocida de las constelaciones. Dos de sus estrellas —como puede verse en el grabado— apuntan hacia la Estrella Polar (Polaris), que forma parte de la constelación de la Osa Menor (Ursa Minor). La Estrella Polar ocupa el extremo de la imaginaria cola de la Osa Menor y señala, aproximadamente, el norte en el Hemisferio Septentrional. Por muchos siglos ha sido guía de navegantes y viajeros. La Estrella Polar se encuentra a una distancia de 200 años-luz de la tierra.



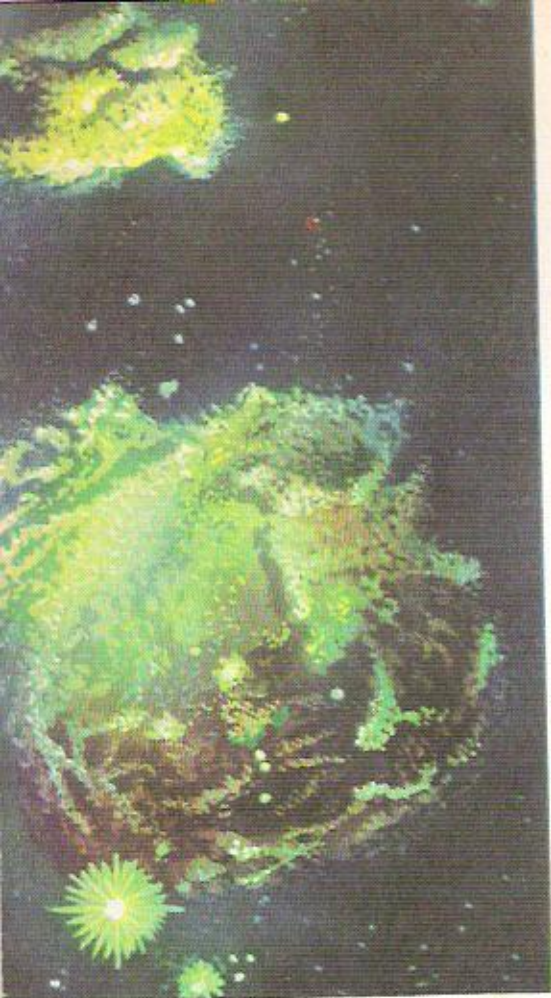


FIG. 15. NEBULOSA DE LA CABEZA DE CABALLO, es una nube de polvo que oscurece una zona del espacio próxima a Orión, como puede observarse en esta reproducción, basada en una fotografía tomada a través del telescopio gigante del Observatorio de Monte Palomar.

FIG. 16. LA NEBULOSA DE ORION. Es de forma irregular. Puede ser localizada en la constelación de Orión. En las noches claras esta nebulosa parece una estrella difusa. Vista a través de un telescopio constituye uno de los espectáculos más bellos del firmamento, al descubrirse varias estrellas enmarcadas en una amplia nube irregular de gran luminosidad. Su luz demora mil años en llegar a la tierra. Mientras algunas porciones de la nebulosa de Orión poseen gran brillo, otras actúan como un telón opaco, ocultando los astros situados detrás. (Dibujo basado en una fotografía del Observatorio de Lick.)

NEBULOSAS

14

FIG. 17. LA NEBULOSA DE LIRA, del tipo denominado anular o planetaria, está formada por una envoltura gaseosa iluminada por la débil luz de una estrella central. Se cree que esta nebulosa se originó en una «explosión» estelar registrada hace millares de años. (Dibujo basado en una fotografía del Observatorio de Monte Palomar.)

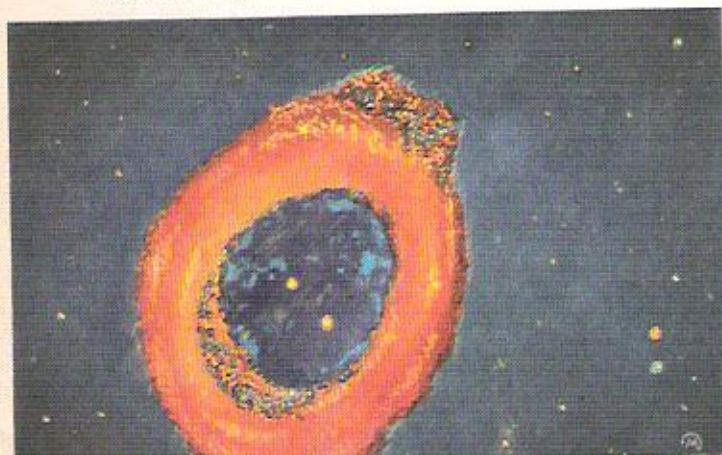
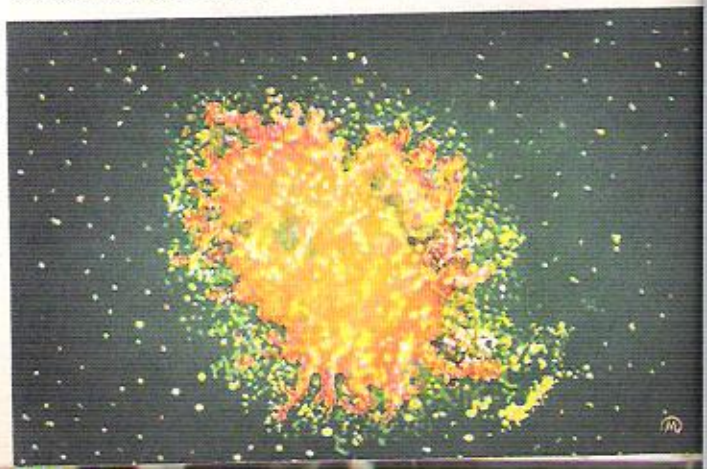


FIG. 18. LA NEBULOSA DEL CANGREJO que aparece en la constelación de Taurus, está constituida por los restos de una estrella que hizo explosión (supernova) hacia el año 1054 antes de Cristo. La explosión fue observada entonces por los astrónomos chinos. (Dibujo basado en una fotografía del Observatorio de Monte Palomar.)



facilitan la identificación y localización de las estrellas.

Cuarenta y ocho constelaciones poseen nombres que les fueron dados por pueblos antiguos, que creían identificar por la situación relativa de las estrellas, figuras de animales y seres humanos.

Hoy se identifican ochenta y ocho constelaciones. Entre las constelaciones del hemisferio norte figuran la Osa Mayor y la Osa Menor (figura 14), el Dragón, Hércules y muchas más. En el hemisferio sur, cuyo conocimiento se extendió a partir de la época de los Descubrimientos, los marinos y exploradores dieron nombre a las nuevas constelaciones, entre las cuales figuran la Cruz del Sur, Centauro, Capricornio y Can Mayor.

Las constelaciones mejor conocidas son las del Zodíaco, situadas en la zona de la órbita que recorre la tierra cada año en su movimiento en torno al sol (figura 13).

El conocimiento de las constelaciones ha sido muy útil al hombre, especialmente a los navegantes y viajeros que utilizan las estrellas para orientarse durante la noche. La estrella polar, perteneciente a la constelación de la Osa Menor, señala el norte en el hemisferio norte, mientras en el hemisferio meridional es posible encontrar el sur localizando la constelación de la Cruz del Sur.

8. Las nebulosas. A simple vista es po-

sible observar en el firmamento algunas masas luminosas, de forma semejante a nubes, de donde proviene el nombre de *nebulosas* con que se les designa. A través del telescopio es posible observar muchas nebulosas, formadas todas por masas de polvo y gases. Estas nebulosas pertenecen a la Vía Láctea.

Algunas nebulosas reflejan la luz de las estrellas, pero otras se cree que están formadas por gases incandescentes. Muchas poseen una forma difusa o irregular, como la de Orión, la cual, al reflejar la luz de las estrellas próximas, adquiere notable belleza (figura 16). Algunas de estas nebulosas irregulares son muy oscuras y su materia opaca impide el paso de la luz de las estrellas situadas detrás. Varias nebulosas opacas oscurecen grandes áreas de la Vía Láctea.

Hay otras nebulosas denominadas *anulares* o *planetarias*, constituidas por una estrella a la cual rodea una envoltura gaseosa, como la nebulosa de Lira (figura 17).

Hasta la construcción de los grandes telescopios modernos se desconocía la verdadera constitución de muchos cúmulos estelares, a los cuales se consideraba como nebulosas. Igualmente se daba erróneamente el nombre de *nebulosas espirales* a los *universos-islas*, tales como la galaxia de Andrómeda.

HECHOS E IDEAS FUNDAMENTALES DEL CAPITULO

El Universo es la totalidad de lo que existe. Se le considera constituido por el espacio ilimitado y por los muchos millones de galaxias o **universos-islas** dispersos en el espacio.

Vía Láctea es el nombre que damos a la galaxia a la cual pertenece el sistema solar, del cual forma parte nuestro planeta, la tierra.

Las estrellas son esferas relucientes constituidas por gases de altísima temperatura.

Las estrellas son clasificadas, según su brillantez, en 21 magnitudes.

Las estrellas que aparecen muy próximas unas a otras a simple vista han sido agru-

padas desde la Antigüedad formando **constelaciones**. El conocimiento de las constelaciones es muy útil para la orientación de navegantes y viajeros.

En la Vía Láctea se observan masas luminosas semejantes a nubes, denominadas **nebulosas**. Las nebulosas están constituidas por polvo y gases. Algunas nebulosas poseen formas irregulares o difusas y otras son esféricas o anulares. Estas últimas son denominadas planetarias.

Las llamadas nebulosas espirales no pertenecen a la Vía Láctea, sino son otros universos-islas o galaxias que se encuentran a inmensas distancias de nuestra galaxia.

Nuestro planeta, la tierra, no es un astro aislado en el espacio, sino forma parte de una familia o sistema de astros denominado *sistema solar*. El sistema solar, como tuvimos oportunidad de ver, es, a su vez, parte integrante de un sistema mucho mayor, la Vía Láctea (figura 6).

El sistema solar está constituido por una estrella, el sol, que es su centro, y por numerosos astros más que lo acompañan en su movimiento por el espacio.

INTEGRAN EL SISTEMA SOLAR:

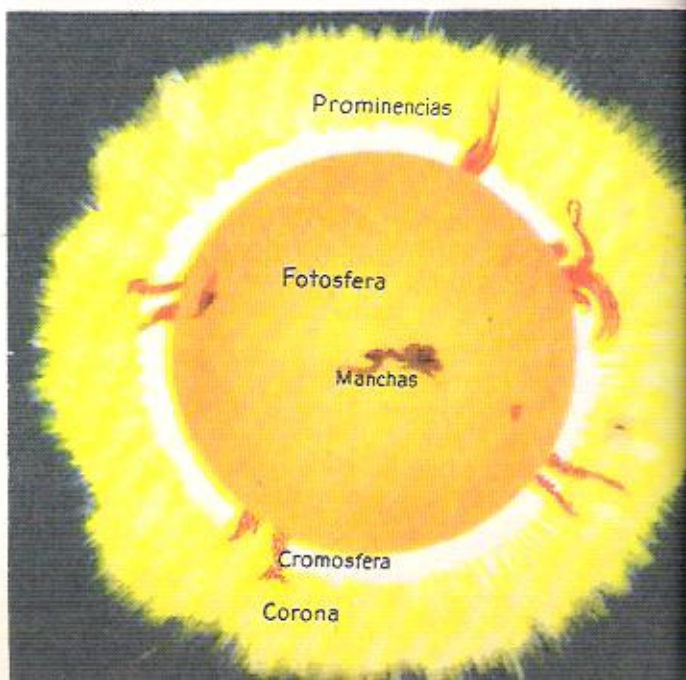
- 1) EL SOL, CENTRO DEL SISTEMA;
- 2) LOS 9 PLANETAS CONOCIDOS;
- 3) LOS 31 SATELITES DE LOS PLANETAS;
- 4) VARIOS MILLARES DE PLANETOIDES;
- 5) MILLONES DE METEORITOS; Y
- 6) NUMEROSOS COMETAS.

9. El sol. El sol es pequeño comparado con otras estrellas; pero por ser la estrella más próxima a la tierra, de la que dista 150 millones de kilómetros, nos parece el mayor y más brillante de los astros. Aunque el sol es más de un millón de veces mayor que la tierra, los astrónomos lo consideran una estrella más bien pequeña, cuyo color amarillento indica su avanzada edad.

El sol es, como todas las estrellas, una esfera de gases incandescentes. La temperatura de su superficie es de $5\,000^{\circ}$ centígrados y la de su interior superior a $20\,000\,000^{\circ}$ C. La energía que produce el sol es enorme y es la fuente de luz y calor de nuestro planeta. El sol fue considerado durante varios siglos un astro «fijo». Hoy sabemos que entre sus movimientos figuran el de rotación y el de traslación. Su movimiento de rotación demora unos 25 días en el ecuador solar y cerca de 30 días en los polos; esta diferencia es

una prueba de que el sol es una esfera gaseosa. El sol se *traslada* en el espacio, aparentemente hacia la estrella Vega, a una velocidad que se calcula en unos 19 kilómetros por segundo, arrastrando consigo a los demás integrantes del sistema solar. Se cree que este movimiento de traslación del sol es en torno a la Vía Láctea (ver la figura 6) y que dura unos doscientos millones de años.

FIG. 19. LA ESTRUCTURA DEL SOL. El sol es una gran esfera de gases incandescentes, pero se cree que su porción central o núcleo, se encuentra en estado líquido. La superficie aparente del sol es denominada *fotosfera* (esfera de luz). Alrededor de la fotosfera se extiende una capa de vapores incandescentes, de colores vivísimos, por lo cual se le llama *cromosfera* (esfera del color). En torno a la fotosfera y a la cromosfera se encuentra la corona, que es un gigantesco halo de gases que envuelve al sol; la corona sólo es visible durante los eclipses. En la fotosfera se observan porciones más brillantes denominadas *fáculas* y otras oscuras, a las que se les da el nombre de *manchas* (figura 22). En el sol se observan también enormes *prominencias* luminosas, formadas por gases de hidrógeno y helio, que parten de la fotosfera como enormes lenguas de fuego, hasta alcanzar más allá de la cromosfera, como puede verse en la presente ilustración.



El origen del sistema solar es un tema apasionante. Las numerosas explicaciones ofrecidas son denominadas hipótesis, pues si bien parecen estar de acuerdo con algunos hechos observados, no pueden ser probadas. Los científicos creen que la materia de que están formados todos los astros del sistema solar proviene del sol, que originalmente, sería mayor. Pero el gran misterio es cómo esta materia se separó del sol.

La primera hipótesis sobre el origen del sistema solar la expuso a fines del siglo XVIII el matemático francés **Laplace**. Imaginó que una nebulosa de forma redonda, constituida por gases calientes, se movía lentamente sobre sí misma. Según este globo gaseoso se achicaba, rotaba con mayor velocidad. La rapidez de la rotación haría que anillos de gases calientes se desprendieran del ecuador de la nebulosa. Cada uno de estos anillos, al condensarse, formaría esferas que terminarían convirtiéndose en los planetas. De algunos planetas, cuando aún estaban en estado gaseoso, se desprendían, a su vez, otros anillos, que serían los satélites.

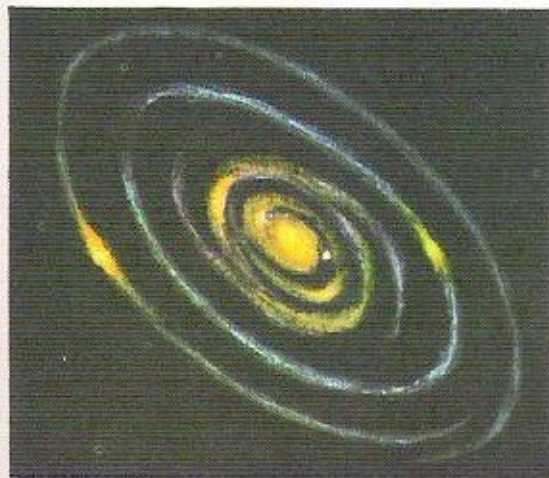


FIG. 20. ESQUEMA DE LA HIPOTESIS NEBULAR

Esta hipótesis nebulosa, muy aceptada durante el pasado siglo, ha sido refutada. Entre los hechos que la contradicen figura la lenta rotación de nuestro sol; para que la nebulosa original hubiera dado lugar a los anillos el sol debía rotar actualmente a una velocidad 50 veces mayor. En los primeros años de este siglo adquirieron preponderancia dos hipótesis, bastante similares, de los norteamericanos **Moulton** y **Chamberlain** y del astrónomo inglés **J. Jeans**. El sistema solar se originó, según estas hipótesis, al pasar cerca del sol



FIG. 20-A. ESQUEMA DE LA HIPOTESIS DE LAS MAREAS

otra estrella mayor, la cual provocó una gigantesca marea en la superficie solar. El material así desprendido del sol (fig. 20-A) se fragmentó y más tarde se fue condensando hasta formar los planetas, que continuaron moviéndose en torno al sol, y los satélites, más pequeños, siguieron moviéndose en torno a algunos planetas. Esta hipótesis es rebatida, pues se cree que la materia desprendida del sol se habría dispersado en el espacio, en lugar de condensarse para formar planetas y satélites.

La más reciente de las hipótesis —y la más aceptada actualmente— es del físico alemán **Von Weizsäcker** (1943). Se había notado que en el Universo predominan el hidrógeno y el helio, en tanto que en la tierra y los demás planetas sólo hay trazas de estos elementos. ¿Por qué? Originalmente —dice esta hipótesis—, debió existir una nube de polvo en rotación, semejante a la nebulosa imaginada por Laplace. El sol se formaría en el centro de la nube, mientras el resto giraría en torno al sol, como una rueda gigantesca (fig. 21). La nube se rompería en numerosos remolinos, que irían condensándose y chocando unos con otros; al chocar se irían uniendo para formar los planetas y satélites, en tanto el hidrógeno y el helio escaparían al espacio.

La hipótesis de la **nube de polvo**, como es llamada, explica así la distribución, movimiento y composición de los astros del sistema solar, pero aún quedan muchos aspectos que investigar y los sabios no se dan aún por satisfechos.

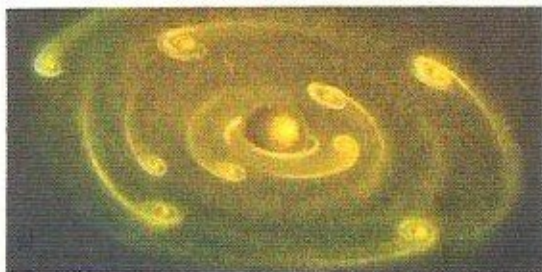


FIG. 21. ESQUEMA DE LA HIPOTESIS DE LA NUBE DE POLVO

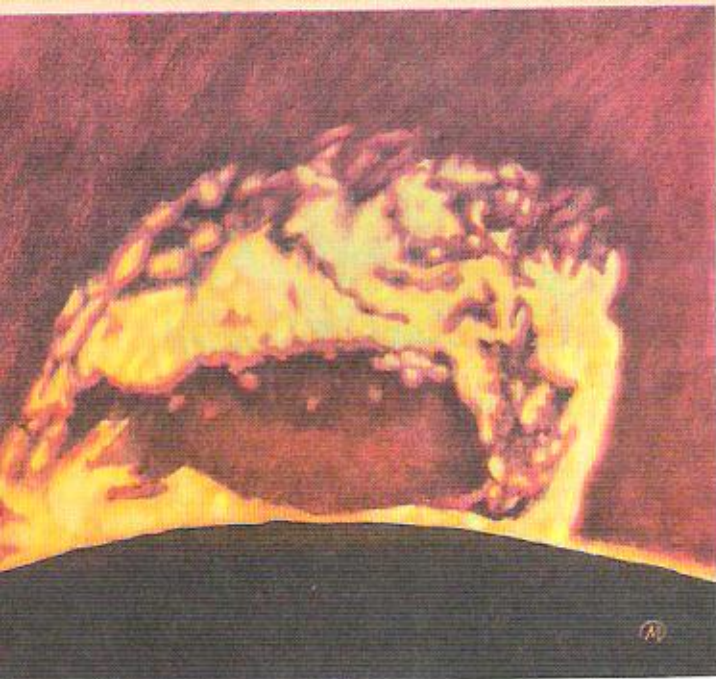


FIG. 22. LAS LLAMADAS MANCHAS, como las que reproduce esta ilustración, se cree que son gigantescas tormentas que se producen en el sol. Las dimensiones de estas manchas son tales que en una de ellas cabrían muchas tierras. Las manchas solares aumentan cada once años, aproximadamente, originando tempestades magnéticas que afectan las telecomunicaciones terrestres (radio, teléfono, telégrafo y televisión) e intensifican las auroras polares.

10. Influencia del sol sobre la tierra.

La energía solar que la tierra intercepta equivale solamente a una dos mil millonésima parte de la energía total del sol. Aun así, se calcula que la tierra está recibiendo continuamente el equivalente de cerca de cien mil caballos de fuerza por cada uno de sus habitantes actuales ⁽¹⁾.

La energía solar es la fuente de la luz y el calor; nuestros alimentos, habitaciones y vestidos nunca hubieran existido sin los rayos del sol. La desaparición de la energía solar representaría el final de toda manifestación de vida sobre nuestro planeta.

Si faltara la luz solar nuestro planeta sería un mundo triste y tenebroso. La sucesión de los días y las noches constituye un hábito tal, que no podemos imaginarnos vivir sin la luminosidad del sol. Las plantas necesitan la luz para producir sus alimentos. Nosotros la necesitamos para vivir saludables y trabajar. Aunque desde otras estrellas llega a la tierra alguna luz, tal luz no sería suficiente para sostener la vida.

El sol nos da calor además de la luz. Si por alguna razón el sol dejara de brillar, todos los se-

(1) El total de la energía solar recibida constantemente por la tierra se calcula en 230 billones de caballos de fuerza.

res vivos —animales y vegetales— se congelarían. En poco tiempo todos los lagos, ríos y océanos quedarían cubiertos de hielo. Pocos días después toda el agua de los océanos formaría una masa helada. El aire que rodea la tierra se convertiría en líquido y cubriría la faz del planeta. Aun este aire líquido se congelaría y solidificaría. La temperatura de la tierra descendería a un nivel que apenas podemos imaginar.

El origen de la energía solar ha preocupado siempre a los científicos. Esta energía es tan intensa que si la masa del sol hubiera estado constituida por hulla o petróleo se hubiera consumido en unos pocos millares de años. Las explicaciones ofrecidas fueron descartándose hasta que, recientemente, al descubrir el hombre la forma de liberar la energía nuclear, que ha hecho posible las bombas atómica y de hidrógeno, parece haberse hallado el origen de la energía del sol.

Se sabe que el sol está constituido principalmente de hidrógeno. Debido a la altísima temperatura solar, cuatro átomos de hidrógeno pueden combinarse para formar un átomo de helio. Cada vez que esto ocurre —explican los físicos— desaparece una pequeñísima cantidad de materia y aparece energía en su lugar. De esta manera, el sol está consumiendo su propio hidrógeno, formando helio y perdiendo peso cada día, para producir el calor y la luz que se difunden por el espacio en forma de ondas electromagnéticas. Se calcula que hay en el sol bastante hidrógeno para más de diez mil millones de años al nivel de consumo actual.

11. Los planetas.

En el sistema solar hay nueve planetas conocidos. Estos planetas son, por orden de distancia del sol: Mercurio, Venus, la Tierra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno y Plutón. El nombre de planetas, término griego que equivale a errante, le fue dado por los antiguos a los planetas que conocían, pues sus movimientos en el espacio eran perceptibles, en tanto que las estrellas parecían fijas.

Los planetas no son luminosos, es decir, carecen de la luz propia característica de las estrellas. La luz tenue de los planetas es reflejada del sol.

Se acostumbra a dividir los planetas en interiores y exteriores. Los interiores son Mercurio, Venus, la Tierra y Marte, los cuales están separados de los cinco restantes, o planetas exteriores, por los planetoides o pequeños planetas, que se mueven entre las órbitas de Marte y Júpiter (figura 25).

Los planetas interiores son sólidos, mientras Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno, que son los de mayor tamaño, están formados por gases.

PLUTÓN. Fue descubierto en 1930 por medio del estudio de fotografías, donde apareció como un punto luminoso, que cambiaba de lugar entre las estrellas. Su existencia se había previsto mediante cálculos, como en el caso de Neptuno. Se cree es del tamaño de Mercurio. Por su distancia del sol es el planeta más frío. Su estructura no ha sido bien determinada.

NEPTUNO. Fue descubierto en 1846 mediante cálculos matemáticos. Su movimiento de traslación dura casi 165 años. Es sesenta veces mayor que la Tierra, pero, por su gran distancia, luce muy pequeño; es visible sólo con telescopio. Su estructura es gaseosa. Posee dos satélites, uno de los cuales tiene movimiento retrógrado, como los satélites de Urano.

URANO. Sólo es visible a través del telescopio y aparece como un disco azul verdoso. Es, por su tamaño, el tercer planeta, siendo mayores Júpiter y Saturno; como éstos, está constituido por gases fríos. Tiene cinco satélites y en ellos se ofrece la particularidad de girar en dirección contraria a los planetas y a la mayoría de los satélites.

JÚPITER. Es el mayor de los planetas. Su volumen es de más de 1.000 veces el de la Tierra y superior al de los demás planetas y satélites juntos. La nave *Pioneer 11* de Estados Unidos pasó muy cerca de Júpiter en 1974 y transmitió información que confirma que está formado por gases que envuelven a un pequeño núcleo sólido de sólo 24.000 Km de diámetro. La masa gaseosa que envuelve al núcleo tiene un espesor de 56.000 Km. Su temperatura interior es muy alta y en el núcleo interior supera la de la superficie solar. Tiene 12 satélites.

MERCURIO. Es el planeta más próximo al Sol, el más pequeño y el de traslación más rápida. Sus movimientos de rotación y de traslación parecen tener igual duración. Cuando Mercurio está frente al disco solar aparece como una pequeña mancha oscura. Los vuelos de los *Mariner* de Estados Unidos, que han orbitado a Mercurio a sólo 310 Km de distancia, han confirmado la ausencia total de vida en el cálido planeta. Las fotografías tomadas por los *Mariner*, que cubren el 60% del planeta revelan una superficie muy semejante a la de la Luna.

SATURNO. Es, por su tamaño, el segundo planeta. Su volumen es 784 veces mayor que el de la Tierra. A través del telescopio pueden observarse los tres anillos que lo rodean, formados por meteoritos muy pequeños, que se mueven rápidamente en torno al planeta. Su rotación es tan rápida como la de Júpiter. Está formado por gases. Posee nueve satélites.

MARTE. Es el planeta más estudiado y el primero de cuya superficie se obtuvieron fotografías por una nave terrestre llegada a ella. Durante 3 siglos se pensó había posibilidad de vida en Marte, pero la exploración espacial reciente ha confirmado sus grandes diferencias con la Tierra. Su superficie es semejante a la lunar y la variación diaria de la temperatura alcanza a 100°C. En 1976 dos naves *Viking* de Estados Unidos, descendieron en Marte y transmitieron fotografía de su superficie desolada. Parece probado que no hay agua líquida en Marte, aunque se mantiene la posibilidad de alguna forma de vida extraordinariamente primitiva en alguna parte del llamado *planeta rojo*.

VENUS. Es el planeta más próximo a la Tierra, de la cual ha sido llamado *gemelo* por sus dimensiones muy semejantes. Su atmósfera, muy densa, impide observar su superficie. Posee gran brillantez, y según aparece en los crepúsculos es llamado "lucero del alba" o "lucero de la tarde". Las naves espaciales *Venera*, de la Unión Soviética, descendieron en su superficie en 1967 y 1971.

LA TIERRA

DATOS FUNDAMENTALES SOBRE ALGUNOS ASTROS DEL SISTEMA SOLAR

ASTROS	DISTANCIA DEL SOL (Millones de Km)	DIAMETRO ECUATORIAL (Millares de Km)	TRASLACION ALREDEDOR DEL SOL	ROTACION	TEMPERATURA	ASPECTO EN EL CIELO DURANTE LA NOCHE	SATELITES	VELOCIDAD DE TRASLACION (Km por segundo)
MERCURIO	58	5.1	88 días	Casi 88 días	Un hemisferio caliente y otro frío	Amarillo-rojizo	0	47.9
VENUS	108	12.6	225 días	224.7 días (?)	Un hemisferio caliente y otro frío	Blanco	0	35
TIERRA	149.5	12.7	365 1/4 días	23 horas, 56 minutos	Suficiente para sostener la vida		1	29.7
MARTE	228	6.8	11 7/8 años	24 horas, 36 minutos	Más fría que la tierra	Rojo	2	24.1
JUPITER	777	143.6	687 días	9 horas, 53 minutos	Muy fría	Blanco-amarillento	12	13.1
PLANETOIDES	360 a 480	32 a 480 Kilómetros	De 2 a 13 años	Desconocida		Usualmente invisibles		
SATURNO	1 428	120.6	29 1/2 años	10 horas, 14 minutos	Muy fría	Amarillo-rojizo	9 y 3 anillos	9.7
URANO	2 871	53.4	84 años	10 horas, 45 minutos	Muy fría	Difícil de observar a simple vista	5	6.8
NEPTUNO	4 498	49.7	164 1/2 años	15 horas, 42 minutos	Muy fría	Invisible sin instrumentos	2	5.4
PLUTON	5 904	5.0 (?)	247 1/2 años	Desconocido	Muy fría	Invisible sin instrumentos	0	4.7
LUNA	150 (Variable)	3.4	27 1/4 días (Alrededor de la tierra)		Un hemisferio caliente y otro frío	Blanco-amarillento		1

Aunque todos los planetas son esféricos, ninguno es una esfera perfecta. Los cuatro mayores son más achatados que los restantes. Saturno es el que presenta mayor achatamiento.

Todo parece indicar que la tierra es el único planeta donde existe vida, al menos en la forma en que nosotros la conocemos. Con la excepción de Venus y Marte, la temperatura en los demás planetas es demasiado caliente o demasiado fría para que puedan sobrevivir animales o plantas semejantes a las terrestres. Las naves espaciales Mariner, de Estados Unidos, confirmaron en 1969 la imposibilidad de vida en Marte, donde por mucho tiempo se pensó existía agua abundante y canales abiertos por seres inteligentes.

20 Todos los planetas poseen movimientos de ro-

tación sobre su eje y de traslación en torno al sol. En su movimiento alrededor del sol los planetas recorren órbitas casi circulares. Como las órbitas de todos los planetas se encuentran casi en el mismo plano, el sistema en conjunto posee una forma que pudiera compararse a un disco.

El tiempo que demoran los planetas en completar su recorrido en torno al sol varía mucho de unos a otros. El año de Mercurio, el planeta más próximo al sol, es el más corto, pues dura sólo 88 días, en tanto Plutón, el planeta más lejano, demora casi 248 años en recorrer su órbita.

El movimiento de los planetas en torno al sol es explicado de la siguiente manera: cuando los planetas se mueven alrededor del sol hay una fuerza que tiende a alejarlos; esta fuerza es la misma que tiende a alejar del centro a cualquier cuerpo que se mueve circularmente, y, por ello, es denominada *fuerza centrífuga*.

A la par de la fuerza centrífuga actúa otra fuerza, la *gravitación*, que hace que todos los astros se atraigan entre sí como imanes gigantes.

FIG. 24. En este diagrama, que continúa en las cuatro páginas siguientes, están indicadas a escala las distancias de los nueve planetas al sol. Cada centímetro en el diagrama equivale a 60 millones de kilómetros en el espacio. Mientras los cuatro planetas interiores están relativamente cerca del sol, en las páginas restantes pueden observarse las grandes distancias a que se encuentran del sol los planetas exteriores.



Los astros mayores, como el sol, tienen mayor fuerza de atracción y arrastran tras ellos a los de menor tamaño.

Ambas fuerzas —la que tiende a alejar a los planetas del sol (centrífuga) y la que los atrae (gravitación)— se equilibran y, por ello, los planetas se mantienen moviéndose alrededor del sol, y los satélites se mueven alrededor de los planetas, con igual velocidad, a la misma distancia y con idéntico recorrido (órbita).

12. Los planetoides. Planetoides (parecidos a planetas) es el nombre que se da a varios millares de pequeños miembros del sistema solar que se mueven entre las órbitas de Marte y Júpiter (figura 25).

Ceres fue el primer planetoide descubierto y es el mayor de todos, pues mide 870 Km de diámetro.

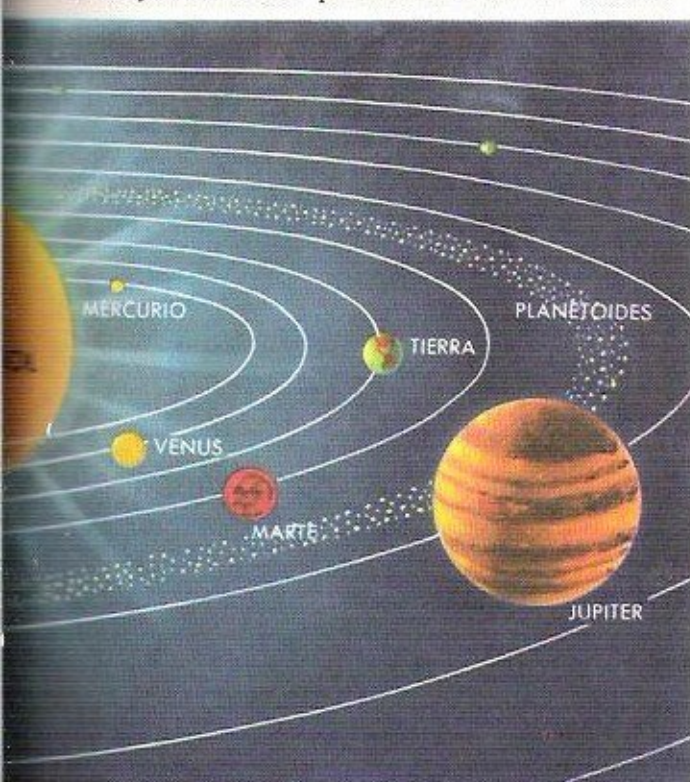


FIG. 25. LOS PLANETOIDES o asteroides se encuentran entre las órbitas de Júpiter y Marte, como puede verse en el diagrama. Han sido descubiertos en su mayor número por medio de fotografías y se conocen hasta ahora unos 1 500. Ninguno es visible sin el empleo del telescopio. Algunos de los planetoides penetran entre las órbitas de Marte y la Tierra, y uno de ellos, Eros, se encontrará a una distancia de unos 22,4 millones de Km de la tierra en el año 1975.

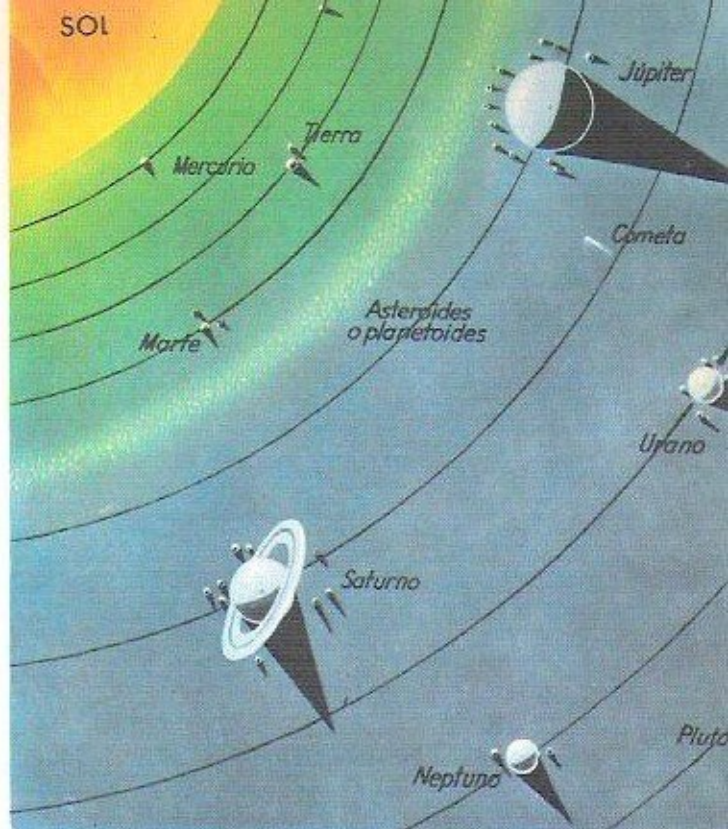


FIG. 26. Solamente seis de los nueve planetas poseen satélites conocidos. En el esquema aparece indicado el número de satélites que posee cada uno de esos planetas.

metro. El diámetro promedio de los restantes planetoides conocidos es de unos 80 Km.

Los planetoides son considerados fragmentos de un planeta que se desintegró en época remotísima. Puede verseles únicamente mediante el telescopio. Cerca de dos mil planetoides han sido identificados por medio de fotografías.

13. Los satélites. Los satélites (del latín, *acompañantes*) son astros de pequeñas dimensiones, que giran en torno a los planetas. Hasta el presente han sido descubiertos treinta y un satélites pertenecientes a seis de los planetas.

El número de satélites de estos planetas es el siguiente: La tierra, uno (la luna); Marte, dos; Júpiter, doce; Saturno, nueve; Urano, cinco, y Neptuno, dos.

Mercurio, Venus y Plutón no poseen satélites conocidos.

El tamaño de los satélites es muy variado. Hay





Cometa Jacobini

Cometa Daniel

Cometa Morehouse

Cometa Peltier

FIGURA 26.

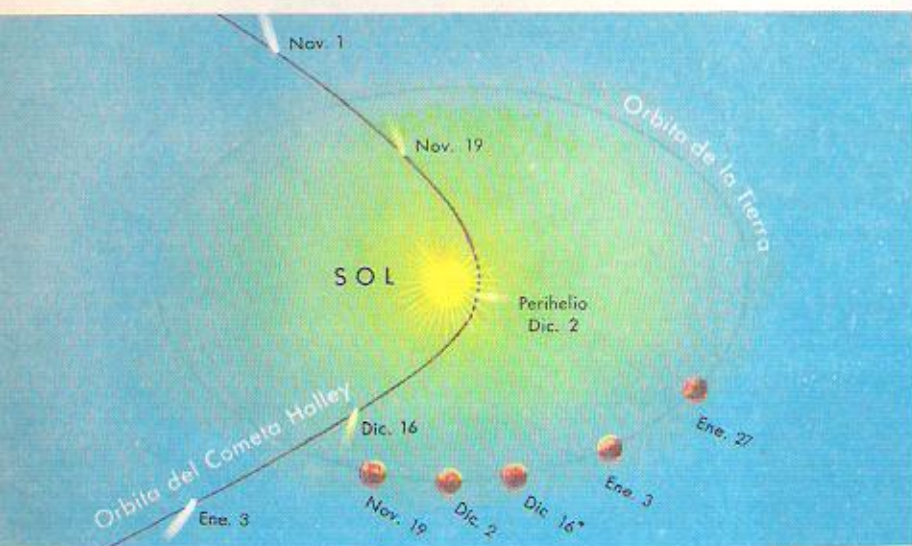


FIG. 27. EL COMETA HALLEY recorre su órbita en torno al sol en unos 76 años. Será visto nuevamente en 1986. Su última aparición —recogida en el diagrama— ocurrió en 1910. El astrónomo Halley anunció que este cometa aparecería en 1758 y su predicción se cumplió después de la muerte del sabio. Desde entonces las gentes han dejado de temer a los cometas, cuya presencia en el cielo era considerada por los antiguos como un presagio funesto. En su última aparición, la cola del Halley rozó la tierra, sin que ocurriera ningún fenómeno extraordinario. A pesar de su gran tamaño, la materia constitutiva de un cometa es mínima.

algunos mayores que la luna y otros muy pequeños. En relación con el tamaño del planeta a que pertenecen, la luna es el satélite de mayor tamaño.

Al igual que los planetas, los satélites se mueven, generalmente, de oeste a este, pero varios de ellos lo hacen en dirección contraria. Esta anomalía en el movimiento de algunos satélites ha sido uno de los motivos del descrédito de varias hipótesis sobre el origen del sistema solar. Algunos creen que este movimiento retrógrado se debe a que esos satélites son planetoides que fueron atraídos por los planetas mucho después de estar formados.

14. Los cometas. Los cometas son los astros más espectaculares. Cuando se hacen visibles presentan un núcleo iluminado por la luz solar y una larga cola gaseosa, semejante a una cabellera, de donde proviene su nombre, equivalente en griego a *estrella cabelluda*.

Los cometas pueden alcanzar enormes dimensiones. Entre los observados hay algunos cuyo núcleo es mayor que el sol y sus cabelleras pueden

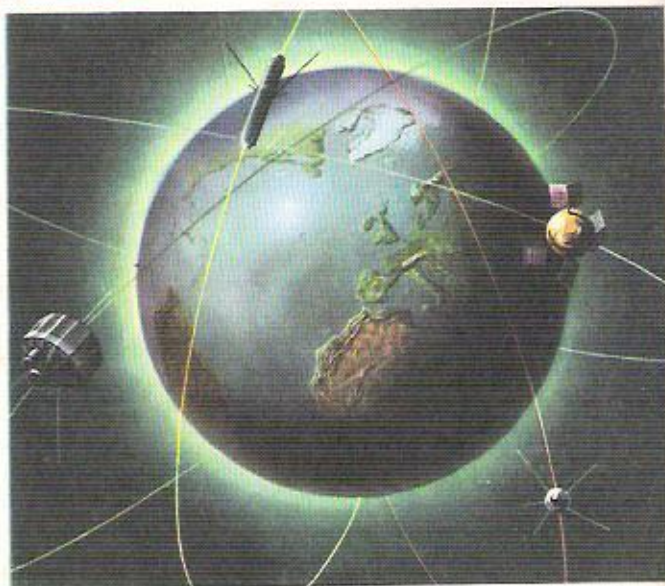


FIG. 28. Con motivo del Año Geofísico Internacional (1957-58) fueron lanzados por la URSS y Estados Unidos los primeros satélites artificiales. En años sucesivos han sido colocados en órbita terrestre numerosos satélites destinados a lograr nuevos datos sobre la atmósfera y el espacio. Al comenzar la década de 1970 el total de satélites lanzados por Estados Unidos y la URSS era de 706. Los destinados a investigar el tiempo y a facilitar las telecomunicaciones eran una realidad que beneficia a todos los pueblos del mundo.



FIG. 29. EL CRATER CHUBB, denominado así en honor de su descubridor, en 1950, se encuentra en el Norte de Canadá. Se originó al estrellarse un meteorito sobre la superficie de nuestro planeta. Obsérvese la forma casi perfectamente circular del cráter. Las aguas de un lago ocupan hoy la depresión.

extenderse por más distancia que la que separa a la tierra del sol.

Se cree que los cometas están constituidos por pequeñas partículas de rocas y minerales de hierro, que forman el *núcleo*. Este núcleo está envuelto por gases, que constituyen la *coma*. Cuando un cometa se aproxima al sol, la energía solar presiona los gases que envuelven el núcleo, los que adoptan la forma de una cola, la cual siempre aparece, por esta causa, en dirección contraria al sol. Al alejarse el cometa del sol, su cola desaparece.

Algunos cometas describen órbitas alrededor del sol y se hacen visibles cada cierto número de años. Estos cometas pertenecen al sistema solar; el más famoso de ellos es el de Halley (figura 27). Otros solamente han sido observados una vez y se cree que no pertenecen a nuestro sistema.

15. Los meteoritos. Los *meteoritos* o *aerolitos* son pequeños cuerpos que se mueven en el espacio. Cada día entran en contacto por millones con la atmósfera de la tierra.

Se cree que los meteoritos son restos de cometas u otros astros que se desintegraron. Los fragmentos siguen moviéndose en las órbitas que recorrían los astros de que formaban parte. Cuando la tierra pasa en su movimiento de traslación cerca de esos fragmentos, los atrae, y los meteoritos penetran en nuestra atmósfera.

Al «caer» los meteoritos hacia la tierra, a enormes velocidades, el roce con la atmósfera los incendia, produciendo una estela luminosa. Si la iluminación que producen es muy grande, son llamados *bóldos*, y si es menor, *estrellas fugaces*. Cuando un gran número de meteoritos penetra conjuntamente en la atmósfera se produce el bello espectáculo denominado *lluvia de estrellas*.

Algunas veces el meteorito posee grandes dimensiones y no se consume totalmente en el espacio sino llega a chocar con la tierra. En distintas regiones se han hallado meteoritos de gran tamaño. El mayor pesa 60 toneladas y no se consume totalmente en el espacio, sino llega a de 36 toneladas de peso, fue encontrado en Groenlandia por Peary, el descubridor del Polo Norte. Los meteo-

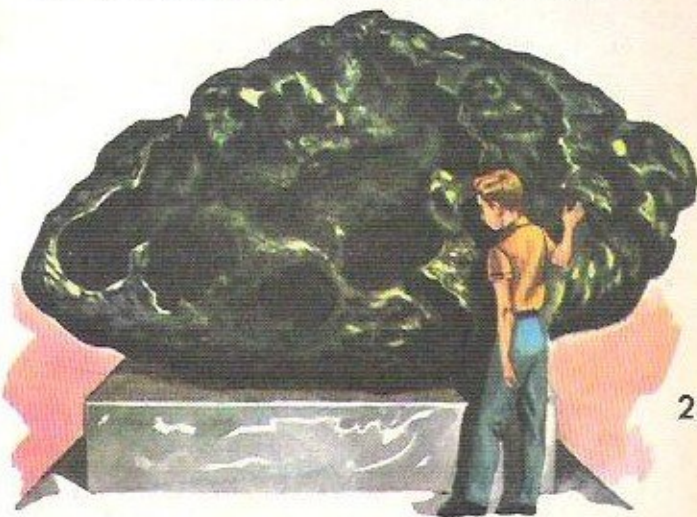


FIG. 30. EL METEORITO DE VILLAMETTE fue encontrado cerca de Oregón City, E.U., en 1902, y es conservado en el Museo de Historia Natural de New York. Pesa 15,5 toneladas. (De una fotografía).

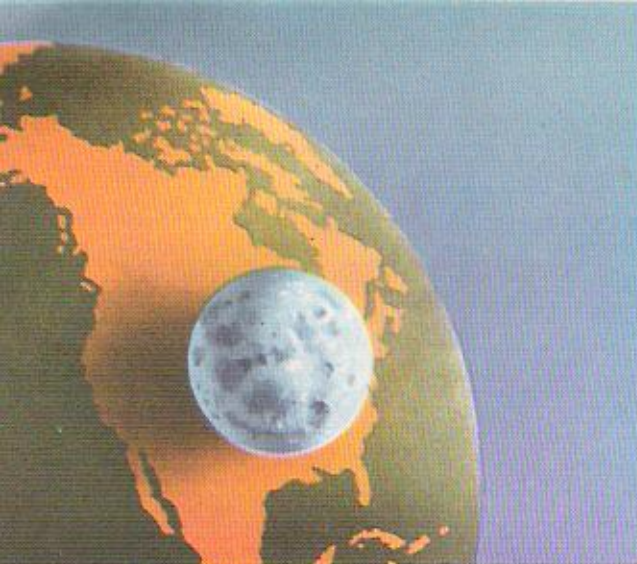


FIG. 31. LA LUNA COMPARADA CON LA TIERRA es muy pequeña. Su volumen es 50 veces menor que el de nuestro planeta. Es, sin embargo, el mayor de los satélites si se comparan todos los satélites del Sistema Solar con los planetas en torno a los cuales giran.

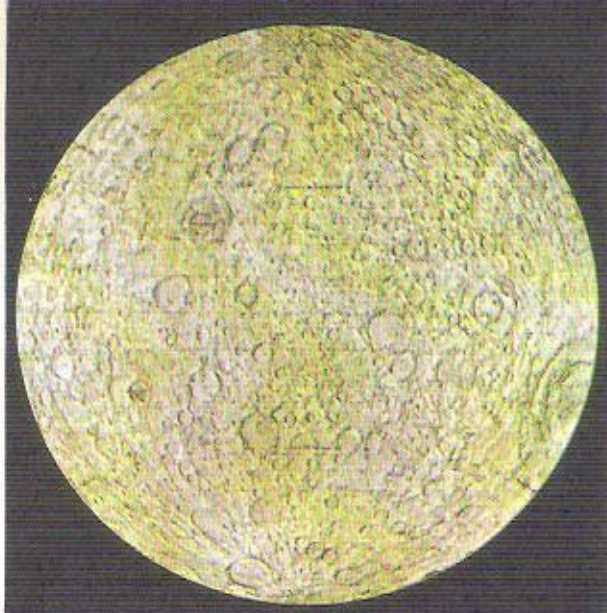


FIG. 32. MAPA DEL HEMISFERIO OCULTO DE LA LUNA, basado en fotografías tomadas por los vehículos espaciales Orbiter de Estados Unidos. (Cortesía de The National Geographical Society)



FIG. 33. LA SUPERFICIE LUNAR fotografiada desde muy corta distancia por los astronautas del Apolo X. El área de la foto corresponde el hemisferio lunar oculto. (Cortesía de la NASA)

ritos están constituidos, principalmente, por minerales de hierro y níquel. Muchos han abierto enormes cráteres al chocar contra la tierra (figura 29)

Hasta la fecha se han colectado cerca de 1 500 meteoritos de gran tamaño. En los tiempos históricos dos de estos grandes meteoritos han caído en Siberia, en el norte de Asia. En 1908, un meteorito se estrelló sobre un bosque siberiano, y el terrible estampido se escuchó hasta 1 500 kilómetros de distancia. Los árboles fueron destruidos en un área de más de 250 Km² y el terremoto que produjo el meteorito, al chocar contra la superficie terrestre, fue registrado por los sismógrafos a más

de 5 000 Km de distancia. En 1947, otro meteorito cayó en Siberia, a unos 320 Km al norte del puerto de Vladivostok.

16. La luna. La luna es el único satélite de la tierra y el astro más cercano a nuestro planeta, del cual lo separan unos 384 000 Km. Por esta relativa proximidad, la luna nos parece casi de igual tamaño que el sol, aunque su volumen es cincuenta veces menor que el de la tierra.

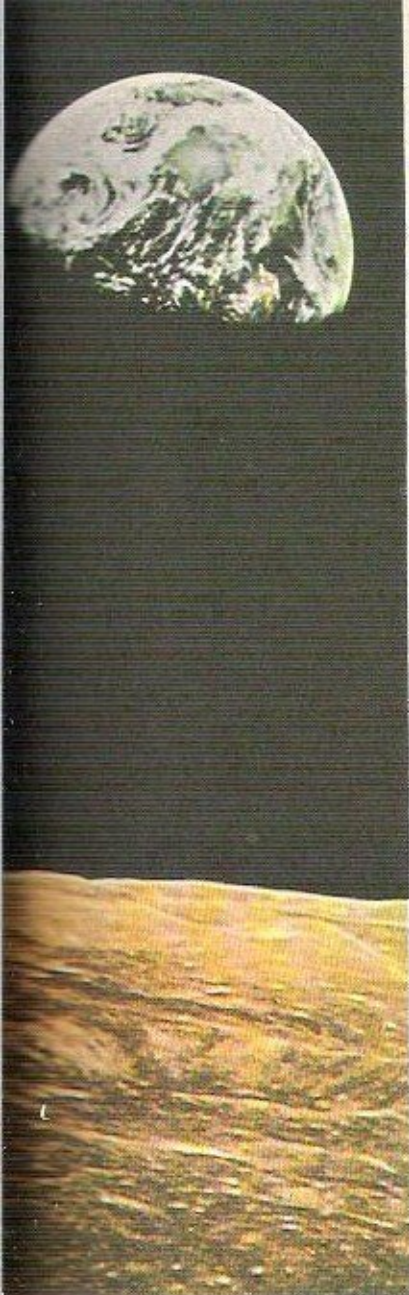


FIG. 34. LA TIERRA FOTOGRAFADA POR LOS ASTRONAUTAS DEL PROGRAMA APOLO, desde las cercanías de la luna. En la parte inferior de la foto aparece la superficie lunar.



FIG. 35. EL MODULO LUNAR, vehículo que condujo a los astronautas del Apolo XI en la etapa final de su viaje a la luna, fotografiado poco antes de posarse sobre la superficie lunar, visible al fondo.

EL HOMBRE LLEGA A LA LUNA

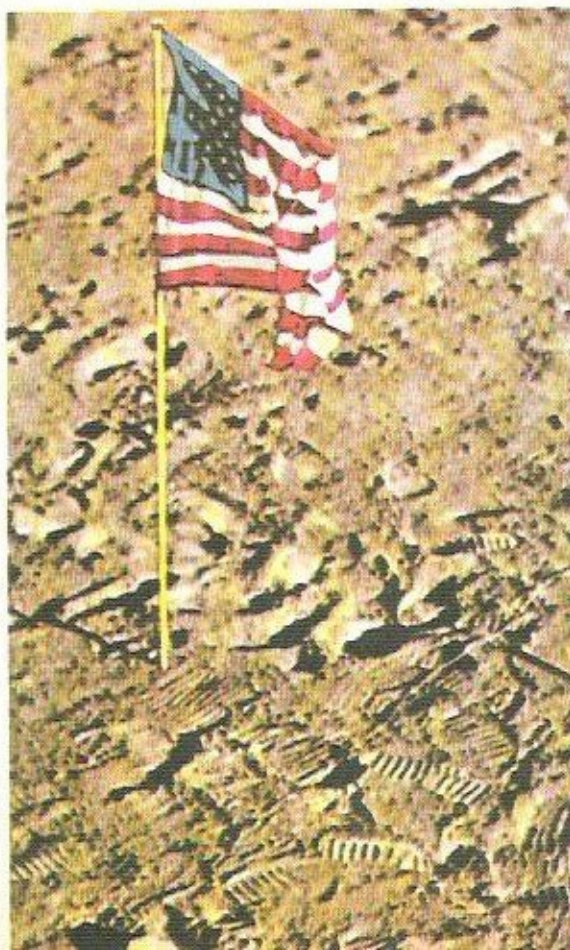
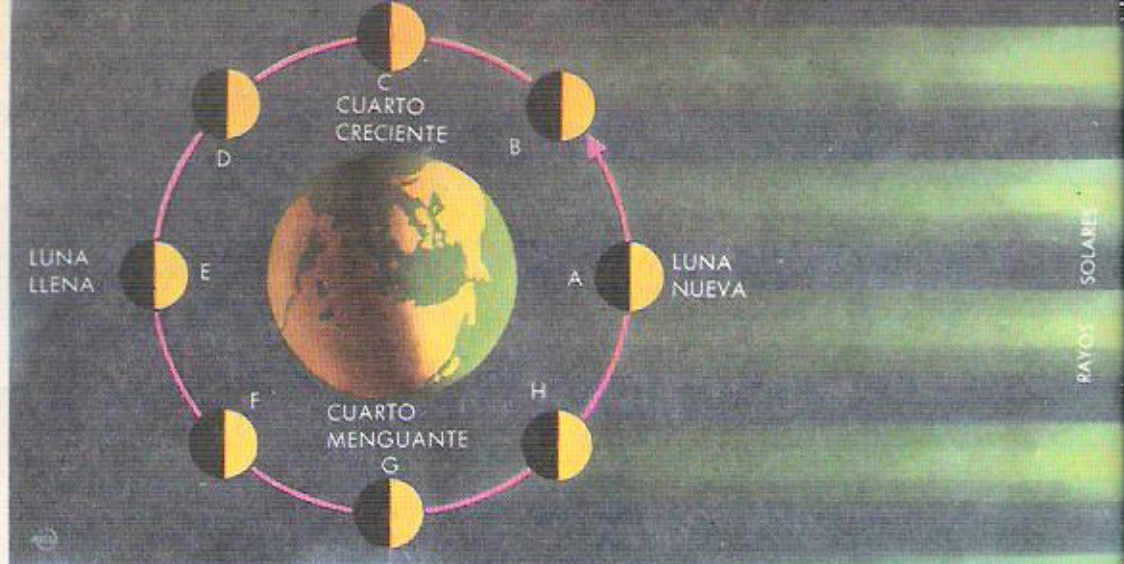


FIG. 36-A. EL ASTRONAUTA ALDRIN EN LA LUNA, fotografiado por su colega Armstrong, el primer hombre que pisara la superficie de nuestro satélite, el 21 de julio de 1969.

FIG. 36. LA BANDERA DE ESTADOS UNIDOS rodeada por las primeras huellas humanas impresas sobre la superficie de la luna.



POR QUE OCURREN LAS FASES DE LA LUNA

FIG. 37. Cuando la luna se encuentra entre la tierra y el sol (A), la luz solar no ilumina nuestro satélite y no podemos verlo; esta fase es la denominada **luna nueva**. Como la luna continúa moviéndose, la luz solar va alcanzando una pequeña parte de su superficie (B) y la porción iluminada aumenta, hasta que llega al **primer cuarto**, en el cual aparece iluminada la mitad del disco (C). El aumento del área iluminada continúa hasta que llegan a verse tres cuartas partes del disco en el llamado **cuarto creciente** (D). Al colocarse el sol y la luna en una aparente línea recta a ambos lados de la tierra, todo el disco lunar aparece iluminado por los rayos solares y entonces tenemos la **luna llena** (E). A partir de esta fase comienza a reducirse la porción iluminada de la luna (F), hasta que una semana después de la luna llena sólo aparece brillando la mitad de la luna; éste es el **cuarto menguante** (G), al cual sigue después la **luna nueva**.

Después del sol, la luna es el astro más brillante que podemos observar en el firmamento, pues actúa como un enorme reflector, que envía hacia la tierra la luz que recibe del sol. Esta luz reflejada es muy débil si la comparamos con la que recibe la tierra directamente del sol. En sólo trece minu-

tos el sol envía más luz a la tierra que toda la que refleja la luna en un año.

La luna no posee atmósfera y su superficie se encuentra desnuda y desolada (figura 34). En la superficie lunar pueden observarse, a través del telescopio, grandes montañas y enormes cráteres (figura 33).

El movimiento de traslación de la luna alrededor de la tierra dura unos 27 días y un tercio (27 días, 7 horas y 43 minutos); el movimiento de rotación sobre su eje dura casi exactamente ese tiempo, por lo cual la luna siempre presenta el mismo hemisferio hacia la tierra. Sólo por un movimiento de balanceo (*libración*) que posee la luna podemos ver una pequeña parte de su otra mitad. En total es visible el 59 % de la luna.

17. Las fases de la luna. El sol siempre aparece como un disco iluminado; pero solamente algunas noches podemos ver el disco lunar completo. Las variaciones que cada mes podemos observar en el disco lunar son denominadas *fases*.

Las fases de la luna se deben a las distintas posiciones relativas que ocupan en el espacio la luna, el sol y la tierra en el transcurso del recorrido de la luna alrededor de la tierra.

En el transcurso del *mes lunar*, que comprende 29 días y medio⁽¹⁾, la luna presenta cuatro fases: *luna nueva*, *cuarto creciente*, *luna llena* y *cuarto menguante*, tal como se observa en la figura 37.

(1) La diferencia de más de dos días entre la traslación de la luna alrededor de la tierra (*mes sideral*) y el *mes lunar* se debe al movimiento de la tierra alrededor del sol.

18. Los eclipses. Cada año ocurren eclipses, o sea, una breve ocultación de la luna o el sol ⁽¹⁾. ¿Por qué ocurren los eclipses? La explicación es ésta: el sol ilumina siempre un hemisferio de la tierra y uno de la luna, mientras el otro hemisferio de estos astros proyecta un gigantesco cono de sombra en el espacio (figura 39). Cuando la tierra pasa por el cono de sombra de la luna nos parece el sol oculto temporalmente; ocurre entonces un *eclipse de sol*. Si es la luna la que pasa por el cono de sombra de la tierra, nuestro satélite queda oculto, y tenemos un *eclipse de luna*.

Si las órbitas de la tierra y de la luna estuvieran en el mismo plano, todas las lunas nuevas habría un eclipse de sol y todas las lunas llenas un eclipse de luna, pero como los planos de ambas órbitas se cortan formando un ángulo de 5°, sólo puede haber, como máximo, siete eclipses al año.

El mínimo de eclipses anuales es dos. Si hay siete eclipses al año, cinco pueden ser del sol y dos de luna; o cuatro de sol y tres de luna. Si sólo hay dos, serán de sol.

Como la luna es tan pequeña comparada con el sol, su sombra sólo puede ocultar una pequeña porción del disco solar; por esto un eclipse de sol puede ser visible solamente en una pequeña faja de la superficie terrestre (figura 39). El mayor ancho de la faja que puede cubrir la sombra lunar (*umbra*) es de unos 270 Km, mientras que la faja de sombra parcial (*penumbra*) tiene hasta 6 400 Km de anchura, a ambos lados de la umbra.

Los que observan un eclipse solar desde la faja de sombra pueden ver totalmente cubierto el disco solar; para ellos el eclipse de sol es *total*. Los que lo observan desde la faja de *penumbra*, ven parte del disco solar iluminado, y para ellos el eclipse es *parcial*.

Algunas veces el eclipse de sol es *anular*. Esto ocurre cuando la sombra de la luna se mueve a través del sol cubriendo su parte central mientras alrededor queda un anillo iluminado. El eclipse anular de sol se produce cuando la luna está tan lejos de la tierra que su cono de sombra no llega a nuestro planeta (figura 42).

(1) En sentido muy general eclipse es toda ocultación de un astro por otro.

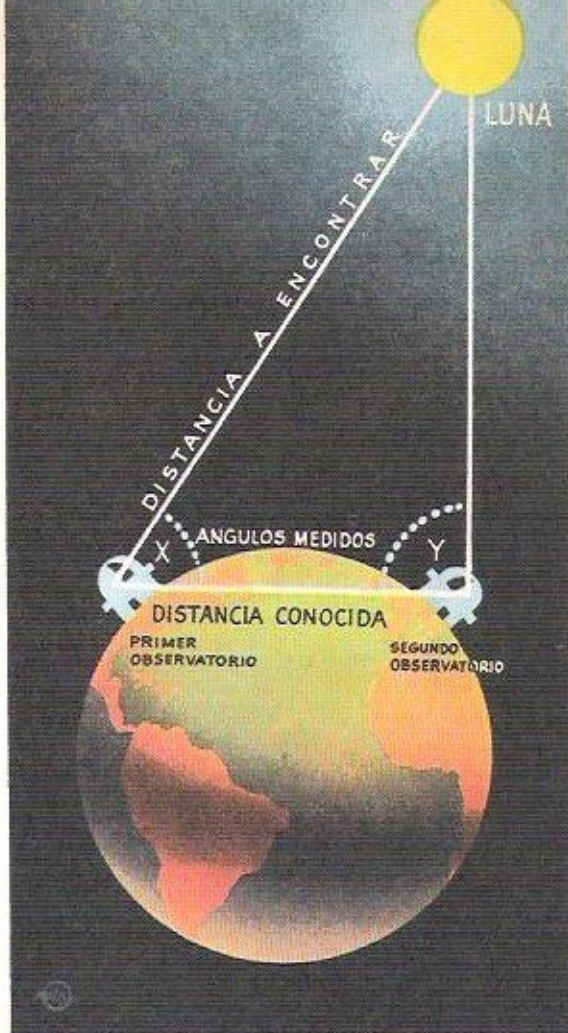


FIG. 38. COMO ES MEDIDA LA DISTANCIA ENTRE LA TIERRA Y LA LUNA. La distancia entre la tierra y la luna puede ser medida por dos astrónomos situados en distintos lugares de nuestro planeta. Los datos que necesitan determinar son los ángulos en los cuales ven la luna en el mismo momento desde sus observatorios respectivos y la distancia que separa ambos observatorios. En ese caso tienen un lado y dos de los ángulos de un triángulo; con estos datos se puede obtener, mediante una operación sencilla, la longitud de los otros dos lados, que representan la distancia entre la tierra y la luna, tal como se observa en el diagrama. Para medir la distancia entre la tierra y una estrella el procedimiento es semejante, sólo que por las enormes distancias que separan las estrellas de la tierra, cuando una estrella es observada en el mismo momento, desde dos puntos distintos, no presenta ángulos diferentes. Los astrónomos descubrieron, sin embargo, que si observan una estrella una noche y la observan seis meses después, los ángulos son diferentes. Como en esos seis meses la tierra ha cubierto la mitad de su recorrido anual en torno al sol y se encuentra a 297 500 000 Km del lugar donde se encontraba seis meses antes, disponen también de los tres datos necesarios para encontrar los lados del triángulo, o sea, la distancia de la estrella a la tierra. Con este método puede calcularse la distancia de cualquier estrella que esté a menos de 300 años-luz de la tierra.



7: 34 am
el sol
comienza
a ascender
sobre el
horizonte



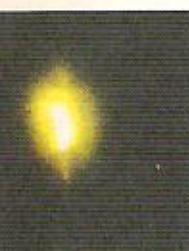
8: 4 am
Se inicia
el eclipse



8: 32 am
El eclipse
es
casi total



8: 34 am
El eclipse
es total



8: 39 am
El sol
reaparece



8: 49 am
la
luminosidad
va
en aumento



9: 34 am
El eclipse
está
al terminar

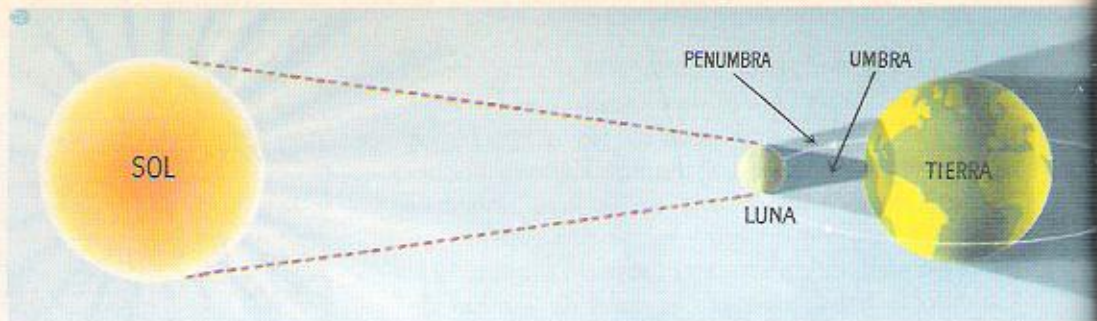


FIG. 40. FOTOGRAFÍAS EN SERIE DE UN ECLIPSE DE SOL, tomadas a lo largo de un período de dos horas. Es posible observar los cambios ocurridos en la superficie visible del sol durante el período del eclipse, fotografiado desde un punto desde el cual fue visto como total.

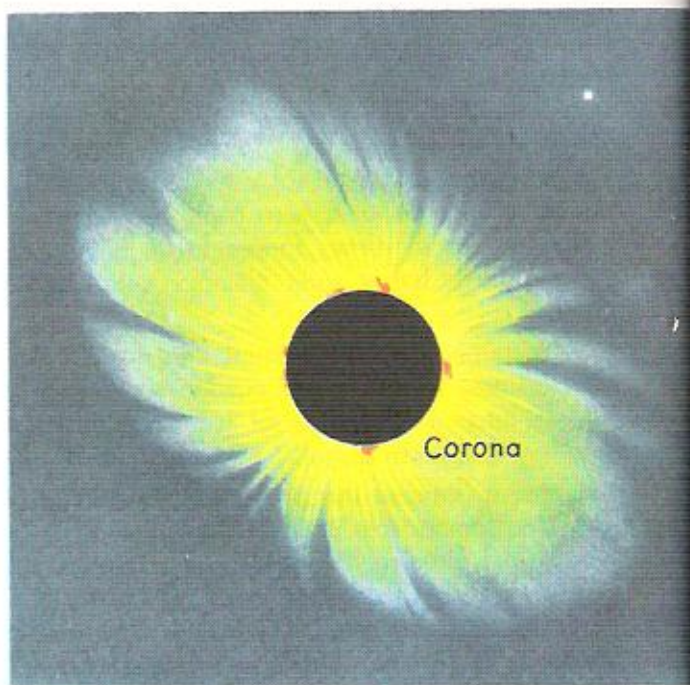


FIG. 41. LA CORONA SOLAR fotografiada durante un eclipse total de sol, única oportunidad en que se hace visible sin instrumentos.

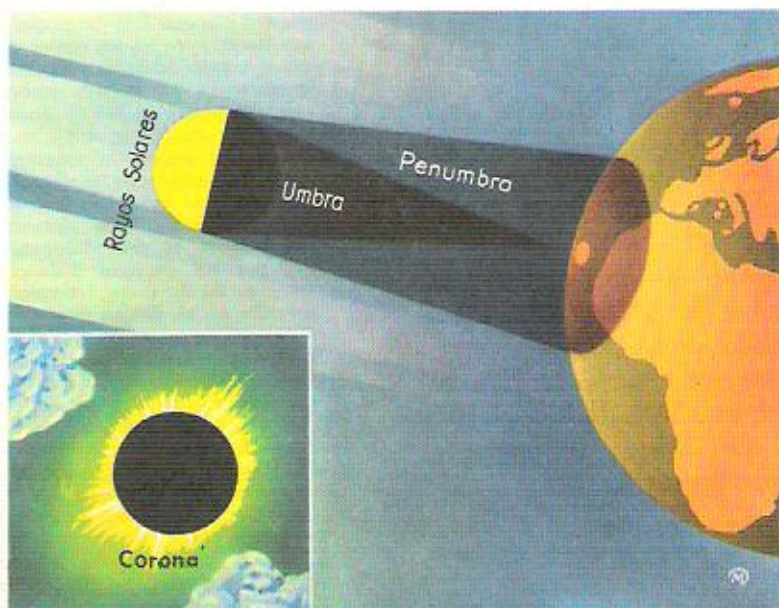
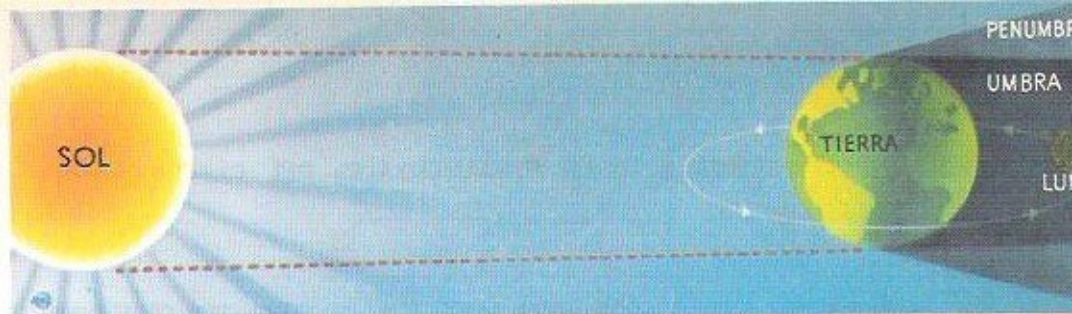


FIG. 42. ESQUEMA DE UN ECLIPSE ANULAR DE SOL. Como en este caso el cono de sombra lunar no llega a la tierra, el sol aparece como un anillo luminoso en torno a un disco oscuro, cuando se le observa desde el área situada frente al extremo del cono.

FIG. 39. ESQUEMA DE UN ECLIPSE DE SOL. En el área donde el cono de sombra alcanza la Tierra, el eclipse de sol es total. El eclipse se observa como parcial desde una zona más extensa cubierta por la penumbra. Desde el resto de la Tierra no es posible observar el eclipse.



Los eclipses de luna ocurren cuando nuestro satélite pasa a través del cono de sombra de la Tierra. Como la luna carece de luz propia, se hace casi invisible durante los eclipses. Cada eclipse de luna puede ser visto desde todo el hemisferio donde sea de noche.

Aunque ocurren más eclipses de sol que de luna, más personas han visto un eclipse de luna que uno de sol. Esto se debe a que por la pequeña zona relativa de la zona desde la cual puede ser observado cada eclipse solar, hay muchas personas que nunca han visto uno.

Los astrónomos pueden calcular con gran exactitud el momento en que se producirán los eclipses y su duración. Un astrónomo calculó todos los eclipses que ocurrieron desde el año 1207 antes de Cristo hasta los que ocurrirán en el año 2162 de nuestra era.

En una localidad cualquiera solamente hay la posibilidad de observar un eclipse de sol una vez cada 360 años como promedio. El primer eclipse de sol, del cual se tiene noticia, ocurrió hace más de 4 000 años, según los documentos chinos, y por no haberlo anunciado a tiempo los dos astrónomos oficiales de la corte imperial fueron decapitados, ya que los antiguos chinos estimaban que un dragón intentaba devorar el sol durante los eclipses y debían estar advertidos para hacer todo el ruido posible y espantar así al dragón. Según el astrónomo austriaco Oppolzer, quien realizó los cálculos sobre los eclipses a que ya hicimos referencia, este primer eclipse, del cual hay noticia, fue visible en China el día 22 de octubre del año 2137 antes de Jesucristo y ocurrió 1 400 años antes que cualquiera de los eclipses registrados por otras naciones.

Los astrónomos han calculado la fecha del nacimiento de Cristo partiendo de la fecha del eclipse de luna, que ocurrió al morir Herodes, el día 13 de marzo del año 3 antes de nuestra era.

Los cálculos de los astrónomos permiten anticipar los eclipses con gran exactitud. Así sabemos que en 26 de febrero de 1979 será visible un eclipse solar en el Noroeste de Estados Unidos y en Canadá.

El año 1977 resultó particularmente interesante para la América del Sur, donde fueron visibles dos eclipses de sol, uno el 18 de abril y el otro el 12 de octubre, que fue visto como total desde una parte de Venezuela.

FIG. 43. ESQUEMA DE UN ECLIPSE DE LUNA. Durante la noche del eclipse, éste puede ser visto desde todo un hemisferio.

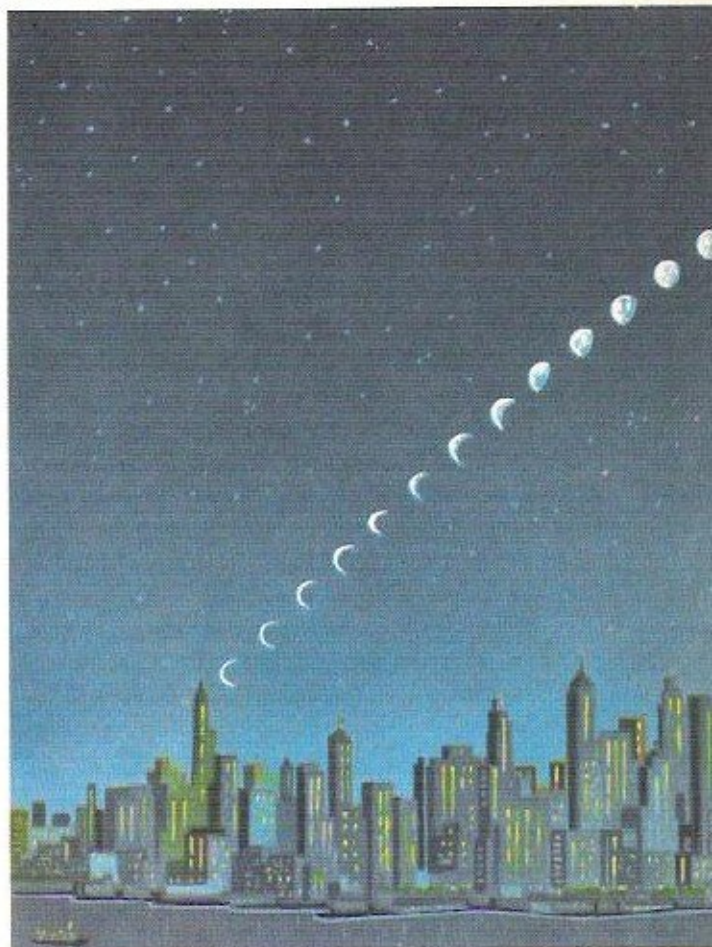


FIG. 44. Fotografías en serie de un eclipse de luna registrado el 15 de julio de 1954. En primer plano la ciudad de New York.

Entre los eclipses de sol futuros se anuncian, como visibles desde la América del Norte, uno en 1984 y desde la América Central dos, en 1991 y 1998.

En distintas regiones de la América del Sur podrán ser observados eclipses totales de sol en 1887, 1991 y 1994.

En 11 de julio de 1991 un eclipse de sol será visible a través de México, la América Central, norte de la América del Sur y Brasil.

El sistema solar lo constituyen el sol, que es su centro; nueve planetas conocidos; 31 satélites o lunas de los planetas; varios millares de planetoides; innumerables millones de meteoritos y numerosos cometas.

El sol es una estrella relativamente pequeña, de avanzada edad, pero por su cercanía a la tierra nos luce el astro mayor y más brillante del Universo.

La energía solar es la fuente de luz y calor de la tierra. Sin ella no podría haber vida sobre nuestro planeta.

Los planetas conocidos son nueve. Por orden de distancia del sol son: Mercurio, Venus, la Tierra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno y Plutón.

Todos los planetas giran en torno al sol. No son luminosos y la luz tenue que presentan, es reflejada del sol. Todos los planetas poseen, además de su movimiento de traslación alrededor del sol, un movimiento de rotación en torno a un eje.

El movimiento de traslación de los planetas en torno al sol, y de los satélites en torno a los planetas, es explicado por la gravitación universal.

Entre las órbitas de Marte y Júpiter se encuentran varios millares de pequeños planetas o planetoides. Los planetas situados entre los planetoides y el sol son llamados interiores (Mercurio, Venus, la Tierra y Marte) y exteriores los restantes.

Seis planetas poseen satélites. Los planetas que poseen mayor número de satélites son Júpiter (doce), Saturno (nueve) y Urano (cinco).

Los cometas son astros constituidos por pequeñas partículas de rocas y minerales, que forman el núcleo, el cual está envuelto por

gases, que constituyen la coma. Algunos cometas describen órbitas alrededor del sol y son visibles cada cierto número de años. Otros cometas no pertenecen al sistema solar.

Los meteoritos son pequeños cuerpos celestes que, al entrar en contacto con la atmósfera de la tierra, se incendian. Algunos de mayor tamaño caen sobre la superficie terrestre.

La luna es el único satélite de la tierra y el astro más cercano a nuestro planeta.

El movimiento de traslación de la luna alrededor de la tierra dura unos 27 días y un tercio. Como su movimiento de rotación dura casi igual tiempo, la luna siempre presenta el mismo hemisferio hacia la tierra.

Por las distintas posiciones que ocupan relativamente en el espacio la luna, la tierra y el sol, no podemos ver siempre completo el hemisferio lunar. Las variaciones en la zona iluminada de la luna da lugar a las fases, que son cuatro: luna nueva, cuarto creciente, luna llena y cuarto menguante.

La ocultación del sol por el cono de sombra de la luna, da lugar a un eclipse de sol.

La ocultación de la luna, por el cono de sombra de la tierra, da lugar a un eclipse de luna.

Cada año ocurren, por lo menos, dos eclipses y pueden llegar a ocurrir siete.

Los eclipses de sol son más frecuentes que los de la luna, pero como el cono de sombra de la luna sólo puede ocultar una pequeña parte de sol, un eclipse de sol es visible sólo en una faja muy reducida de la tierra, mientras uno de la luna es visible desde todo el hemisferio donde es noche durante el período de eclipse.

La tierra combina una serie de ventajas que no poseen los demás planetas del sistema solar. No es el mayor de los planetas, pero tampoco es el más pequeño; no es ni el más caliente ni el más frío; ni el de movimientos más rápidos ni más lentos; ni el más distante del sol ni el más próximo. Esta moderación de la tierra ha facilitado el desarrollo de la vida en su superficie.

19. Forma de la tierra. La tierra es redonda, es decir, posee forma esférica; pero como no es una esfera perfecta puede decirse que es un *esferoide*, o sea, «parecida a una esfera».

Algunos prefieren decir que la tierra es un *geoide*, lo que indica que su forma es característica, ya que *geoide* significa «parecido a la tierra».

Aunque las elevaciones y depresiones de la superficie terrestre, que forman los continentes y los

océanos impiden la esfericidad perfecta de nuestro planeta, tales diferencias del relieve apenas se destacan cuando se observa una gran extensión de la superficie terrestre, como se ve en la figura 48

Mucho más importante es que, debido a su movimiento de rotación, la tierra está ligeramente achatada hacia los polos y abultada en el ecuador. La circunferencia de la tierra en el ecuador es 67 Km. mayor que la circunferencia polar.

20. Por qué la tierra es esférica. Se cree que la tierra tuvo siempre su forma actual, pero en el caso de que no hubiera sido así, con el tiempo habría adoptado su forma presente. Esto se debe a que el movimiento de rotación, unido a la fuerza de la gravedad, que atrae a todos los cuerpos hacia el centro de la tierra, hubieran provocado desplazamientos de las rocas hasta hacerla esférica. La relativa *plasticidad* de las rocas que forman la corteza terrestre ha facilitado la adopción de esta forma esférica.

21. Pruebas de la redondez de la tierra. Nos basta observar una de las impresionantes fotografías de la totalidad de la esfera terrestre logradas por los astronautas del programa espacial Apolo (figuras 48 y 49) para confirmar la redondez de nuestro planeta. A partir de 1945 las fotografías tomadas mediante cámaras colocadas en proyectiles cohetes, que se elevaban ya a centenares de kilómetros, permitieron advertir la curvatura de la superficie terrestre pues abarcaban áreas muy extensas.

Nadie puede dudar hoy de la esfericidad de nuestro planeta, pero si miramos únicamente el horizonte inmediato, la tierra nos lucirá plana. La visión nos engaña, como engañó a nuestros antepasados que vivieron durante los tiempos más remotos de la historia humana.

Algunos sabios griegos advirtieron hace más de dos mil años que la tierra es redonda (figura 46) y uno de ellos llegó a medir su circunferencia

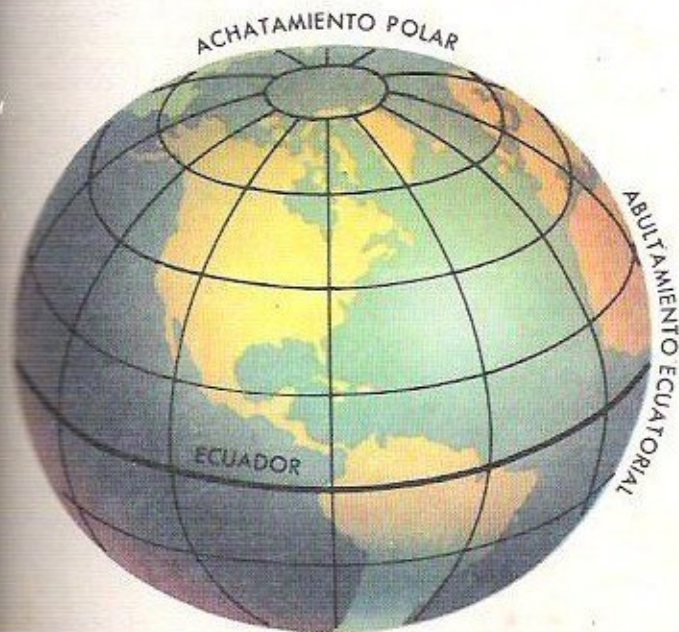


FIG. 45. LA TIERRA NO ES UNA ESFERA PERFECTA sino un *esferoide*. Como su forma es distinta a la de cualquier otro sólido, se acostumbra a decir que la tierra es un *geoide*, o sea, una esfera parecida a la tierra misma.

LOS GRIEGOS ADVIRTIERON QUE LA TIERRA ERA ESFERICA Y MIDIERON SU CIRCUNFERENCIA



FIG. 46. Aristóteles advirtió que la tierra es redonda al comprobar que desde puntos situados a grandes distancias no se observan las mismas estrellas. En el ejemplo del grabado una estrella puede ser vista desde California (A) y ser invisible para un viajero que se acerca a la costa atlántica de Estados Unidos, rumbo a New York (B). Si la tierra fuese plana las mismas estrellas serían visibles desde todos los puntos de su superficie, pues la curvatura de la superficie terrestre no impediría la visión.

Los antiguos griegos fueron los primeros en advertir que nuestro planeta es esférico. Aristóteles, quien vivió hace unos veintitrés siglos, indicó que la tierra era redonda. Basó su afirmación en que algunas estrellas, que eran visibles desde Grecia, no podían ser vistas desde Egipto, situado al Sur. En la figura 46, se observa que la curvatura de la superficie terrestre es la causa de ello, como señalara Aristóteles.

Más tarde otro sabio griego, Eratóstenes, geógrafo y astrónomo de Alejandría, logró medir, por primera vez, la circunferencia terrestre. Eratóstenes supo que en Siena (hoy llamada Asuán), ciudad del sur de Egipto, la luz llegaba verticalmente hasta el fondo de un pozo el mediodía del 21 de junio. En Alejandría, al norte de Siena, a la misma hora de ese día los rayos solares formaban un ángulo de 7.2° con una pared vertical, según se observa en el grabado. Como Eratóstenes sabía que los rayos solares pueden considerarse paralelos entre sí, aplicando un sencillo teorema geométrico dedujo que el ángulo de 7.2° , formado por la sombra de la pared, era igual al ángulo que en el centro

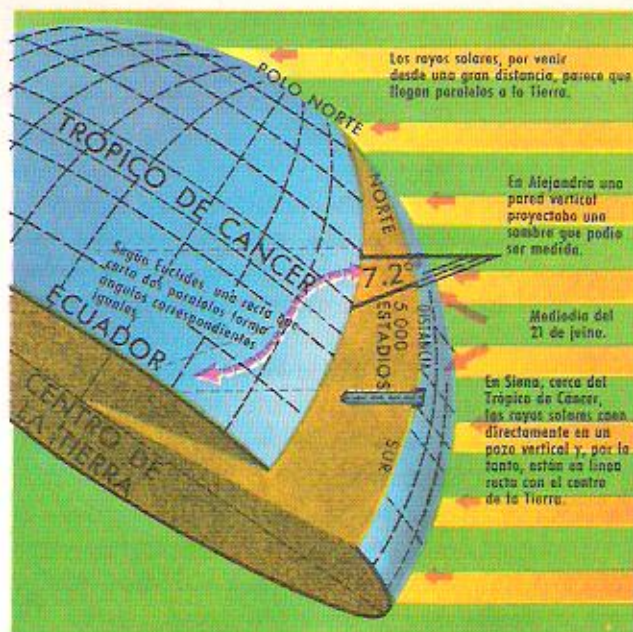


FIG. 47. COMO FUE MEDIDA HACE MAS DE 2 000 AÑOS LA CIRCUNFERENCIA TERRESTRE.

de la tierra formaban los radios de las ciudades de Siena y Alejandría. El teorema dice que una recta que corta líneas paralelas forma ángulos correspondientes; y que los ángulos correspondientes son iguales entre sí.

Entre ambas ciudades había una distancia conocida, 5 000 estadios, luego 7.2° de la circunferencia terrestre equivalían a 5 000 estadios. Como la circunferencia tiene 360° , o sea, 50 veces 7.2° , bastó a Eratóstenes multiplicar 5 000 por 50 para obtener la cifra total de la circunferencia terrestre: 250 000 estadios. Esta cifra equivale a 40 500 kilómetros. La circunferencia terrestre es de unos 40 000 kilómetros. El error de Eratóstenes fue solamente de 500 kilómetros y se debió a que Siena y Alejandría no se encuentran exactamente en el mismo meridiano.

con un error relativamente pequeño (figura 47). Este conocimiento fue olvidado, y muchos siguieron pensando siglos después que la tierra era plana.

Cuando después del descubrimiento de América, Juan Sebastián Elcano completó el viaje alrededor del mundo que había comenzado bajo la dirección de Fernando de Magallanes, navegando siempre hacia el Oeste, nadie pudo albergar dudas sobre la esfericidad de la tierra.

En el proceso por el cual el hombre llegó a aceptar la redondez terrestre hubo varias pruebas que fueron ofrecidas sucesivamente. Estas pruebas fueron:

1) Todos los planetas son esféricos y no hay razón para pensar que la tierra es una excepción.

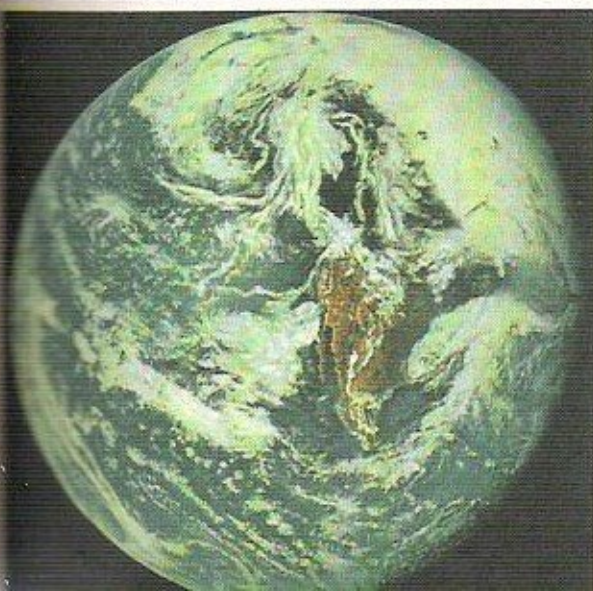
2) La forma en que los buques aparecen y desaparecen en el horizonte.

Si desde la orilla del mar se observa la partida de un buque al irse alejando lo primero que se oculta es el casco; después el puente y, por último, las chimeneas. Si la tierra fuera plana, se estaría viendo el buque completo, aunque cada vez de menor tamaño, hasta perderse en el horizonte.

La forma en que se ve desaparecer el buque prueba que hay una curvatura en la superficie terrestre, pero como desde cualquier puerto que zarpe un buque, desaparecerá siempre en la misma forma y a iguales distancias, no hay duda que la



FIG. 48. LA ESFERA TERRESTRE aparece en forma impresionante en la presente fotografía, tomada por los astronautas del Apolo VIII. La configuración de la América del Sur se observa en su casi totalidad, al igual que la cuenca del mar Caribe, donde destacan con gran claridad las islas de Cuba, Jamaica, La Española y Puerto Rico. El color azul que caracteriza a la tierra en el espacio, domina la fotografía, en tanto que densas masas de vapor de agua, condensadas en forma de nubes, nos recuerdan que la atmósfera, ese elemento vital de nuestro planeta, es parte integrante e inconfundible de la tierra (Foto cortesía de la NASA).



LA TIERRA FOTOGRAFIADA DESDE EL ESPACIO

FIG. 49. LA AMERICA DEL NORTE constituye el elemento más visible de esta fotografía de la totalidad de la esfera terrestre tomada por los astronautas del Apolo XI. La magnitud gigantesca del océano Pacífico domina gran parte de la fotografía (Foto cortesía de la NASA).

tierra es una esfera, que es el único sólido cuya curvatura es igual en todas las distancias.

3) *El aumento del horizonte visible con el ascenso del observador.*

Si una persona sube a una torre, o asciende en un avión sobre una región llana y mira en torno, notará que el horizonte presenta forma circular y que según va ascendiendo aumenta el área que abarca el círculo del horizonte. Si la tierra no fuera esférica, el círculo del horizonte visible sería siempre igual.

Una persona de estatura normal tiene un campo de visión de unos 4.6 Km² en un día despejado, pero si asciende a una torre o a un edificio de 30 metros de altura, su vista abarcará 21 Km². Desde un avión que vuele a 7 500 metros de altitud podemos ver un área de casi 300 Km².

4) *La sombra de la tierra en los eclipses.*

Cuando la tierra se interpone entre el sol y la luna ocurre un eclipse de luna. Durante este eclipse la sombra de la tierra es la que oculta a la luna y esta sombra es siempre circular. Como la tierra gira mientras dura el eclipse, si su forma no fuera esférica su sombra no sería circular en todo momento, pues solamente una esfera es igualmente curvada en toda su superficie.

5) *Los viajes alrededor del mundo.*

La prueba decisiva de la esfericidad terrestre

fueron los viajes de circunnavegación, pero una vuelta al mundo, navegando en la misma dirección, prueba solamente que la superficie terrestre es ligeramente curva. La prueba real es que todos los viajes de circunnavegación aérea, cuyas rutas siguen los llamados círculos máximos (figura 82), requieren recorridos de igual duración.

22. Consecuencias de la redondez de la tierra. La forma esférica de la tierra tiene varias consecuencias importantes:

1) *La diferencia de temperatura y de iluminación entre las distintas regiones de nuestro planeta.*

Si la tierra fuera plana toda su superficie recibiría igual cantidad de energía solar; no habría entonces diferencias de temperatura entre las distintas regiones de nuestro planeta. Pero como la tierra es esférica, la zona ecuatorial recibe los rayos solares casi verticalmente, mientras la inclinación de los rayos se va haciendo mayor desde el ecuador hacia los polos.

Mientras mayor es la inclinación de los rayos solares mayor es el área que cubre la misma cantidad de insolación y, en consecuencia, la intensidad de la insolación es menor, según indica la figura 50. Por ello, mientras en las regiones ecuatoriales hay mucho calor, en los polos hay frío todo el año.

2) *Las diferencias de clima y de vegetación entre las distintas regiones.*

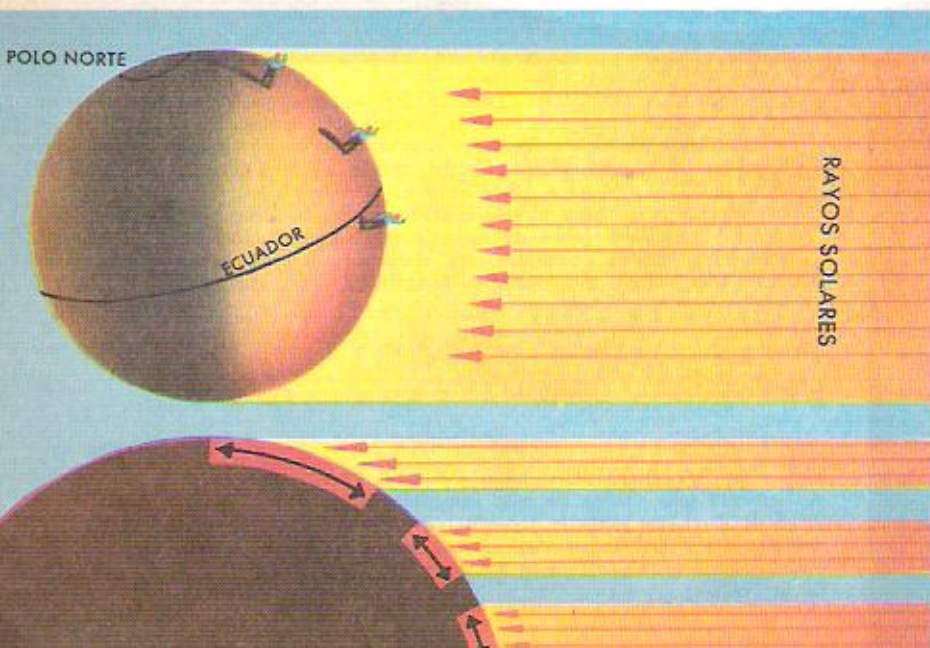


FIG. 50. Como la superficie de la tierra es esférica, la inclinación con la cual llegan a la superficie los rayos solares varía mucho, según la latitud. En las inmediaciones del ecuador, todo el año llegan los rayos solares casi verticalmente, en tanto en las regiones polares siempre llegan muy inclinados.

Así vemos, en el diagrama de la parte inferior, que la misma cantidad de insolación cubre áreas diferentes. En las proximidades del ecuador el área cubierta es relativamente pequeña y, por lo tanto, la insolación origina temperaturas más altas. Según nos vamos alejando del ecuador el área cubierta por la misma cantidad de insolación es mayor, lo que hace más bajas las temperaturas medias. En las altas latitudes, o sea, en las áreas próximas a los polos, la inclinación de los rayos solares es muy marcada y el área que ocupan es muy extensa, lo que determina la existencia de temperaturas muy bajas durante todo el año.

Como la temperatura es uno de los elementos fundamentales del clima, las diferencias entre las temperaturas de las distintas regiones determinan importantes diferencias de clima. Los griegos clasificaron los climas en tórridos, templados y fríos, de acuerdo con la inclinación u oblicuidad de los rayos solares al llegar a distintas zonas de la tierra. Precisamente clima significa *inclinación* en griego (figura 186).

La vegetación de las distintas regiones depende mucho de la temperatura. Los diferentes tipos de vegetación son así, en gran parte, una consecuencia de la esfericidad de la tierra.

3) *El peso casi uniforme de los cuerpos en todos los puntos de la tierra.*

Como la tierra es casi esférica, todos los puntos de su superficie están aproximadamente a igual distancia de su centro. El peso de los cuerpos representa la fuerza de atracción de la gravedad hacia el centro de la tierra; y como la distancia al centro de la tierra es en todas partes prácticamente igual, todos los cuerpos pesan casi igual en todos los puntos de la tierra.

Esta igualdad del peso facilita el comercio, pues si un cuerpo pesara más en un lugar que en otro sería muy difícil el intercambio de mercancías.

Debido a la diferencia que existe entre la distancia de los polos al centro de la tierra (6 357 Km) y de un punto situado en el ecuador al centro de la tierra (6 378 Km) los cuerpos pesan ligeramente más según nos alejamos del ecuador y nos acercamos a los polos. Esta diferencia, que sirve para probar que la tierra no es una esfera perfecta, es tan pequeña que no afecta el intercambio comercial.

23. Principales dimensiones de la tierra.

Dos siglos y medio antes de Cristo un sabio griego, Eratóstenes, calculó en Egipto, con sorprendente aproximación, la circunferencia de

Nuestro planeta es una esfera en movimiento. La tierra se encuentra sometida a tres movimientos principales:

- 1) Un movimiento de rotación, sobre su eje, que realiza en un período de casi 24 horas (un día);
- 2) un movimiento de traslación alrededor del sol, que realiza en un período aproximado de 365 días (un año); y

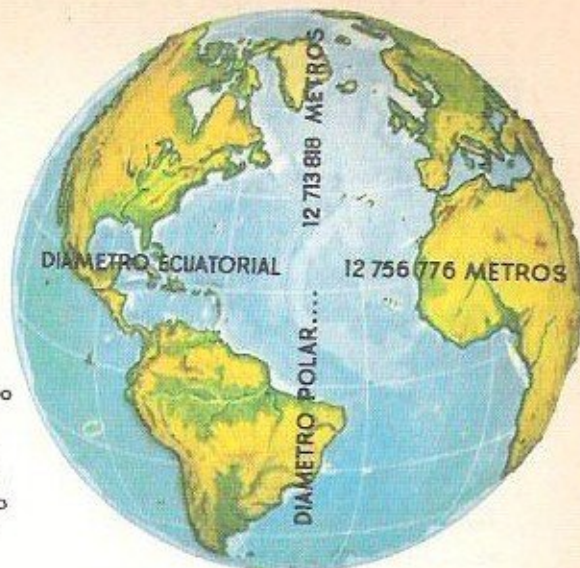


FIG. 51.
El diámetro polar de la tierra es 43 Km. menor que el diámetro ecuatorial.

la esfera terrestre (figura 47). La ciencia moderna ha logrado cálculos muy precisos de las dimensiones de la tierra, las cuales son, en kilómetros, las siguientes:

Diámetro ecuatorial	12 756 Km.
Diámetro polar	12 713 Km.
Diferencia	43 Km.

Esta diferencia entre ambos diámetros se debe al achatamiento de nuestro planeta por los polos y a su abultamiento en el ecuador.

Como consecuencia de lo anterior también hay una diferencia apreciable entre las circunferencias de la tierra medidas en el ecuador y en los polos. Así, tenemos:

Circunferencia ecuatorial	40 076 Km.
Circunferencia polar	40 009 Km.
Diferencia	67 Km.

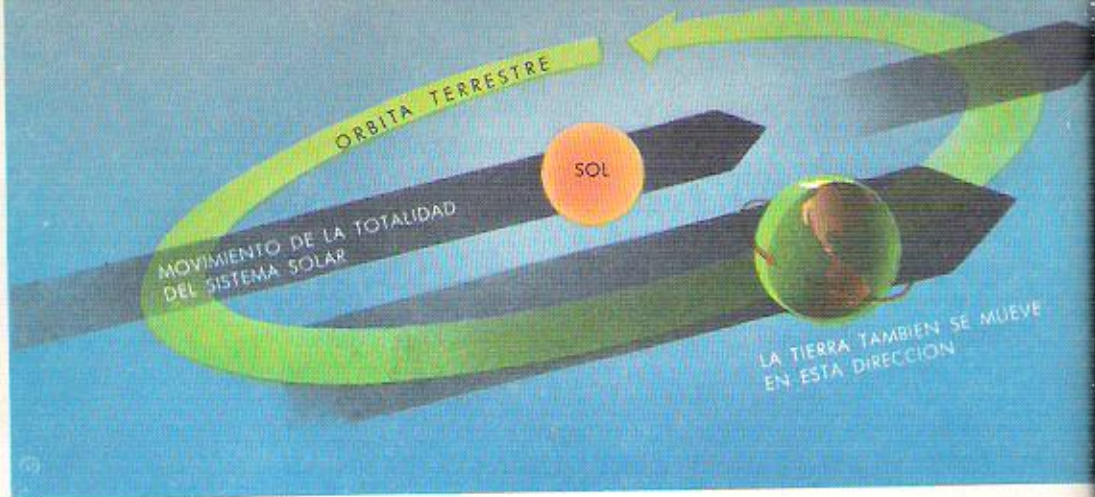
Superficie total de la tierra	510 000 000 Km. ²
Volumen de la tierra	1 083 000 000 Km. ³

MOVIMIENTOS DE LA TIERRA

3) el movimiento que realiza junto con los demás astros integrantes del sistema solar siguiendo al sol en su traslación en torno al centro de la Vía Láctea.

24. **Movimiento de rotación.** La tierra gira sobre sí misma, en torno a un eje cuyos extremos son los polos. Cada 24 horas, aproxima-

FIG. 52.
ESQUEMA DE LOS
PRINCIPALES
MOVIMIENTOS
DE LA TIERRA.



damente ⁽¹⁾, la tierra completa una vuelta sobre su eje; este es el período que llamamos *día*.

La tierra realiza su movimiento de rotación de oeste a este, a una velocidad de unos 27 kilómetros por minuto en el ecuador. Esta velocidad disminuye desde el ecuador hacia los polos (figura 53).

Hasta hace poco más de 400 años los hombres creían que la tierra se mantenía inmóvil en el espacio y que los demás astros se movían a su alrededor. Esta creencia se basaba en lo que podemos observar a simple vista. Cada amanecer nos parece ver salir el sol por el este, ascender en el cielo hasta el mediodía, para luego comenzar a descender hasta que se pone por el oeste. Con la puesta del sol comienza la noche. Este movimiento aparente de la esfera celeste es, precisamente, una consecuencia de la rotación de la tierra. Somos nosotros quienes nos movemos con nuestro planeta.

El movimiento de rotación de la tierra fue com-

(1) Exactamente cada 23 horas, 56 minutos y 4 segundos.

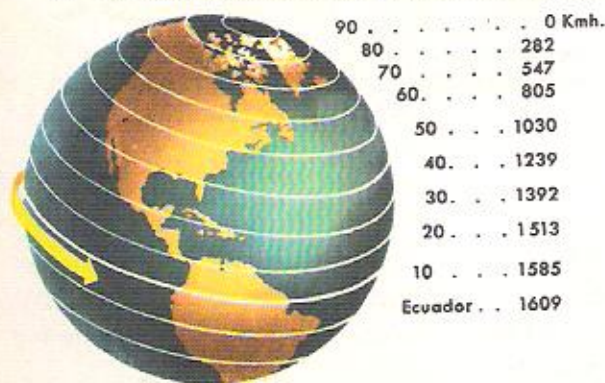


FIG. 53. LA ROTACION TERRESTRE. El movimiento de rotación de la tierra puede considerarse en dirección contraria al de las agujas de un reloj. La velocidad de la rotación terrestre va disminuyendo desde el ecuador hacia los polos, donde es prácticamente nula.

probado el pasado siglo mediante el notable experimento de Foucault (figura 54). Otra prueba mucho más sencilla consiste en las fotografías de las estrellas tomadas durante la noche con exposición muy prolongada (figura 56).

25. Consecuencias de la rotación de la tierra. El movimiento de rotación de la tierra tiene consecuencias muy importantes para el hombre. Entre ellas figuran:

1) La sucesión de los días y las noches.

En todo instante una mitad de la tierra o hemisferio se encuentra iluminado por los rayos solares, mientras la otra mitad está en tinieblas. En el hemisferio iluminado es *día* y en el otro es *noche*. Si la tierra fuera una esfera inmóvil siempre sería *día* en el hemisferio situado frente al sol y *noche* en el opuesto; pero como la tierra se mueve, en cada hemisferio se producen cada 24 horas un *día* (12 horas) y una *noche* (12 horas) (figura 57).

La sucesión de los días y las noches influye decisivamente sobre los hábitos de vida del hombre, pues determina los períodos de actividad y los de descanso.

2) La forma achatada de la tierra.

El abultamiento de la tierra en el ecuador y su achatamiento por los polos es una consecuencia de la fuerza centrífuga desarrollada por la tierra en su rotación, la cual actúa sobre los materiales que forman nuestro planeta. En algunos planetas, como Júpiter, de rotación más rápida y estructura gaseosa, el achatamiento es aún mayor que en la tierra (figura 23).

PRUEBAS DE LA ROTACION DE LA TIERRA

La primera demostración científica del movimiento de rotación de la tierra fue realizada en 1851, cuando Leon Foucault suspendió una esfera de hierro, desde lo alto del Panteón de París, empleando un alambre de acero de más de 60 metros de largo. En la porción inferior de la esfera fue colocado un alfiler, de manera que dejara un pequeño surco cuando se moviera sobre la capa de arena con que fue cubierto el piso. El largo péndulo fue puesto en movimiento con todo cuidado, para evitar que se desviara; por su gran longitud se movía lentamente, pero se mantuvo oscilando durante varias horas. Como ninguna fuerza actuaba sobre el péndulo para variar su dirección, su movimiento se mantuvo —como ocurre con todos los péndulos— en el mismo plano. Pronto se observó que los pequeños surcos trazados por el alfiler en la arena, cambiaban con cada oscilación. La única explicación posible era que el piso, y también la tierra, se estaban moviendo bajo el péndulo. Si el péndulo se colocara sobre uno de los polos la rotación bajo la esfera sería un círculo completo cada 24 horas. En el ecuador, en cambio, no se registraría el movimiento.

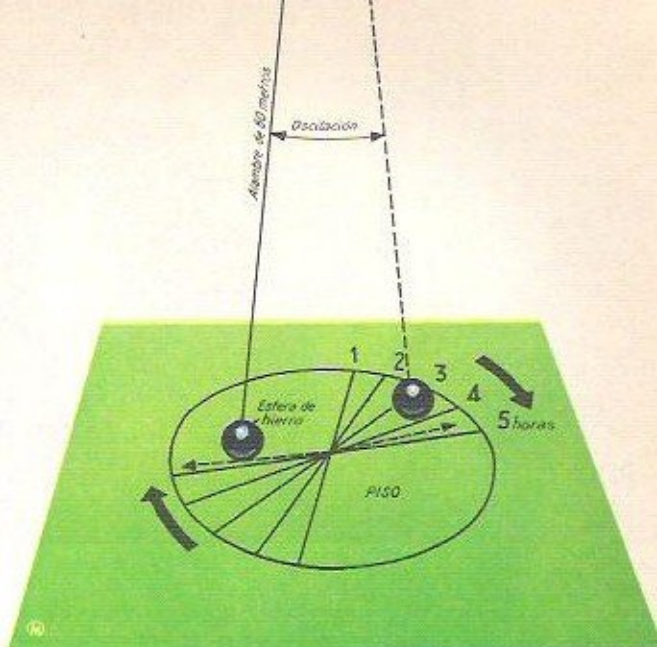


FIG. 54. El experimento del péndulo de Foucault prueba la rotación de la tierra. Obsérvese en el diagrama la rotación del piso en cinco horas.

FIG. 55. El experimento de Foucault se repite todos los días en el Museo de Ciencias e Industrias de la ciudad de Chicago, empleando el péndulo que aparece en la fotografía.

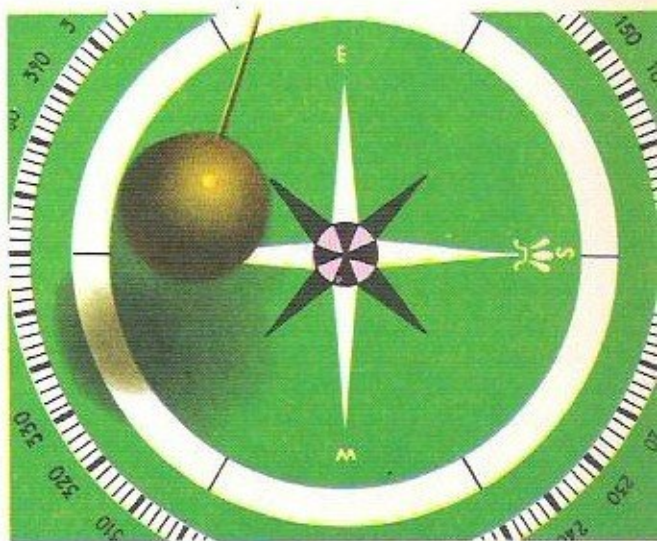
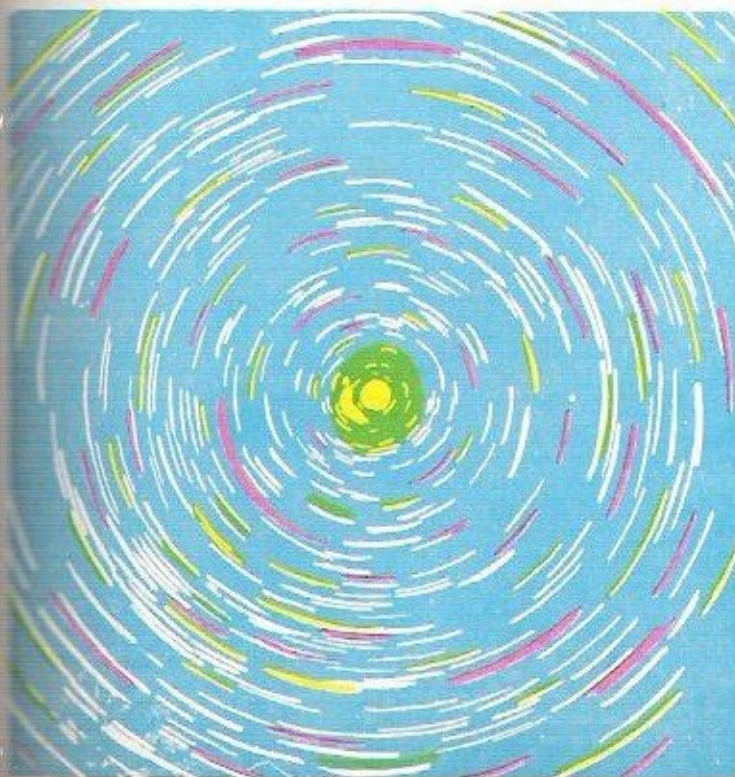


FIG. 56. UNA FOTOGRAFIA DE LARGA EXPOSICION PRUEBA LA ROTACION TERRESTRE. Si enfocamos la estrella Polar y dejamos abierto el obturador de una cámara fotográfica durante largo tiempo, las estrellas aparecerán en la fotografía formando círculos luminosos. Como las estrellas no se mueven, y la cámara se mantuvo fija, el movimiento circular no puede tener otro origen que la rotación terrestre. Esta fotografía fue tomada junto al observatorio de Monte Palomar y la exposición fue de siete horas.

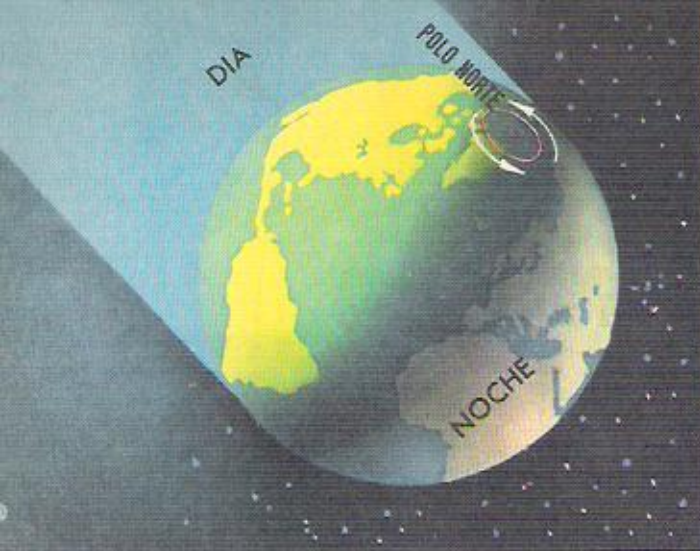


FIG. 57. LA SUCESION DE LOS DIAS Y LAS NOCHES. Mientras es de día en el hemisferio situado frente al sol, es de noche en el opuesto. Entre ambos hemisferios se extiende una ancha faja de penumbra, que corresponde a los crepúsculos (matutino y vespertino) que anteceden y suceden a las horas luminosas del día, haciendo poco precisa la transición del día a la noche y viceversa.

3) Los puntos cardinales.

Si la tierra fuera una esfera inmóvil no podríamos determinar los puntos cardinales que hacen posible la orientación. El norte y el sur existen porque son los extremos del eje en torno al cual gira la tierra. Al rotar, la tierra se mueve de oeste a este. Estos cuatro puntos constituyen la base del sistema de orientación que utilizamos (§ 38).

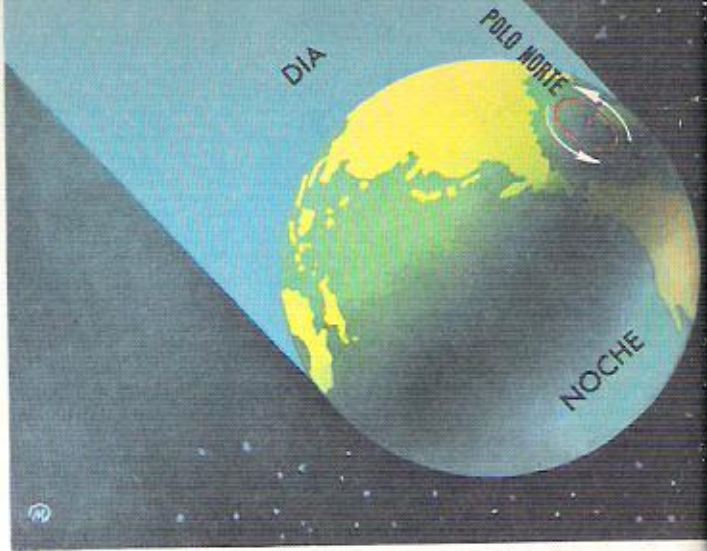
4) El movimiento aparente de la esfera celeste.

Ya vimos que el movimiento de los astros en torno a la tierra no existe realmente, sino que su apariencia se origina en el movimiento de rotación de nuestro planeta (figura 56).

5) La desviación de los cuerpos en su caída y de los vientos y las corrientes marinas.

La rotación terrestre hace que los cuerpos al caer desde grandes alturas se desvíen. La desviación de los vientos y de las corrientes marinas (figura 58) es también consecuencia de la rotación terrestre.

26. Movimiento de traslación. Al mismo tiempo que gira sobre sí misma, la tierra se mueve alrededor del sol. Este movimiento de tras-



lación lo completa nuestro planeta cada 365 días y cuarto.⁽¹⁾, que constituyen un año.

La circunferencia que describe la tierra en su movimiento de traslación es llamada *órbita*. La órbita terrestre mide unos 930 millones de kilómetros y es recorrida por nuestro planeta a una velocidad de 29.7 Km por segundo.

La órbita de la tierra, como las órbitas de todos los planetas, no es una circunferencia perfecta, sino ligeramente elíptica. Debido a esto la distancia de la tierra al sol varía durante el año. Cuando la tierra está más cerca del sol (*perihelio*), en los primeros días de enero, la distancia entre ambos

(1) Exactamente cada 365 días, 5 horas y 48 minutos.

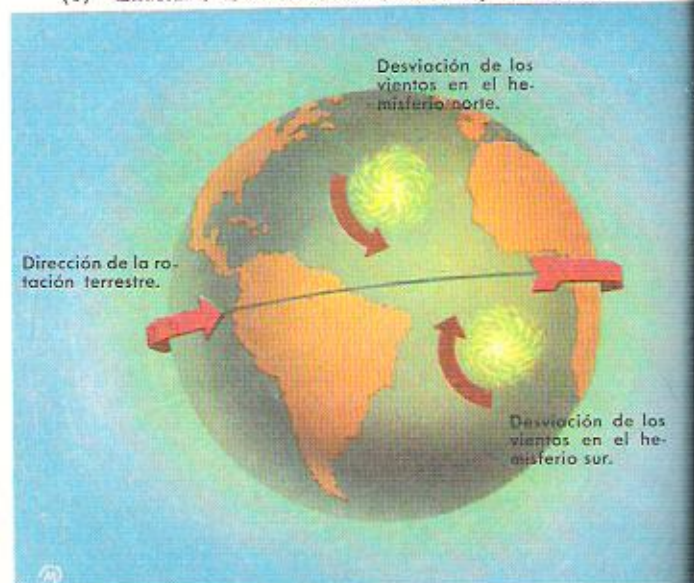


FIG. 58. LA ROTACION TERRESTRE modifica la circulación de los vientos planetarios y ciclónicos y de las corrientes marinas. En el hemisferio norte los vientos y las corrientes tienden a moverse en dirección contraria a las manecillas del reloj y en el hemisferio sur en la dirección de las manecillas, como se observa en el presente esquema.

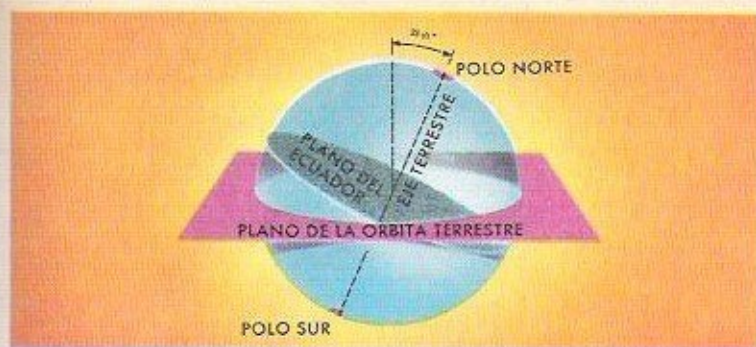
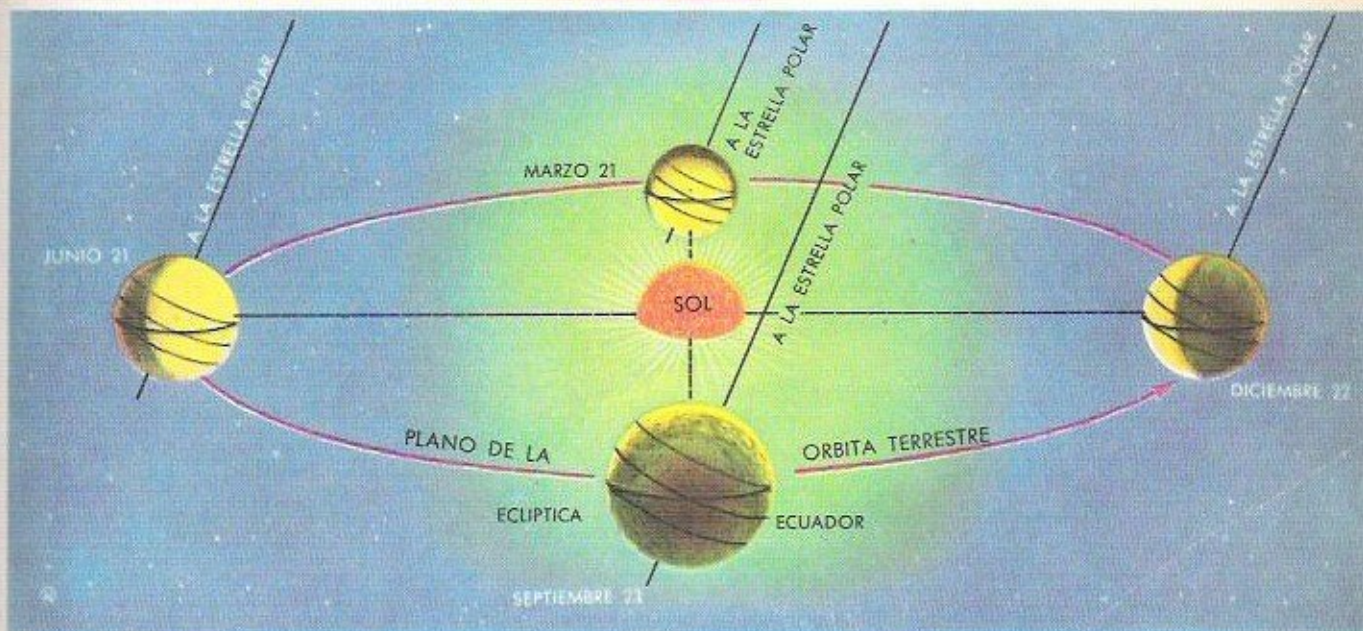


FIG. 59. El eje terrestre mantiene siempre la misma inclinación ($23\frac{1}{2}^{\circ}$) en relación con el plano de la órbita terrestre o eclíptica, mientras nuestro planeta realiza su movimiento de traslación alrededor del sol.



astros es cerca de 5 000 000 de kilómetros menor que cuando se encuentran a la mayor distancia (*afelio*), a principios de julio.

27. La inclinación del eje terrestre. El eje en torno al cual gira la tierra no se mantiene vertical al plano de la órbita terrestre o eclíptica, sino que presenta una inclinación de unos 23 grados y medio ⁽¹⁾

La inclinación del eje terrestre y el movimiento de traslación, combinados, tienen distintas consecuencias que poseen importancia geográfica, tales como:

1) la distribución desigual de la luz y el calor solares recibidos por cada región de la tierra en el transcurso del año, lo que da lugar a las estaciones;

2) la distinta duración del día y de la noche en las diferentes épocas del año.

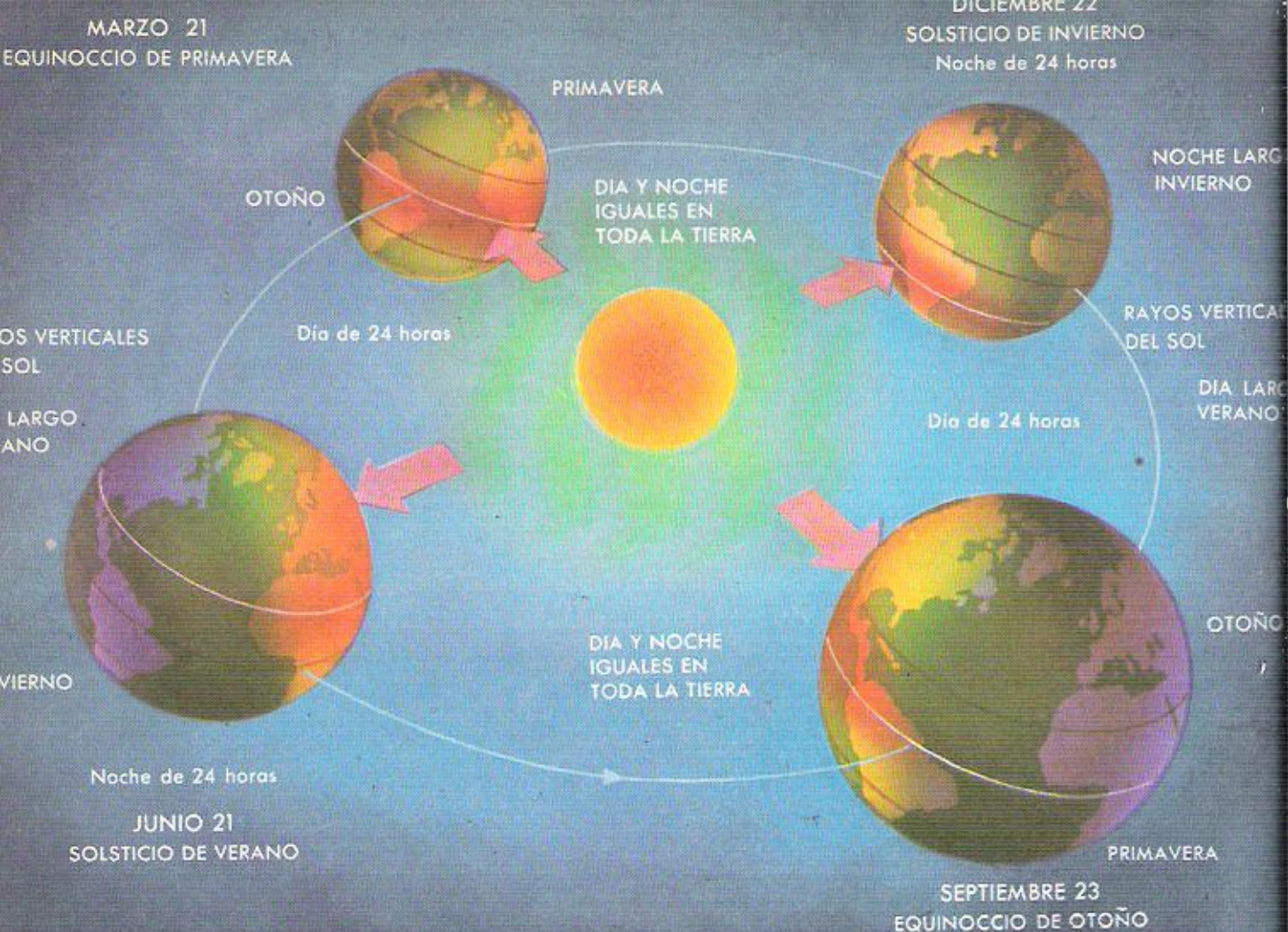
(1) Exactamente $23^{\circ} 27' 30''$.

28. Posiciones relativas de la tierra y el sol. Si el eje terrestre no estuviera inclinado ligeramente hacia el sol, cada punto de la tierra recibiría igual cantidad de calor y luz solares durante todo el año.

Debido a la inclinación del eje terrestre los hemisferios norte y sur reciben mayor cantidad de luz y calor durante unos meses, y menor durante otros. Estas variaciones, en la cantidad de luz y calor que reciben las distintas partes de la tierra en el transcurso del año, dan lugar a las estaciones.

De marzo a septiembre el hemisferio norte se encuentra inclinado hacia el sol y recibe más calor y luz que el hemisferio sur; de septiembre a marzo la situación cambia, y es entonces el hemisferio sur el que recibe mayor cantidad de calor y luz solares.

29. Las estaciones. Los cambios que se producen en la temperatura y la duración del día según la época del año, dan lugar a las estaciones.



COMO SE SUCEDEN LAS ESTACIONES DURANTE EL AÑO

FIG. 60. El 21 de junio el polo norte está muy inclinado hacia el sol. Los rayos solares llegan verticalmente hasta el paralelo situado a $23^{\circ} 27'$ de latitud norte, al cual se denomina **trópico de Cáncer**. En este día, llamado **solsticio de verano**, los rayos solares llegan a los puntos situados más al norte que pueden alcanzar verticalmente. Con el solsticio de verano comienza el verano en el hemisferio norte.

Durante el verano los días son más largos y las noches más cortas. Debido a que los rayos solares caen más verticalmente sobre el hemisferio norte, recibe éste más calor. Por todos estos factores, el verano es la estación más calurosa del año.

Mientras en el hemisferio norte es verano, en el hemisferio sur es invierno.

El verano dura tres meses. El 23 de septiembre la tierra, en su recorrido, pasa frente al sol en forma tal, que los rayos solares alcanzan en igual forma ambos hemisferios. Este día en todo el planeta el día y la noche tienen igual

duración, por lo cual el 23 de septiembre es denominado **equinoccio de otoño** (equinoccio-noches iguales). Este día comienza el otoño en el hemisferio norte y la primavera en el hemisferio sur.

El 22 de diciembre es el polo sur el que se inclina hacia el sol. Los rayos solares caen entonces verticalmente sobre el **trópico de Capricornio**, o sea, el paralelo situado a $23^{\circ} 27'$, al sur del ecuador. El día 22 de diciembre corresponde al solsticio de invierno, que señala el comienzo del invierno en el hemisferio norte y el inicio del verano en el hemisferio sur.

El 21 de marzo, cuando ya la tierra ha completado tres cuartas partes de su recorrido anual, pasa frente al sol en forma semejante a la del equinoccio de otoño. Este día, por segunda vez en el transcurso del año, el día y la noche tienen igual duración (doce horas) en toda la tierra. Es el **equinoccio de primavera**, día en el cual da comienzo la primavera en el hemisferio norte y se inicia el otoño en el hemisferio sur.

El movimiento de traslación de la tierra en torno al sol y la inclinación del eje terrestre tienen como consecuencia, según vemos, la sucesión de las estaciones.

Las estaciones son cuatro: *verano, otoño, invierno y primavera*.

En la denominada zona tropical la temperatura es relativamente alta todo el año; en las zonas

polares hay frío todos los meses del año; pero en las zonas templadas los cambios en la temperatura y en la duración de los días y las noches son muy marcados durante las distintas estaciones.

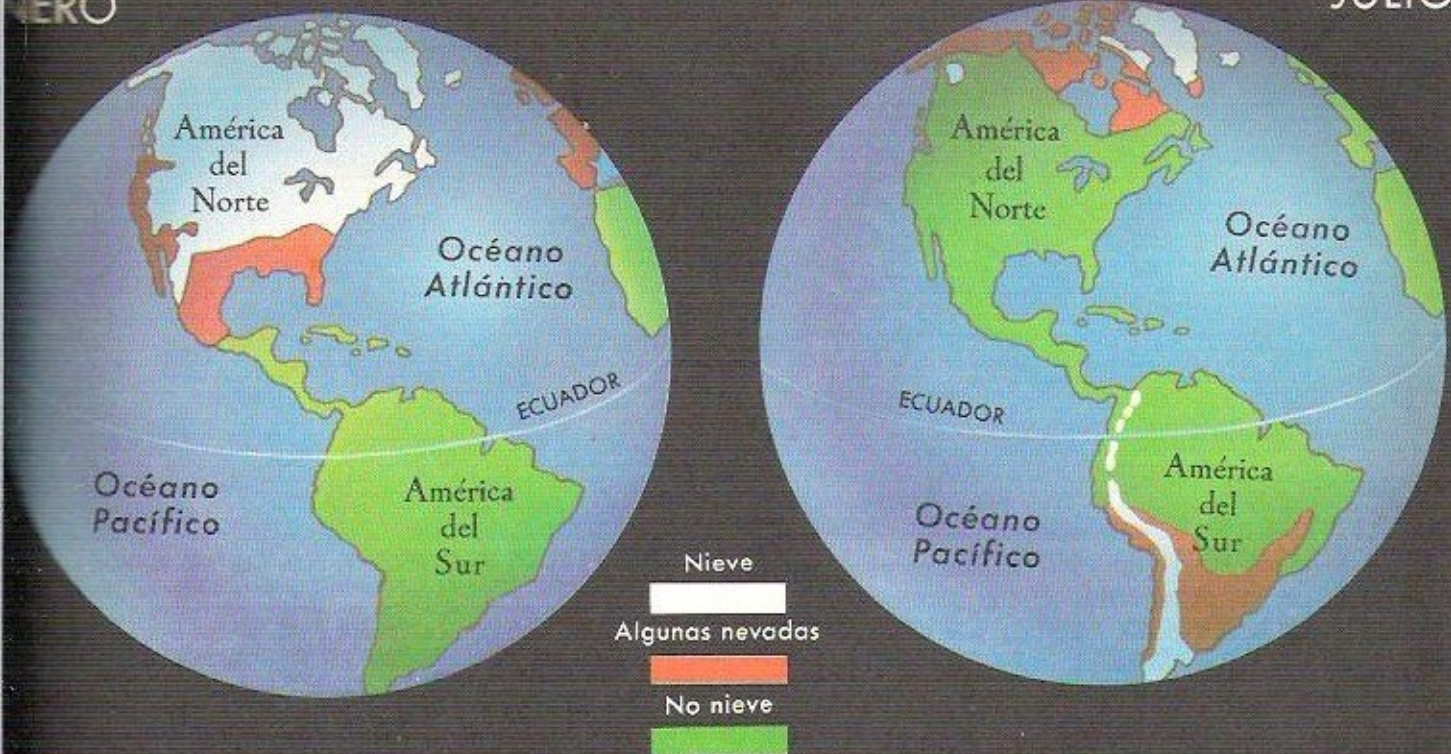


FIG. 61. La inversión de las estaciones puede observarse en estos dos mapas, que pretenden representar el aspecto que podría ofrecer nuestro planeta visto desde una gran distancia en el espacio. En julio es invierno en el hemisferio meridional y las nieves cubren la Patagonia y gran parte de los Andes, mientras en la América del Norte las nieves se han retirado hasta el extremo norte de Canadá. En enero es invierno en el hemisferio norte y verano en el hemisferio sur; cae nieve entonces hasta el sur de Estados Unidos, mientras que la nieve desaparece casi totalmente del extremo meridional de Suramérica.

Cuando el hemisferio norte se encuentra inclinado hacia el sol, de marzo a septiembre, tenemos la primavera y el verano; cuando se encuentra alejado del sol, sobreviene el otoño y el invierno.

Los cambios de estación ocurren en los solsticios y los equinoccios.

En los solsticios los rayos solares llegan a los límites máximos que pueden alcanzar *verticalmente* al norte y al sur del ecuador. El *solsticio de verano* ocurre el 21 de junio; fecha que corresponde al día más largo y la noche más corta en el hemisferio norte. Ese día comienza el verano en el hemisferio norte y el invierno en el sur. En el solsticio de invierno (22 de diciembre), que señala el comienzo del invierno en el hemisferio norte, el verano comienza en el hemisferio sur.

En el solsticio de verano, como puede verse en el mapa, en el hemisferio sur comienza el verano y

es el día más largo y la noche más corta.

Los equinoccios (noches iguales) corresponden al 23 de septiembre (otoño) y al 21 de marzo (primavera), cuando la noche y el día tienen igual duración en todo el planeta.

Con el equinoccio de otoño comienza el otoño en el hemisferio norte y la primavera en el sur; el equinoccio de primavera marca el inicio de la primavera en el hemisferio norte y el otoño en el sur.

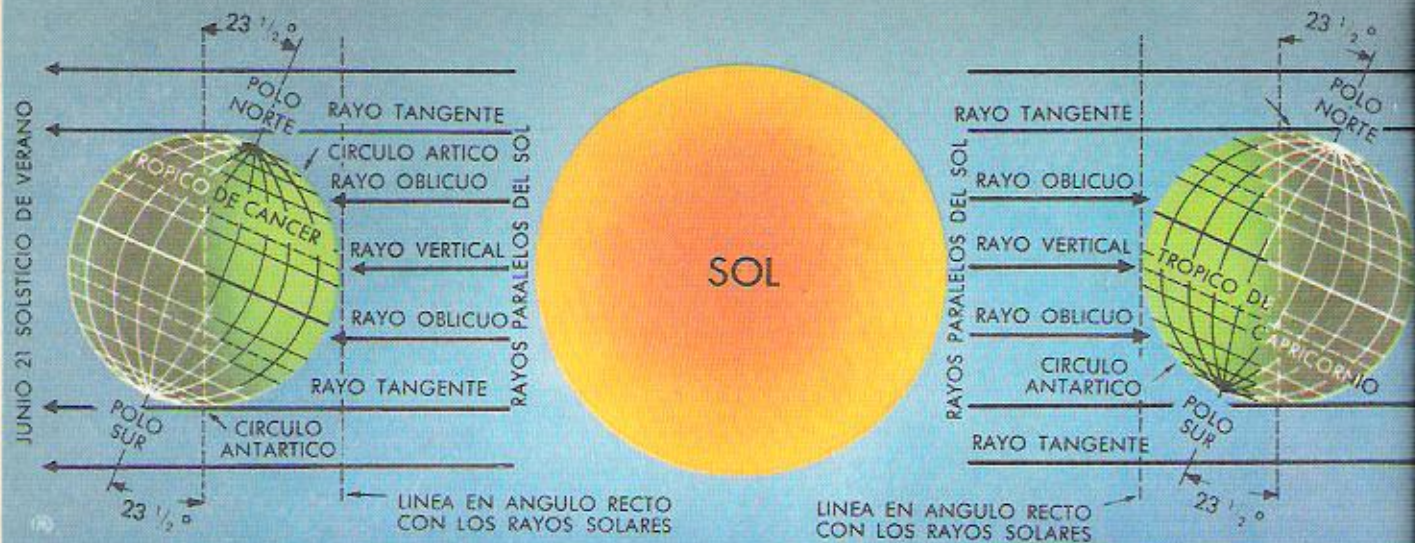
Las estaciones alternan, pues, en ambos hemisferios. Cuando en el norte es verano, es invierno en el sur; cuando en el norte es otoño, en el sur es primavera y viceversa (figura 60).

30. Trópicos y círculos polares. Los trópicos son líneas imaginarias que indican, sobre la esfera terrestre, los puntos situados más al norte y más al sur del ecuador hasta donde llegan verticalmente los rayos solares durante los solsticios.

El trópico de Cáncer corresponde al hemisferio norte y el trópico de Capricornio al hemisferio sur.

En el solsticio de verano, como puede verse en el mapa, en el hemisferio sur comienza el verano y

41 En el solsticio de verano, como puede verse en el mapa, en el hemisferio sur comienza el verano y es el día más largo y la noche más corta. La línea que señala en torno al polo norte el alcance máximo de los



rayos solares este día del año es el denominado *círculo polar ártico*. En el solsticio de invierno el *círculo polar antártico* señala el límite máximo de la iluminación en torno al polo sur (figura 62).

Los dos trópicos y los dos círculos polares dividen a la tierra en cinco zonas de iluminación: *tropical*, *templada del norte*, *templada del sur*, *glacial ártica* y *glacial antártica*.

Durante mucho tiempo se acostumbró, erróneamente, a llamar zonas climáticas a estas zonas,

FIG. 62. LOS TRÓPICOS Y LOS CÍRCULOS POLARES. Los trópicos de Cáncer y Capricornio señalan los límites máximos que alcanzan los rayos verticales al norte y al sur del ecuador. Los círculos ártico y antártico señalan los límites que alcanzan los rayos oblicuos y tangentes del sol más allá de los polos.

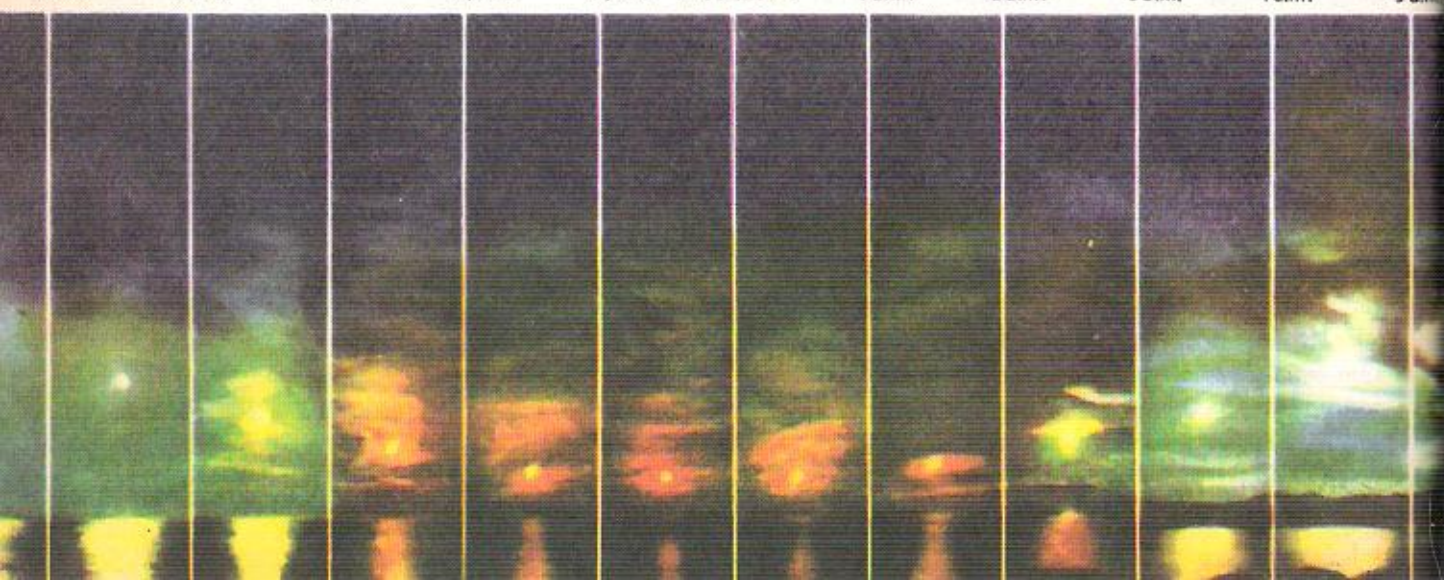
como veremos en el capítulo 12. Para evitar los errores que provienen de esta confusión, los geógrafos modernos acostumbran a distinguir las denominadas fajas de latitudes bajas, altas y medias, como se observa en la figura 63 - A.

42

FIG. 63. EL SOL DE MEDIANOCHE es uno de los hechos más sorprendentes para el viajero que recorre las altas latitudes. El día que corresponde al solsticio de verano (junio 21), el sol brilla durante las 24 horas del día, sin ponerse sobre todos los puntos situados en el círculo ártico. En el polo norte el sol puede ser visto, sin interrupción, durante seis meses, desde el equinoccio de primavera (marzo 21) hasta el equinoccio de otoño (septiembre 23). Este fenómeno, que es denominado «sol de medianoche», se debe a la inclinación del eje terrestre combinada con el movimiento de traslación de la tierra (fig. 60). La duración del

sol de medianoche va en aumento desde el círculo polar hasta el polo. En la zona polar antártica se produce el mismo fenómeno, pero en distinta época del año, o sea, desde el equinoccio de otoño (septiembre 23) al equinoccio de primavera (marzo 21). En la serie de fotografías que aparecen en esta ilustración, tomadas en la región ártica, con intervalos de una hora, puede advertirse el movimiento aparente del sol sobre el horizonte, sobre el que brilla en la medianoche. En las capitales de Suecia, Noruega y Finlandia, desde el 10 de junio al 10 de julio, el sol «sale» a las 2 a.m. y y se «pone» a las 11 p.m., aproximadamente.

7 p.m. 8 p.m. 9 p.m. 10 p.m. 11 p.m. Medianoche 1 a.m. 2 a.m. 3 a.m. 4 a.m. 5 a.m.



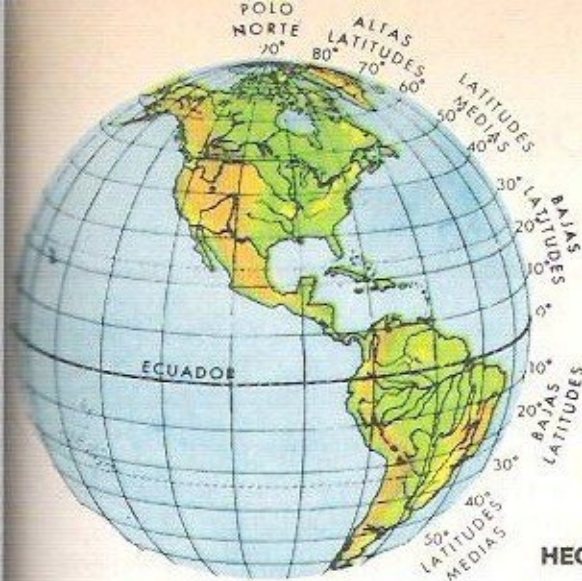


FIG. 63-A. Con el propósito de evitar sean confundidas las zonas de iluminación con las llamadas «zonas climáticas», separadas por los trópicos y los círculos polares, las cuales no existen realmente, se prefiere actualmente hablar de zonas o fajas de latitud. Como se observa en esta esfera, la zona de las bajas latitudes abarca un tercio de la distancia entre el ecuador y los polos en cada uno de los hemisferios, o sea, un total de sesenta grados. Las altas latitudes comprenden treinta grados a partir de cada uno de los polos, y las latitudes medias abarcan las zonas comprendidas entre las bajas y las altas latitudes.

HECHOS E IDEAS FUNDAMENTALES DEL CAPITULO

La tierra no es una esfera perfecta, por lo cual se dice que es un esferoide o un geoide.

La rotación terrestre, la fuerza de la gravedad y la plasticidad de las rocas han dado lugar a la forma presente de nuestro planeta.

Hay numerosas pruebas de la redondez de la tierra, tales como: 1) todos los planetas son esféricos; 2) la forma en que los buques aparecen y desaparecen en el horizonte; 3) el aumento del horizonte visible con el ascenso del observador; 4) la sombra de la tierra en los eclipses; 5) los viajes alrededor del mundo; y, 6) las fotografías tomadas desde grandes alturas.

La redondez de la tierra tiene consecuencias importantes, entre ellas: 1) la diferencia de temperatura y de iluminación entre las distintas regiones; 2) las diferencias de clima y de vegetación; y, 3) el peso casi uniforme de los cuerpos en todos los puntos de la tierra, lo que facilita el comercio.

El diámetro de la tierra mide, aproximadamente, 12 700 Km., pero como nuestro planeta es achatado por los polos, el diámetro polar o eje, es 43 Km. menor que el diámetro ecuatorial.

La superficie de la tierra mide 510 millones de kilómetros cuadrados y su volumen es de 1 083 millones de kilómetros cúbicos.

La tierra está sometida a tres movimien-

tos principales: el de rotación en torno a su eje, que realiza en casi 24 horas (día); el de traslación alrededor del sol, que realiza en un período aproximado de 365 días (año) y el movimiento que realiza con los demás astros integrantes del sistema solar, siguiendo al sol en su traslación en torno al centro de la Vía Láctea.

Las principales consecuencias del movimiento de rotación de la tierra son: 1) la sucesión de los días y las noches; 2) la forma achatada de la tierra; 3) los puntos cardinales; 4) el movimiento aparente de la esfera celeste; 5) la desviación de los cuerpos en su caída y de los vientos y las corrientes marinas.

El movimiento de traslación y la inclinación del eje terrestre, combinados, tienen dos consecuencias geográficamente importantes, tales como: 1) la distribución de la luz y el calor solares recibidos por cada región de la tierra en el transcurso del año, lo que da lugar a las estaciones; y, 2) la distinta duración del día y de la noche en las diferentes épocas del año.

Los trópicos son líneas imaginarias que indican, sobre la esfera terrestre, los puntos situados más al norte y más al sur del ecuador hasta donde llegan verticalmente los rayos solares durante los solsticios.

Los círculos polares señalan el límite máximo de iluminación en torno a los polos.

La edad de la tierra se calcula en más de cuatro mil millones de años. Las ciencias geológicas que estudian cómo fue evolucionando nuestro planeta durante este larguísimo período de tiempo, basan sus investigaciones en las rocas y en los fósiles contenidos en algunas rocas.

Por el estudio de las rocas se ha podido conocer:

- 1) la enorme *antigüedad* de la tierra;
- 2) las *temperaturas* existentes en las distintas épocas;
- 3) los *movimientos registrados en la corteza terrestre*, los cuales han dado origen a la formación de montañas y depresiones; y
- 4) las *variaciones en la distribución de las tierras y las aguas* sobre la superficie de nuestro planeta, ocurridas en períodos de tiempo muy largos.

La antigüedad de la tierra ha sido posible calcularla estudiando la constitución de las rocas *radioactivas*. Los átomos de *uranio* se transforman en átomos de *plomo* con un ritmo constante, de tal manera que, comparando la cantidad de plomo contenido en un mineral de uranio, se puede calcular cuándo se formó la roca que lo contiene. De este modo se cree que las rocas más antiguas de la tierra, conocidas hasta hoy, se formaron hace

más de cuatro mil millones de años, lo cual indica que la tierra es mucho más antigua.

Mediante el estudio de los *fósiles* contenidos en las *rocas sedimentarias* se han conocido:

- 1) las diferentes especies animales y vegetales que vivieron en las distintas épocas; y
- 2) las variaciones ocurridas en el clima de las diferentes regiones.

Un *fósil* es cualquier resto o impresión de origen animal o vegetal, preservado bajo la corteza terrestre al formarse las rocas sedimentarias (figura 64).

En las rocas sedimentarias abundan los *fósiles*. Como en cada época vivieron ciertas especies animales y vegetales típicas, que no existieron en otras, los geólogos pueden determinar en qué época se formó la roca, observando los fósiles típicos que presente.

La evolución de la tierra en el tiempo ha sido reconstruida por la *geología histórica*, al ser estudiadas las capas formadas por las *rocas sedimentarias*. Estas rocas, depositadas en los fondos

FIG. 64. TRES TIPOS DE FOSILES. A la izquierda, un insecto atrapado en un fragmento de ámbar, o sea, resina vegetal fósil. En el centro, el fósil de un tribolite que vivió en la Era Paleozoica, hará más de quinientos millones de años. A la derecha, las huellas fósiles de las pisadas de un dinosaurio de la Era Mesozoica, especie cuyos últimos ejemplares debieron extinguirse hace no menos de sesenta millones de años.



de los mares y lagos durante millones y millones de años, están situadas unas sobre otras, formando estratos, y han sido comparadas en su conjunto con un enorme libro (figura 68).

Las rocas formadas en cada época serían como las páginas del libro. Las rocas más antiguas se encuentran en las capas más profundas y las más recientes muy cerca de la superficie. Sólo cuando las rocas han sido muy perturbadas por fenómenos posteriores, su orden puede aparecer cambiado.

La historia de la tierra consta de seis grandes etapas denominadas eras, las cuales tuvieron distinta duración. Las eras geológicas reciben los nombres de *Azoica*, *Arqueozoica*, *Proterozoica*, *Mesozoica* y *Cenozoica*.

31. Los primeros millares de millones de años de la tierra. (*Era Azoica*). La tierra debió ser, en sus comienzos, una esfera de gases incandescentes, semejantes a los que forman el sol, del cual se desprendió al igual que los demás planetas, según las hipótesis más aceptadas (figura 21).

Debido a su tamaño relativamente pequeño, la tierra comenzó a enfriarse pronto. Los gases primitivos se convirtieron en líquidos, etapa durante la cual la luna debió desprenderse de la tierra (figura 31). Más tarde, las materias líquidas comenzaron a enfriarse en la superficie y a solidi-

ficarse, formando las primeras rocas. Los vapores que se escapaban de esas rocas se convertían en nubes muy densas, formando una atmósfera semejante a la que se supone cubre el planeta Venus actualmente (figura 23).

A partir de entonces, y durante millares de millones de años, no hubo vida sobre la tierra; de ahí el nombre de *Azoica* (*sin vida*) que se da a esta primera era.

32. Aparición de los océanos y de las primeras manifestaciones de vida. (*Era Arqueozoica*). Las rocas que formaban la superficie de la tierra continuaron enfriándose, hasta que el vapor de agua que contenía la atmósfera comenzó a precipitarse en forma de lluvia.

El agua procedente de estas lluvias iniciales, escurriéndose desde las zonas altas a las bajas, fue a depositarse en las depresiones de la corteza, para formar los océanos primitivos.

De las profundidades del planeta brotaban rocas fundidas (*magma*), originando grandes volcanes; y la corteza terrestre se arrugaba, formando estos plegamientos altísimas montañas.

En esta era debieron aparecer las primeras manifestaciones de vida en forma de seres de una sola célula, semejantes a las bacterias actuales, los cuales no podían dejar huellas fósiles.

Los fósiles más antiguos conocidos son de fines

COMO HAN SIDO CONSERVADOS LOS FOSILES

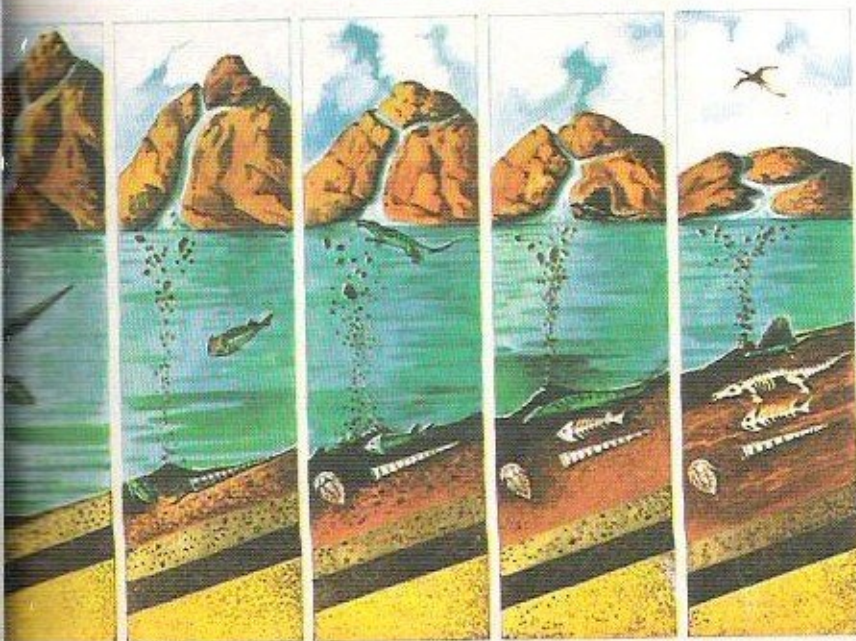


FIG. 65. El esquema representa, de izquierda a derecha, las etapas sucesivas atravesadas por una región, donde los agentes de la erosión han ido rebajando las alturas y depositando sedimentos en el fondo del océano. En este proceso se han ido fosilizando los restos de algunos animales. Para que la fosilización se produzca, los restos deben estar sepultados en capas que se encuentren bajo el agua, pues ésta es necesaria para la sustitución lenta de las materias orgánicas por los minerales que el agua lleva disueltos. Fuera del agua, además, los restos se descompondrían rápidamente por la acción del aire. Aunque el agua descompone las partes blandas de los organismos, las partes duras, como huesos y dientes, pueden fosilizarse. La presión ejercida por las rocas de las capas superiores sobre las inferiores que contienen los restos, favorece el proceso, conservando los restos fosilizados de animales y plantas que vivieron en la época en que las rocas fueron depositadas. Aunque no siempre se producen todas las condiciones favorables para que la fosilización ocurra, en las rocas sedimentarias se encuentran numerosos fósiles.

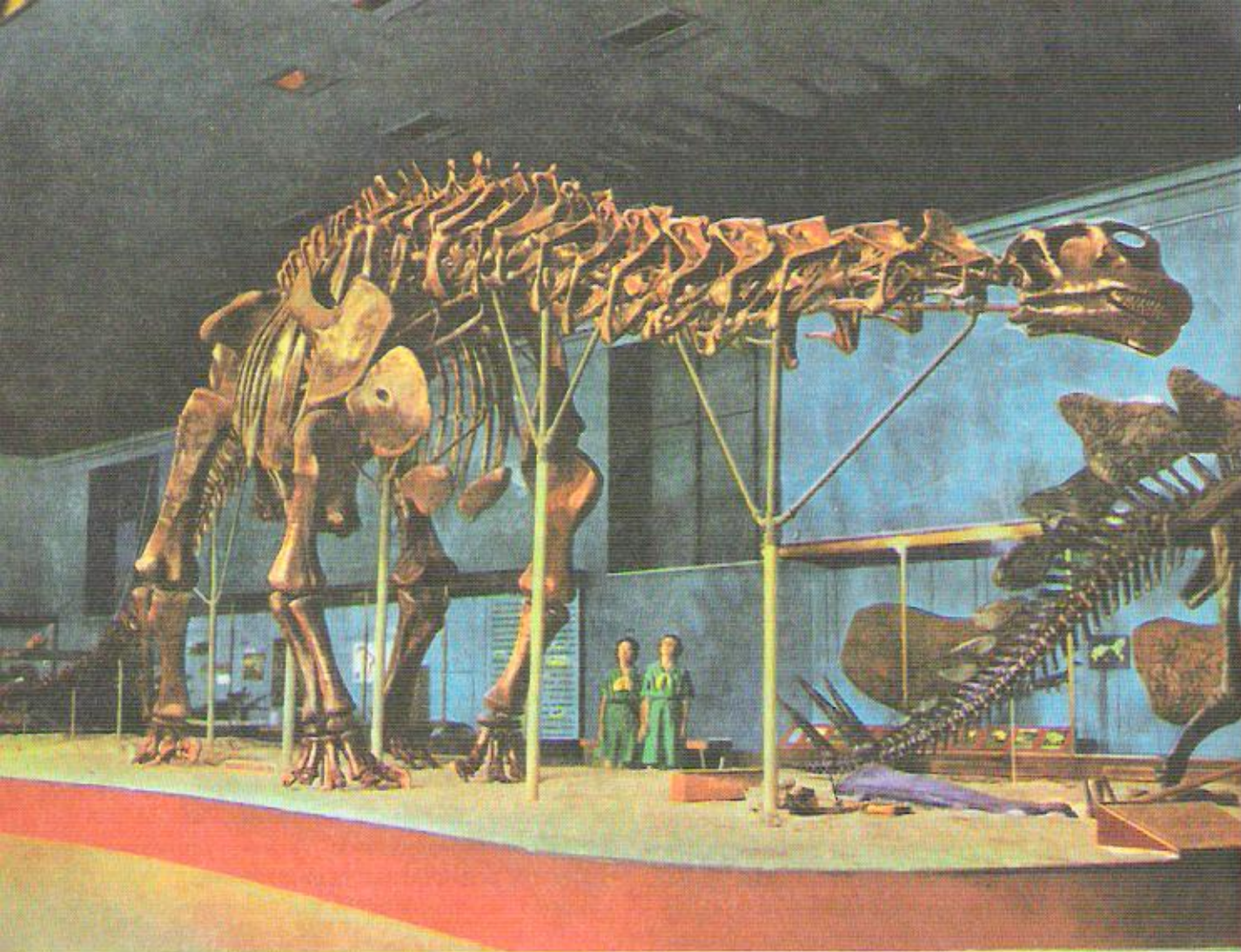


FIG. 66. Esqueleto de un dinosaurio reconstruido con restos fósiles descubiertos en Estados Unidos. Este animal vivió hace más de 125 millones de años. En la Era Mesozoica existieron más de 5 000 especies distintas de dinosaurios.

de esta era, y corresponden a impresiones de *algas marinas* muy rudimentarias.

La era *Arqueozoica* (*vida arcaica*) debió durar unos 650 millones de años.

33. Cuando se formaron las rocas sedimentarias más antiguas. (Era Proterozoica.)

El enfriamiento de nuestro planeta continuó. Aunque las grandes explosiones volcánicas disminuyeron, inmensas cantidades de rocas fundidas traían de las profundidades del planeta minerales de hierro, plata, cobre, oro y otros metales que hoy conocemos. Estas rocas, que antes de consolidarse pasaron por el estado de fusión,

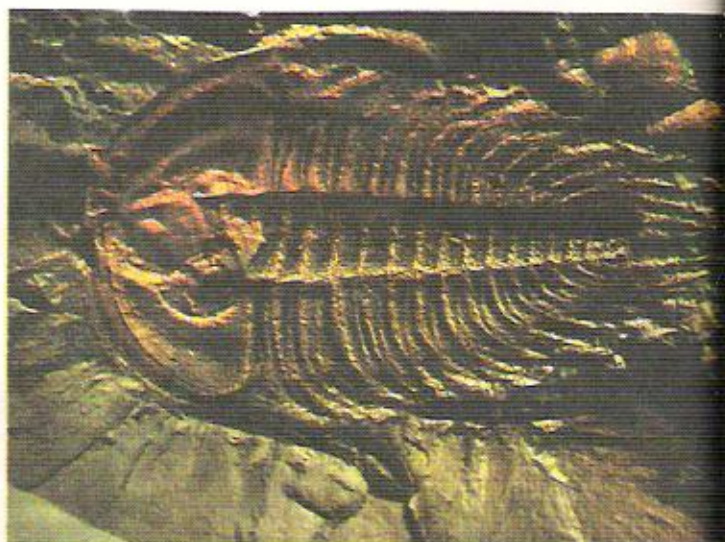
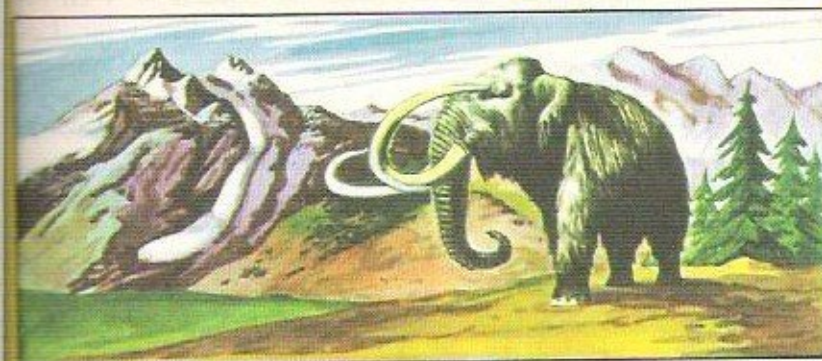


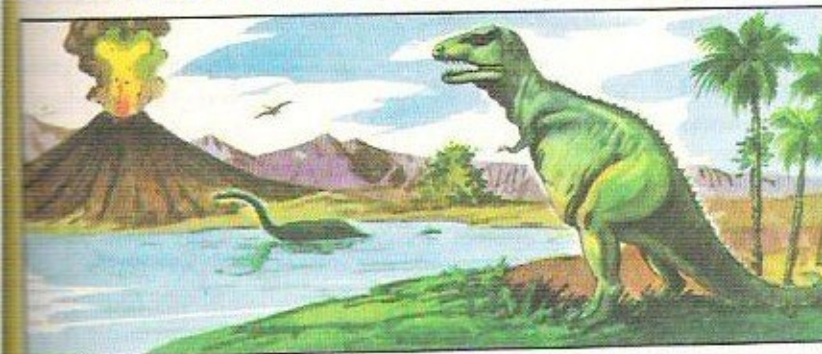
FIG. 67. UN TRILOBITE FOSIL. Su perfecto estado de conservación permite la observación de los detalles estructurales de este animal, que vivió hace más de 500 millones de años.



ERA ACTUAL. La etapa más reciente de la historia de la tierra, a partir de la civilización humana, es llamada por algunos Era Actual.



ERA CENOZOICA (¿60 000 000 de años?). Las tierras se elevaron más y el mundo adquirió los caracteres que hoy predominan en él. Es la edad de los mamíferos. Casi todos los animales domésticos aparecieron en esta era. Las glaciaciones influyeron mucho en la distribución de las especies vivas.



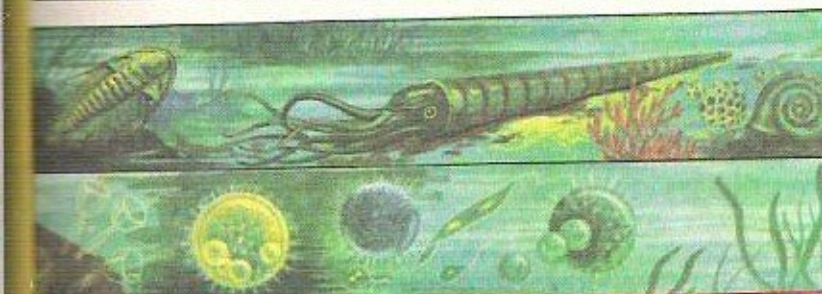
ERA MESOZOICA (¿120 000 000 de años?). En esta era predominaron los grandes reptiles, que vivían en tierra firme y en los lagos. Hubo gran actividad volcánica y se formaron las montañas más altas que hay actualmente sobre la tierra. En esta era aparecieron los primeros mamíferos.



FINALES DE LA ERA PALEOZOICA. En esta etapa algunas tierras se elevaron y sobre ellas se formaron grandes bosques de helechos. El clima era húmedo y aparecieron los primeros animales anfibios.



COMIENZOS DE LA ERA PALEOZOICA. En la primera de esta era, que duró en conjunto unos 360 millones de años, el agua cubría la mayor parte de la tierra, predominando los moluscos y los peces.



ERA PROTEROZOICA (¿650 millones de años?). En esta era se formaron las primeras rocas sedimentarias. Aparecieron las esponjas, corales y las primeras plantas con raíces.

ERA ARQUEOZOICA (¿650 millones de años?). Primeras lluvias. Aparecieron océanos, volcanes y altísimas montañas y en los océanos, manifestaciones de vida de seres unicelulares.

ERA AZOICA (Sin vida). Duró millones de millones de años. Al enfriarse las materias líquidas del magma se formaron las primeras rocas ígneas.

ERA AZOICA

son denominadas rocas ígneas, o sea, rocas formadas por el fuego.

Las lluvias, cada vez más intensas, al caer sobre las partes elevadas de la corteza, arrastraban los materiales sueltos y los iban depositando en los fondos de los mares, dando origen a las rocas sedimentarias.

Esta era, denominada *Proterozoica*, o de la vida elemental, debió durar, al igual que la anterior, unos 650 millones de años. En ella aparecieron organismos más complejos, como las esponjas y corales y las primeras plantas con raíces.

34. La era de los peces y de los grandes helechos. (*Era Paleozoica.*) Durante un largo período no se produjeron en la tierra grandes conmociones. Los océanos cubrían extensas zonas de la superficie terrestre y la erosión iba reduciendo intensamente el relieve de las áreas emergidas.

En los mares de esa era vivían cantidades enormes de animales provistos de conchas o caparzones, cuyos restos, al depositarse en el fondo de los océanos, formaron profundas capas de rocas calizas. En las costas se depositó gran cantidad de arena.

Más tarde, según indican los fósiles, aparecieron los peces en los océanos y plantas mayores en las tierras. Los insectos se multiplicaron.

En los finales de esta era se formó la mayor parte de la *hulla* o *carbón mineral* de que disponemos hoy. En este período, llamado carbonífero, cuyo clima era caliente, hubo extensos bosques de helechos arborescentes, que medían hasta 30 metros de altura. Los restos de estos helechos fosilizados en las zonas cenagosas, después de quedar cubiertos por arcillas y arenas, formaron la *hulla*, que actualmente es extraída de sus yacimientos por los mineros (figura 533).

Durante esta era aparecieron los primeros animales vertebrados, que podían vivir lo mismo en tierra que en el mar: los *anfíbios*.

La temperatura, que se mantuvo relativamente cálida, favoreció la multiplicación de las especies tanto vegetales como animales. Después, el clima se enfrió considerablemente, y muchas de estas especies se extinguieron.

La era Paleozoica (de la *vida antigua*), duró más de 360 millones de años.

35. La era de los reptiles gigantes. (*Era Mesozoica.*) Durante millones de años

los animales más notables que vivieron sobre la tierra fueron unos reptiles gigantes, de figuras grotescas, que habitaban en tierra firme y en los lagos. Algunos poseían alas y podían volar. Entre estos reptiles figuraron los animales mayores que han vivido sobre los continentes. Muchos de sus esqueletos han sido descubiertos (figura 66). Algunos de los reptiles más pequeños evolucionaron en esta época, hasta convertirse en los antecesores de las aves actuales.

Sobre la tierra firme aparecieron unos pequeños seres de sangre caliente y cubiertos de pelos, que alimentaban con leche a sus pequeñuelos. Eran los *mamíferos*, a los que pertenecería el hombre millones de siglos después.

En los últimos tiempos de esta era hubo gran actividad volcánica, y se produjeron grandes plegamientos y fallas en la superficie terrestre. Entonces se formaron las mayores montañas que hay sobre la tierra: los Himalayas de Asia, los Andes de la América del Sur y las Rocosas de la América del Norte.

La era Mesozoica (de la *vida media*), duró unos 120 millones de años.

36. La tierra adopta sus caracteres actuales. (*Era Cenozoica.*) En esta era, que es la más reciente de la historia de la tierra, se han producido distintos períodos en los cuales la temperatura descendió tanto, que grandes masas de hielo (*glaciares*) avanzaron desde los polos. En el hemisferio norte estas glaciaciones cubrieron gran parte de la América del Norte, Europa y Asia.

Los mamíferos se multiplicaron durante estas épocas frías, siendo notable, entre ellos, el *mamut*, antepasado de los elefantes actuales.

En esta era los continentes y los océanos adquirieron su forma actual y aparecieron casi todos nuestros animales domésticos: caballo, perro, gato, cerdo y muchos más.

La era Cenozoica (de la *vida reciente*), abarca los últimos 60 millones de años de la historia de la tierra.

Hará cerca de dos millones de años surgieron sobre la tierra los primeros seres parecidos al hombre. Mucho más tarde, hará unos 50 000 años, encontramos ya los primeros hombres, que conocían el uso del fuego y de la piedra.

Algunos autores estiman que, a partir del cese

de las glaciaciones, hará unos 30 000 años, cuando los hombres comenzaron su lenta marcha hacia

la civilización, comenzó una nueva era, y prefieren llamarla *Era Actual*.

ESTRUCTURA DE NUESTRO PLANETA

Nuestro planeta, como consecuencia de la evolución por la cual ha atravesado, está constituido por materiales gaseosos, líquidos y sólidos. Estos materiales están dispuestos en esferas concéntricas, envolviendo unas a otras. Su peso va en aumento desde el exterior hacia el centro. Las capas superiores de la atmósfera son los constituyentes de la tierra que tienen menor peso, en tanto que en el núcleo central de nuestro planeta se concentran los elementos más pesados.

Las principales esferas que constituyen la tierra son: la atmósfera, la hidrosfera, la geosfera y la biosfera.

La atmósfera, o esfera de gases, envuelve las porciones sólida y líquida de la tierra.

La hidrosfera está formada por las aguas de los océanos, los lagos y los ríos, que cubren cerca de las tres cuartas partes de la superficie terrestre y por las aguas subterráneas que se encuentran en las zonas superficiales de la litosfera.

La geosfera es la parte sólida de nuestro planeta. Su capa exterior o litosfera constituye la corteza terrestre.

La biosfera, o esfera de los seres vivos, está constituida por las zonas de la litosfera, la atmósfera y la hidrosfera, donde es posible la vida. Como el objetivo fundamental de la geografía es el estudio de la tierra, como escenario de la vida humana, la biosfera posee gran interés para nosotros.

37. Cómo está constituido el interior de la tierra. La porción sólida de nuestro planeta o geosfera, parece estar constituida también por esferas concéntricas de materiales cuyo peso va aumentando hacia su centro.

La capa exterior de la geosfera es la litosfera (esfera

de rocas) o corteza terrestre, la cual está constituida por distintos elementos.

Donde las rocas no aparecen desnudas, la capa superficial de la litosfera la constituyen los suelos. Debajo de los suelos pueden encontrarse rocas sedimentarias, o directamente rocas cristalinas, semejantes al granito, que forman una capa de unos 60 Km de espesor. Estas últimas rocas están constituidas, principalmente, por minerales de sílice y alúmina y, por ello, son denominadas *sial*.

La capa inferior de la litosfera la forman rocas más pesadas que el *sial*, las cuales están constituidas por minerales de sílice y magnesio, de donde proviene su nombre, *sima*.

Las rocas pertenecientes al *sima* se encuentran en el fondo de los océanos, y también debajo del *sial* que predomina en los continentes y las grandes islas, en la forma en que puede advertirse en el diagrama de la figura 69.

Debajo de la litosfera se encuentra una capa intermedia o mesosfera, de espesor mucho mayor, formada por rocas semejantes a la *olivina*, la cual es de mucho mayor peso que el *sima*. La mesosfera está constituida por minerales de sílice, hierro y magnesio.

El núcleo central de nuestro planeta está constituido

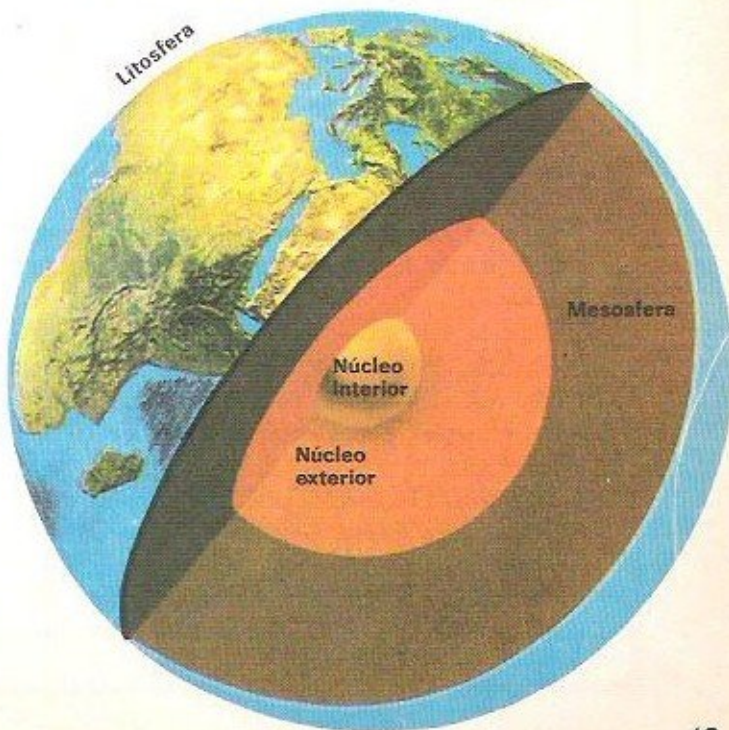


FIG. 69. LA ESTRUCTURA DE LA GEOSFERA, o porción sólida de la tierra, ofrecería un aspecto parecido al del presente esquema si pudiera ser vista por nosotros. La litosfera está constituida, principalmente, por el *sial*, que forma los continentes, y el *sima* de las grandes profundidades. Una capa intermedia, la mesosfera, separa la litosfera del núcleo central o centrosfera.

por una esfera de hierro y níquel, de unos 6 400 Km de diámetro. Su peso es enorme. Por la altísima temperatura que debe existir en el núcleo central, su estado debía ser líquido, pero por causa de la presión de las otras esferas que la envuelven, su estado es sólido. El núcleo central es llamado *nife*, por estar constituido por minerales de *níquel* y *hierro*.

El hombre siempre ha mostrado interés por conocer el interior de la tierra, pero es imposible explorar directamente las profundidades del planeta. La perforación más profunda realizada hasta hoy corresponde a un pozo petrolero en Wyoming, Estados Unidos, y no pasa de 6 Km.

La posible constitución de la tierra ha sido determinada por métodos indirectos. Se ha calculado, por ejemplo, que el peso de la tierra en total equivale al de una esfera de agua 5 veces y media mayor. Como el peso de las rocas de la corteza es mucho menor, pues es de sólo 2.7, puede llegarse a la conclusión de que los elementos que forman las capas interiores son más pesados.

Se cree que el núcleo central tiene una densidad de 9, lo cual indica que su peso es semejante al del hie-

rrero y debe estar constituido en su mayor parte por este mineral. Como los *meteoritos* (figura 30) que chocan contra la tierra, están constituidos por minerales de hierro y níquel, hay razón para confirmar este criterio.

El estudio de la forma en que se propagan a través de la tierra las ondas de los terremotos indica también que el interior de la tierra está constituido por elementos más pesados.

Otro hecho interesante en la constitución interior de la tierra es que, según descendemos, aumenta el calor. Por cada kilómetro de profundidad, en cualquier lugar de la tierra, la temperatura aumenta en 30° centígrados. Como la temperatura promedio en la superficie terrestre es de 20°, a dos kilómetros y medio se llega a la temperatura del agua hirviendo. Se calcula que, de seguir descendiendo, a los 50 kilómetros de profundidad se habrá alcanzado una temperatura entre 1 800° y 2 200° C, con lo cual las rocas estarán en estado de fusión. De esta profundidad parecen provenir las lavas que expelen los volcanes. En el núcleo terrestre, no obstante el enorme calor, los minerales de hierro y níquel se suponen están en estado sólido, debido a la presión que soportan.

HECHOS E IDEAS FUNDAMENTALES DEL CAPITULO

La edad de la tierra se calcula en unos 5 000 millones de años.

Los distintos cambios sufridos por la tierra en su larga historia se han podido conocer mediante el estudio de las rocas y de los fósiles.

Los geólogos dividen la historia de la tierra en seis eras:

En la era Azoica, la más larga de todas, no hubo vida sobre la tierra.

En la era Arqueozoica comenzó a caer la lluvia, se formaron los primeros océanos, y en ellos aparecieron los seres unicelulares, que fueron la primera manifestación de la vida.

En la era Proterozoica predominaron las esponjas, los corales y las primeras plantas con raíces. También se formaron depósitos de minerales procedentes del interior de la tierra.

En la era Paleozoica predominaron los moluscos y los peces. Grandes bosques de helechos de esta era se convirtieron en hulla.

En la era Mesozoica vivieron enormes reptiles, que han sido los mayores animales te-

rrrestres conocidos. También aparecieron entonces los primeros mamíferos, y se formaron las mayores montañas que actualmente se elevan sobre los continentes.

En la era Cenozoica hubo períodos muy fríos, se multiplicaron los mamíferos y apareció el hombre.

Los últimos 50 000 años de la historia de la tierra constituyen para algunos la llamada Era Actual. En ella se ha desarrollado la civilización.

Como consecuencia de su evolución geológica, nuestro planeta está constituido por materiales sólidos, líquidos y gaseosos.

La porción sólida de la tierra es la geosfera. La capa superior de la geosfera es llamada litosfera o corteza terrestre.

La porción líquida de la tierra es la hidrosfera.

La atmósfera es la envoltura gaseosa de las porciones sólida y líquida de la tierra.

La biosfera está constituida por las zonas de la litosfera, la atmósfera y la hidrosfera, donde se desarrollan las distintas manifestaciones de la vida.

DETERMINACION DE POSICIONES EN LA TIERRA

6

Antes de dirigirnos a un lugar lo primero que necesitamos es orientarnos, es decir, saber en qué dirección o rumbo se encuentra el sitio que buscamos; después debemos conocer su situación exacta, o sea, determinar su posición.

El conocimiento de cómo se determina la posición de un lugar es útil a cualquier persona culta, pero resulta imprescindible para el viajero y el navegante. Si visitamos una ciudad desconocida, cualquier transeúnte podrá ayudarnos a encontrar un sitio que nos interese, pero tal auxilio no puede obtenerlo un marino en alta mar, un explorador en una zona deshabitada o un aviador en pleno vuelo.

38. Los puntos o rumbos de la Rosa Náutica. Cuando miramos a nuestro alrededor en un espacio abierto, observamos un círculo

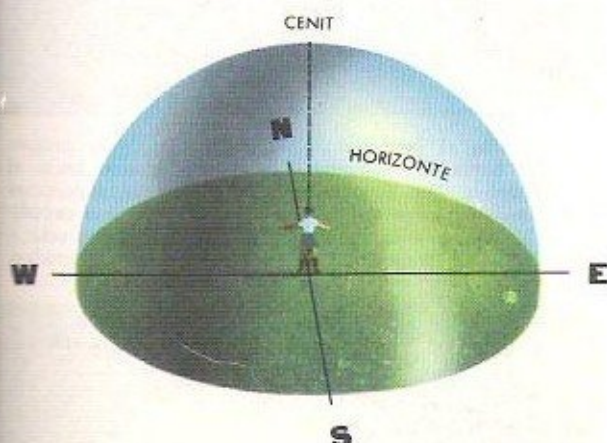


FIG. 71. ROSA NAUTICA Q DE LOS VIENTOS. En la Rosa Náutica se señalan, además de los puntos cardinales, los puntos colaterales, subcolaterales e intermedios. Los puntos colaterales se encuentran equidistantes de los cardinales y son: Nordeste o Noreste (NE), Sudeste o Sureste (SE), Noroeste (NO o NW), y Suroeste (SO o SW). Los puntos subcolaterales se encuentran equidistantes entre los puntos cardinales y los colaterales; son ocho. Los puntos intermedios, por último, se encuentran entre cada dos de los puntos anteriormente señalados; son dieciséis. La Rosa Náutica está formada, pues, por 16 líneas rectas, que se cortan entre sí, y cuyos 32 extremos señalan los rumbos o vientos. En las rosas náuticas el oeste aparece indicado por la letra W debido a una convención internacional.

en el que el cielo y la tierra parecen unirse. Este círculo es el horizonte. En el horizonte se determinan hasta 32 puntos, que nos sirven para orientarnos.

Orientarse es buscar el oriente. En su origen latino oriente significa *naciente*. Esto se debe a que cada día, al amanecer, el sol parece nacer por el oriente, o sea, por el punto del horizonte que llamamos *este*. Cada tarde vemos al sol «ponerse» por el *occidente* (oeste).

Sabemos que el sol ni se levanta ni se pone, sino que la tierra, al girar de oeste a este, nos pro-

FIG. 70. Cuando un observador se encuentra a campo raso el cielo le parece una enorme cúpula o domo, cuyo punto más alto se encuentra sobre su cabeza. A este punto se le denomina cenit. Horizonte es el nombre que se da al círculo donde parecen unirse el cielo y la tierra, alrededor del observador. Una persona para orientarse debe localizar los puntos cardinales en el horizonte. En el esquema el observador está situado de frente al norte, por lo cual a su espalda queda el sur, el oeste a la izquierda y el este a la derecha.

duce esa ilusión (figura 53). La tierra, al girar, lo hace sobre un eje, cuyos extremos corresponden al norte y al sur, según sabemos.

Este, oeste, norte y sur, son los cuatro puntos principales que podemos determinar en el horizonte y, por ello, se les denomina *puntos cardinales*.

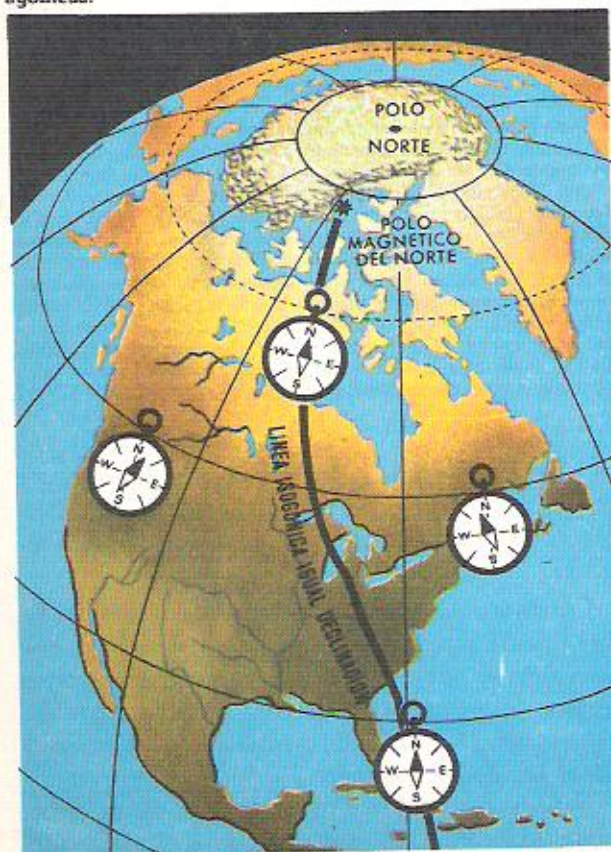
En el círculo del horizonte los cuatro puntos cardinales corresponden a los extremos de dos lí-

LA DECLINACION DE LA BRUJULA

La brújula no señala directamente hacia los polos terrestres, sino hacia los polos magnéticos que se encuentran cerca de aquéllos.

La dirección que señala la brújula es casi el norte, o casi el sur, de acuerdo con el hemisferio en el cual nos encontramos. La variación que hay entre el norte y el sur verdaderos, que corresponden a los polos terrestres y la dirección que la brújula señala, se llama *declinación magnética*. Si, por ejemplo, la aguja de la brújula señala 20° al oeste de la línea norte-sur de un lugar determinado, decimos que ese lugar tiene una declinación de 20° oeste.

Los marinos y viajeros necesitan conocer la declinación que presenta la brújula en los diferentes lugares. Para ello se acostumbra unir con líneas sobre el mapa los puntos donde la brújula presenta igual declinación; estas líneas son llamadas *isogónicas*. Los puntos donde la brújula no presenta declinación, es decir, donde la brújula señala exactamente el polo, son unidos en los mapas por líneas llamadas *agónicas*.



neas, que se cortan en ángulo recto. Tomando como base estas líneas, se distinguen 32 rumbos o vientos que, en conjunto, forman la denominada Rosa Náutica o de los vientos. Estas 32 direcciones hacen más fácil y precisa la orientación (figura 71).

39. Modos de orientarse. Hay distintas formas de orientarse. La más antigua de todas consiste en tomar al sol como punto de referencia. Si señalamos con la mano derecha al lugar por donde aparece el sol por la mañana, tendre-

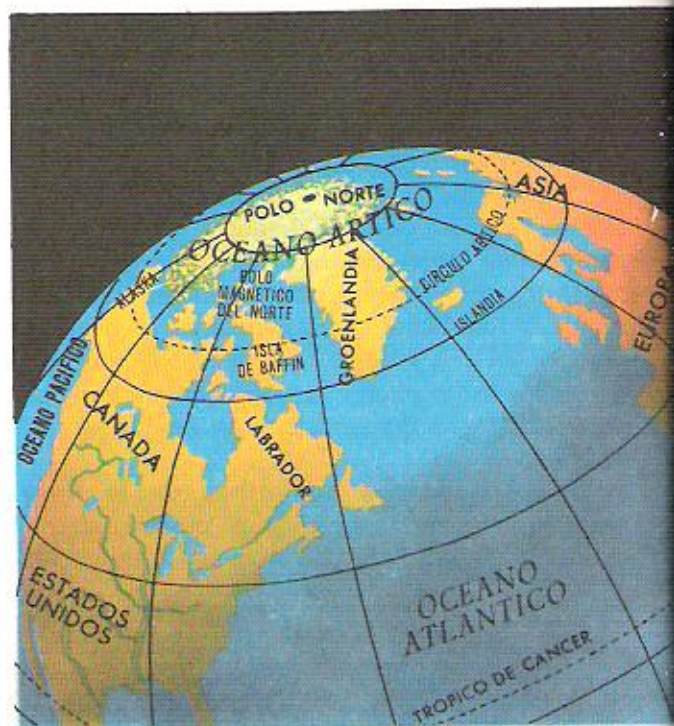


FIG. 72. En el hemisferio norte la aguja de la brújula no señala hacia el polo geográfico del norte, sino hacia el polo magnético, que se encuentra en la extremidad noroeste de la Isla del Príncipe de Gales, según confirmó una expedición científica en julio de 1954. El polo magnético está a una distancia de unos 1 400 Km. al sur del polo geográfico.



FIG. 74. La declinación magnética se mide en grados y representa el ángulo que forma la aguja de la brújula al señalar en dirección al polo magnético del hemisferio correspondiente.

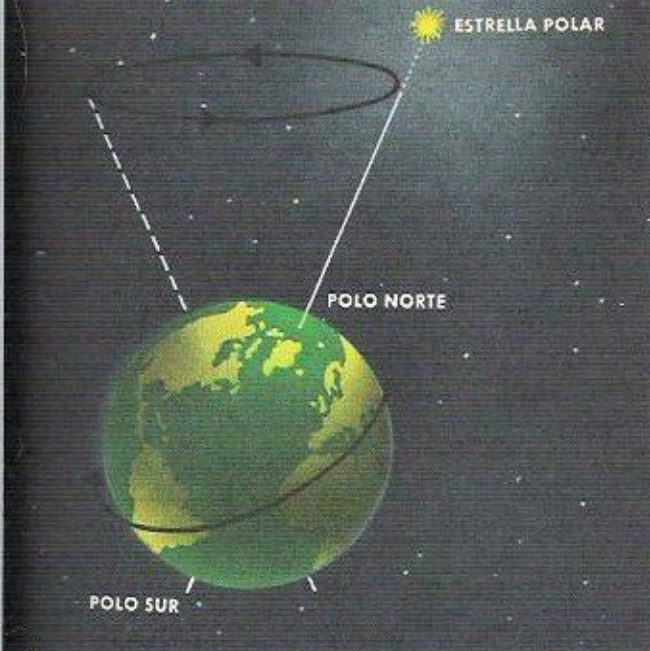


FIG. 75. La estrella Polar siempre señala el norte desde cualquier punto del hemisferio septentrional en que sea observada, pues se encuentra en la dirección de una línea imaginaria que se prolonga desde el polo norte, como indica el esquema.

mos allí el este; el oeste corresponderá a la mano izquierda; el norte nos quedará al frente y el sur a la espalda.

Por la noche es posible orientarnos localizando en el cielo la estrella Polar, que señala, aproximadamente, el norte (figura 75). En el hemisferio

meridional la constelación de la Cruz del Sur indica el sur.

La brújula es el medio de orientación más empleado, ya que puede ser utilizado en cualquier momento, de día o de noche.

40. La brújula. Si colocamos una aguja imantada sobre un eje, de manera que pueda girar libremente, uno de sus extremos señalará, aproximadamente, hacia el norte y el otro hacia el sur. Este hecho, descubierto por los chinos, se debe al *magnetismo terrestre*, un fenómeno no bien explicado aún, que hace que la tierra actúe como un enorme imán.

La brújula se basa en el experimento anterior. Toda brújula consiste, fundamentalmente, en una flecha de acero imantada, colocado sobre un eje vertical sobre el cual gira, indicando sus extremos el norte y el sur sobre una rosa náutica (figura 76).

En el hemisferio norte la brújula no señala exactamente hacia el polo norte, sino hacia el polo magnético del norte, el cual se encuentra en la extremidad noroeste de la Isla del Príncipe de Gales (figura 72). En el hemisferio sur la brújula señala hacia el polo magnético del sur, que está en el continente de la Antártica.

La desviación que presenta la aguja de la brújula en relación con el polo verdadero, es llamada *declinación magnética* (figura 74).

41. Los círculos de la esfera. Orientarse es reconocer la dirección en la cual se encuentra un punto determinado de la superficie terrestre; pero no basta al viajero, al navegante o al que estudia geografía, conocer la dirección, sino que ha de determinar la posición exacta de ese punto. Para ello disponemos de los *paralelos* y los *meridianos*, los cuales nos permiten fijar, respectivamente, la *latitud* y la *longitud* que corresponden a cada uno de los puntos de la superficie terrestres.

Los paralelos y los meridianos, llamados círculos de la esfera, forman en conjunto la llamada red de coordenadas geográficas.

42. Los polos y el ecuador. Para poder comprender el trazado de los círculos de la esfera debemos conocer primero cómo se han determinado los polos y el ecuador.

Si la tierra no rotara, no existirían los polos. La tierra gira, como todo cuerpo en rotación, alre-

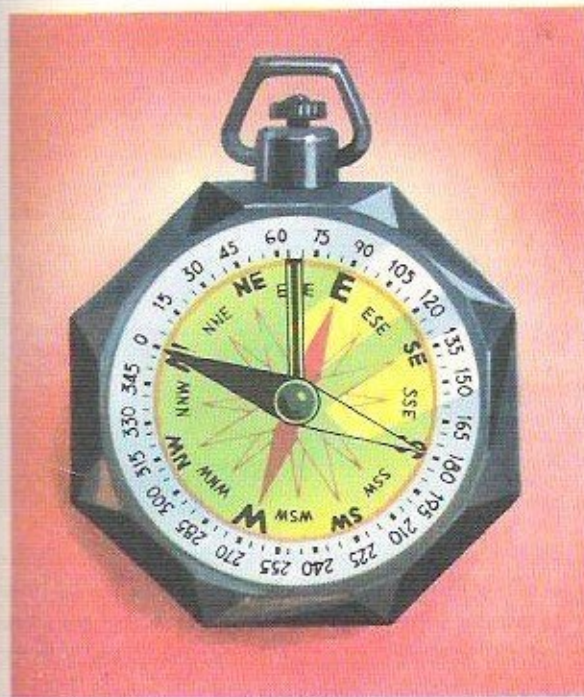
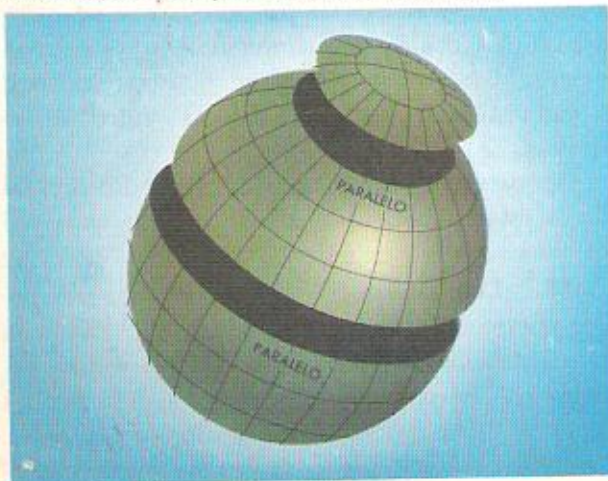


FIG. 76. Brújula de bolsillo.



POR AQUÍ PASA LA LINEA ECUATORIAL

FIG. 78. Este monumento, situado a unos 24 Km de Quito, capital de la República de Ecuador, fue erigido en 1936 para conmemorar el segundo centenario de las labores de la Comisión Geodésica francesa, que localizó con exactitud la línea ecuatorial y midió un arco de meridiano terrestre determinando las dimensiones exactas de nuestro planeta y comprobando su forma achatada (figura 51). El monumento señala la Latitud Cero, y la línea que lo atraviesa divide los hemisferios norte y sur. En los equinoccios (figura 60), una persona situada al mediodía en el monumento no arrojará sombra. Obsérvese que, a pesar de que el área fotografiada está atravesada por el ecuador, la vegetación es muy escasa y el campesino va cubierto con un abrigo o poncho; esto se debe a que la altura de la región, más de 2800 metros sobre el nivel del mar, modifica el clima, al hacer que la temperatura descienda.



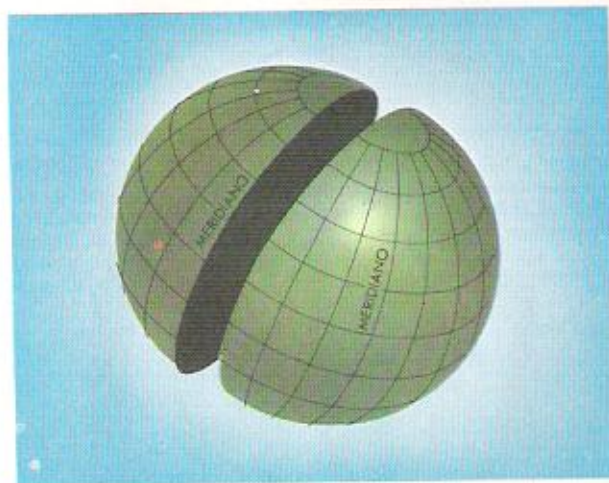
AQUÍ ESTA EL POLO NORTE

FIG. 77. En algún lugar de esta fotografía, que abarca un área de unos cuatro kilómetros cuadrados de la capa de hielo que cubre el Océano Ártico, se encuentra el punto que corresponde al Polo Norte. Hasta hace pocos años este lugar había sido visto solamente por unos cuantos exploradores audaces, pero actualmente vuelan sobre el Polo Norte todos los días aviaadores del servicio meteorológico de Estados Unidos, que parten de Fairbanks, Alaska, y después de 8 horas y media de vuelo llegan sobre el extremo norte del eje terrestre. (Fotografía de la Fuerza Aérea Norteamericana.)

dedor de un eje imaginario. Los extremos del eje terrestre son los polos (figura 75).

A igual distancia de ambos polos podemos situar un círculo imaginario, denominado *ecuador*, que divide a la tierra en dos mitades.

43. Los paralelos y los meridianos. Al observar atentamente una esfera que represente



nuestro planeta, encontramos señalados en ella los puntos correspondientes a ambos polos y la línea del ecuador. Además, veremos en la esfera otras líneas que poseen gran importancia para nuestro propósito de determinar las posiciones de los distintos puntos.



FIG. 81. Los paralelos y los meridianos forman la red de coordenadas geográficas o red de círculos de la esfera. El ecuador, los círculos polares y los trópicos son los paralelos más importantes.

Trazadas sobre la esfera, paralelamente al ecuador, se pueden observar otras líneas, denominadas paralelos. En la figura 79, vemos que todos los paralelos son círculos menores que el ecuador. Esto se debe a que la tierra es una esfera. Todos los paralelos, excepto el ecuador, dividen a la tierra en dos partes desiguales.

Los meridianos son líneas trazadas sobre la esfera, de norte a sur, uniendo ambos polos. Cada meridiano es la mitad de un círculo máximo, que

nombre que damos a cada una de las mitades en que puede dividirse la esfera terrestre.

El ecuador divide a la tierra en dos hemisferios denominados hemisferio norte o septentrional y hemisferio sur o meridional.

Aunque todos los círculos máximos pueden dividir la tierra en dos hemisferios, se ha adoptado el meridiano que pasa por Greenwich, Londres, y su continuación, el meridiano que señala los 180°, para dividir a la tierra en dos hemisferios, occidental y oriental (figura 83).

45. Qué es la latitud y cómo se mide.

Para determinar la posición de un lugar es necesario conocer la latitud y la longitud en que se encuentra situado, como ya vimos. Para ello necesitamos saber qué paralelo y qué meridiano se cortan en el lugar que nos interesa.

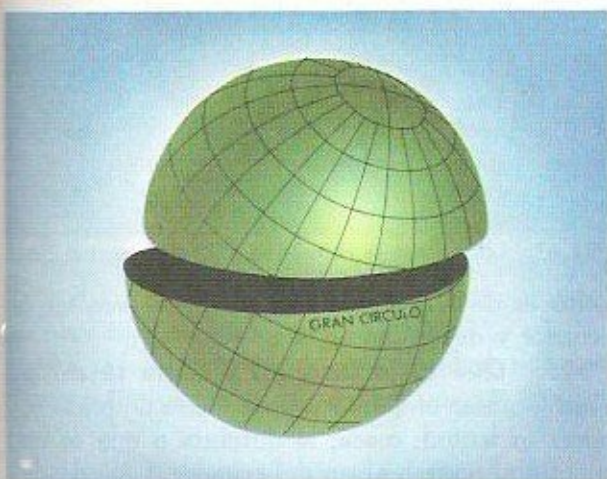


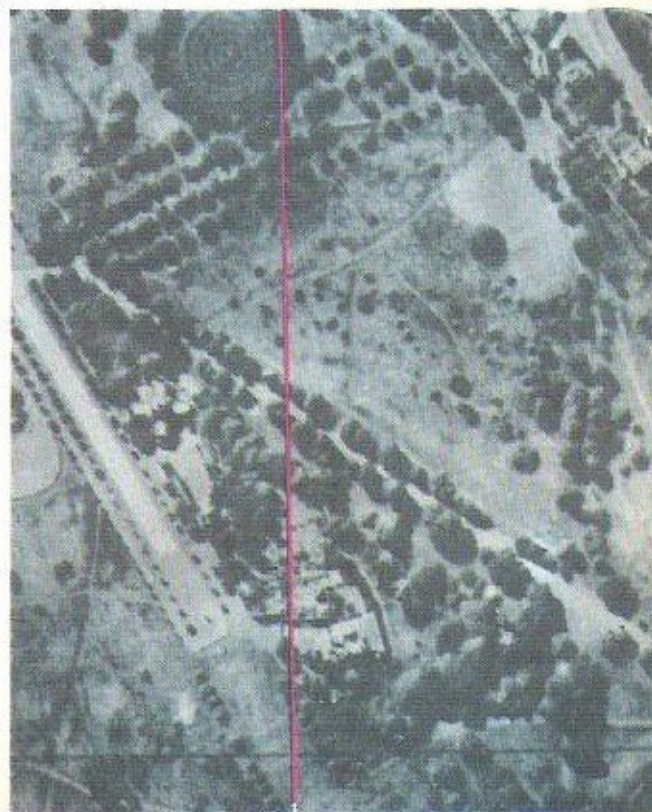
FIG. 82. Todo círculo que divida a la tierra en dos mitades o hemisferios es un círculo máximo o gran círculo.

divide a la tierra en dos partes iguales o hemisferios.

44. Los hemisferios. Hemisferio quiere decir mitad de la esfera. Hemisferio terrestre es el

LONGITUD OESTE ← 0° → LONGITUD ESTE

FIG. 83. EN ESTA VISTA AEREA DEL OBSERVATORIO DE GREENWICH la línea roja trazada sobre la fotografía representa el Primer Meridiano, o Meridiano Cero. La línea une los puntos situados en la longitud cero. La zona de la fotografía situada a la izquierda de la línea, se encuentra en la longitud oeste, y la situada a la derecha, en la longitud este.



La latitud es la distancia, medida en grados, entre un lugar cualquiera de la superficie terrestre y el ecuador.

Como el ecuador divide a la tierra en dos hemisferios, norte y sur, la latitud será norte o sur, según el lugar esté situado al norte o al sur del ecuador.

Pero, ¿cómo se mide la distancia de un lugar al ecuador? Primero, debemos recordar que toda circunferencia puede ser dividida en 360 partes iguales llamadas *grados*. La mitad de la circunferencia mide, pues, 180 grados, y una cuarta parte o cuadrante, 90 grados.

Los grados se indican mediante el signo °; así, 20° equivale a 20 grados. Cada grado se divide

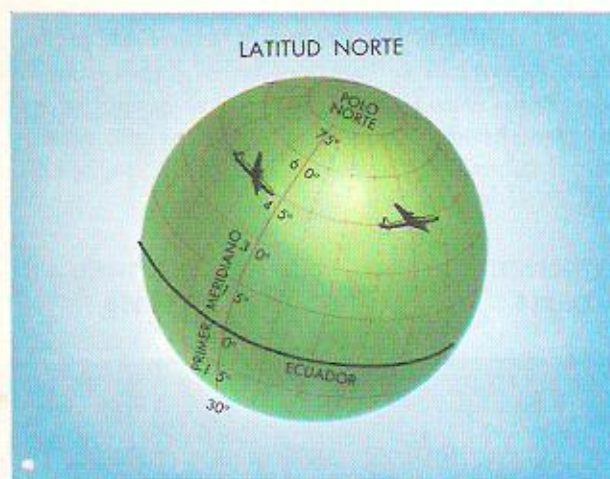


FIG. 84. Los aviones se encuentran a 45° de Latitud Norte.

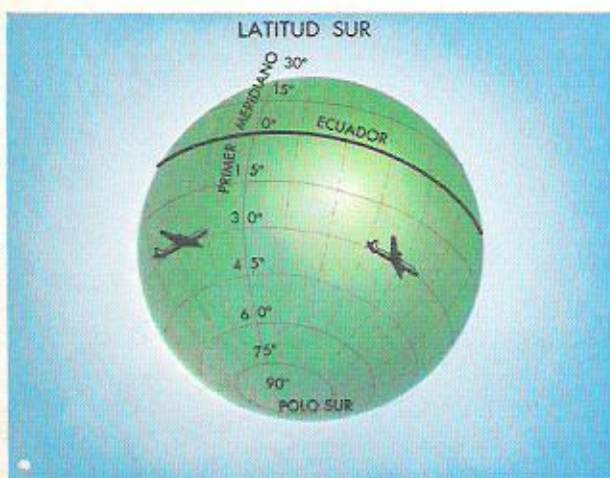


FIG. 85. Los aviones se encuentran a 30° de Latitud Sur.

en 60 minutos (60') y cada minuto en 60 segundos (60").

La distancia entre el ecuador y cada uno de los

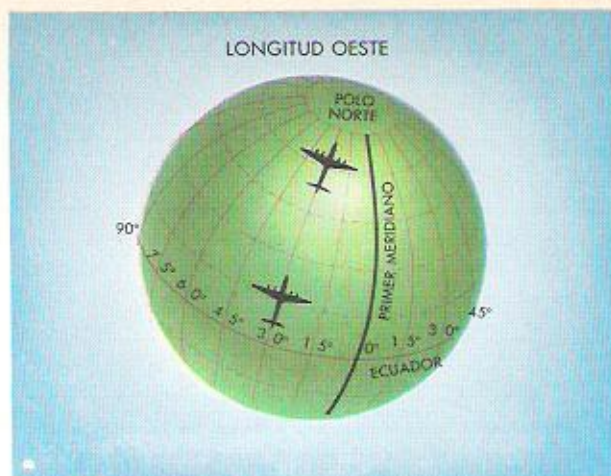


FIG. 86. Los aviones se encuentran a 30° de Longitud Oeste.

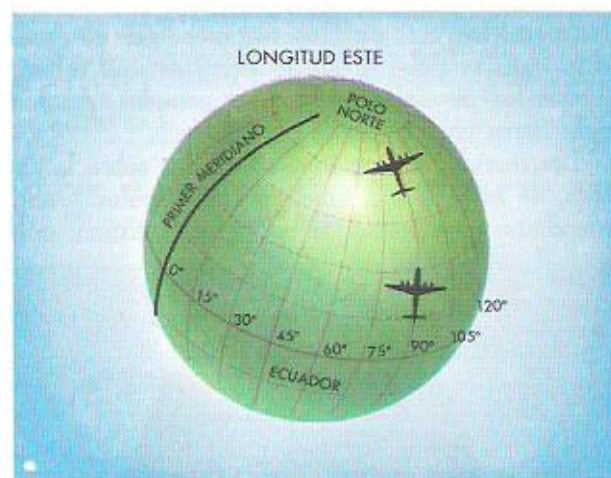


FIG. 87. Los aviones se encuentran a 90° de Longitud Este.

polos es de 90°. La latitud es, pues, cero en el ecuador y de 90° en ambos polos.

46. Qué es la longitud y cómo se mide.

Para localizar un punto sobre la tierra no basta conocer su latitud, o sea, la distancia a que se encuentra al norte o al sur del ecuador. Cuando deseamos localizar una casa no nos basta saber en qué calle se encuentra, sino que necesitamos conocer su situación dentro de la calle. Cada paralelo es como una calle gigantesca alrededor de la tierra y para localizar un punto sobre él necesitamos conocer el meridiano que lo corta en el lugar que buscamos.

Los meridianos nos sirven para medir la longitud. Mientras la latitud nos permite localizar un lugar al norte o al sur del ecuador, la longitud nos da la dirección este u oeste.

Como sobre la esfera pueden señalarse cuantos meridianos se deseen, la longitud se puede me-



FIG. 88.

dir partiendo de innumerables meridianos. Para facilitar la determinación de la longitud se llegó a un acuerdo internacional, eliminando la costumbre de que cada país tuviera su propio meridiano cero. Hoy se considera meridiano cero o primer meridiano el de Greenwich, barrio de Londres, capital de la Gran Bretaña (figura 83).

La longitud de un lugar de la tierra es, pues, la distancia medida en grados desde el meridiano que pasa por ese lugar al meridiano de Greenwich.

La longitud puede ser hasta 180° oeste o 180° este a partir del primer meridiano, como se ve en la figura 88.

De esta manera es posible localizar cualquier punto sobre la esfera si conocemos exactamente la latitud (norte o sur) y la longitud (este u oeste) en que se encuentra (figura 89).

47. Los trópicos y los círculos polares. Hay cuatro paralelos que poseen una significación

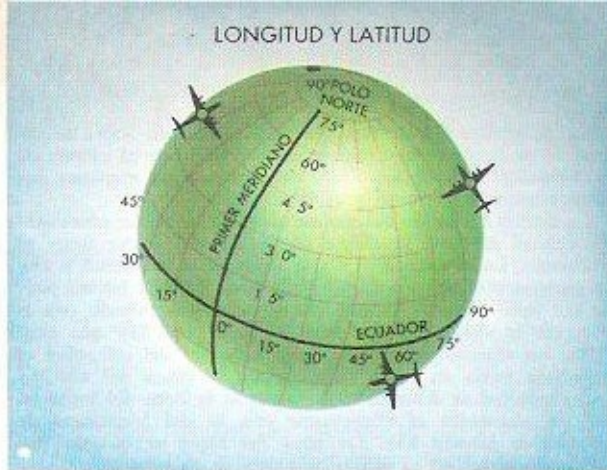


FIG. 89. El avión A se encuentra a 40° Lat. N. y 105° Long. E.; el avión B se encuentra a 20° Lat. S. y 65° Long. E. y el avión C a 35° Lat. N. y 55° Long. W.

especial. Son los trópicos y los círculos polares, que ya vimos en la figura 62.

Los trópicos son dos: de Cáncer y de Capricornio. El Trópico de Cáncer es el paralelo situado a $23^\circ 27'$ de latitud norte y señala la posición más septentrional que pueden alcanzar los rayos verticales del sol en el solsticio de verano (21 de junio).

El Trópico de Capricornio corresponde al paralelo de los $23^\circ 27'$ de latitud sur y señala también el límite máximo que alcanzan en el hemisferio sur los rayos verticales del sol en el solsticio de invierno (22 de diciembre).

Los círculos polares son paralelos situados a $23^\circ 27'$ de ambos polos. Señalan las posiciones alcanzadas por los rayos tangentes del sol en el solsticio de verano (Círculo Polar Antártico).

La posición de los trópicos y de los círculos polares es una consecuencia de la inclinación del eje terrestre (figura 59).

HECHOS E IDEAS FUNDAMENTALES DEL CAPITULO

Orientarse es saber distinguir los puntos cardinales.

Los puntos cardinales son los cuatro puntos principales que podemos determinar en el horizonte y se les denomina norte, sur, este y oeste. Los puntos cardinales existen porque la tierra rota. Si la tierra fuese una esfera inmóvil no habría puntos cardinales.

Tomando como base los puntos cardinales se distinguen 32 rumbos o vientos, cuyo conjunto forma la llamada rosa náutica o de los vientos.

De día es posible orientarse por el sol y de noche por la estrella Polar en el hemisferio norte, y por la Cruz del Sur en el hemisferio meridional. El medio de orientación más utilizado es la brújula.

(Pasa a la página siguiente)

COMO SE DETERMINAN LA LATITUD Y LA LONGITUD

La determinación de una posición cualquiera sobre la superficie de la tierra o el mar se realiza mediante el cálculo de la latitud y la longitud. Para este cálculo se emplean dos instrumentos: el sextante y el cronómetro.

La latitud se puede determinar durante la noche observando con el sextante la altura de la Estrella Polar sobre el horizonte. La altura de la Polar equivale a la latitud a que se encuentra el observador (figuras 91 y 92). La latitud puede ser determinada también al mediodía, observando con el sextante la altura del sol, pero en este caso hay que consultar un almanaque náutico, pues la altura del sol sobre el horizonte varía en cada latitud según la época del año.

La longitud se determina comparando la hora del lugar en que se encuentra el observador con la del Meridiano de Greenwich (figura 83). La hora del lugar se obtiene observando al sol en el punto más alto de su recorrido diario aparente en el cielo, que corresponde al mediodía (12 m.); la hora de Greenwich la conservan los navegantes en un reloj de precisión o cronómetro, o bien la obtienen escuchando las transmisiones radiales de los observatorios, que la anuncian cada cierto tiempo. Cada hora de diferencia entre la hora local y la de Greenwich equivale a 15 grados de longitud (figura 93).

Una vez determinada la latitud y la longitud, el navegante conoce con toda exactitud el lugar de la tierra o del mar donde se encuentra.

HECHOS E IDEAS FUNDAMENTALES

(Continuación)

La brújula consiste en una aguja imantada situada sobre un eje sobre el cual se mueve libremente. Uno de sus extremos señala siempre hacia el polo magnético del hemisferio donde nos encontramos.

Para determinar las posiciones de los distintos puntos de la superficie terrestre se emplean los meridianos y los paralelos.

Los paralelos son líneas trazadas sobre la esfera, paralelamente al ecuador. Todos los paralelos dividen a la tierra en dos partes desiguales.

Los meridianos son líneas trazadas sobre la esfera, de norte a sur, uniendo ambos polos. Cada meridiano equivale a la mitad de un círculo que divide a la tierra en dos hemisferios.

La latitud, que se mide utilizando los paralelos, es la distancia en grados entre un lugar de la tierra y el ecuador.

La longitud, que se mide utilizando los meridianos, es la distancia en grados entre un lugar de la tierra y el primer meridiano.

Si conocemos exactamente la latitud y la longitud de un lugar cualquiera sobre la superficie terrestre, nos será posible localizarlo sobre la esfera, sobre el mapa, o, en realidad, si realizamos un viaje con esa finalidad.



FIG. 90. Marino manejando el sextante.



FIG. 91. En el polo norte la Estrella Polar aparece formando un ángulo de 90° con el horizonte. La latitud es allí de 90° Norte.



FIG. 92. En New York la Estrella Polar forma un ángulo de 41° con el horizonte, lo cual indica que la latitud de la ciudad es de 41° Norte.



FIG. 93. El buque de la izquierda tiene una diferencia de dos horas con Greenwich. Como su hora es antemeridiano, ello indica que está a 30° al oeste. El de la derecha, en cambio, tiene igual diferencia de hora, pero al ser p. m. su longitud es este. Cada hora de diferencia representa 15° de longitud. ¿Por qué?

Nuestras medidas de tiempo se basan en los movimientos de la tierra. El período que demora la tierra en dar una vuelta completa sobre su eje (rotación) lo llamamos *día*; y el período que demora en completar el recorrido de su órbita en torno al sol (traslación), es el *año*.

48. El día. Como la tierra es una esfera que gira sobre un eje, mientras realiza este movimiento de rotación cada uno de sus puntos va pasando sucesivamente frente al sol, como puede verse en la figura 95.

El sol, debido a la forma esférica de la tierra sólo ilumina un hemisferio en cada momento. Cuando el lugar que habitamos se encuentra en el hemisferio iluminado, es día para nosotros; y cuando corresponde al hemisferio en tinieblas, es noche.

La sucesión invariable de los días y las noches, como ya vimos (§ 25), influye decisivamente sobre la vida humana y, por ello, la medida del tiempo tiene gran importancia para el hombre.

Desde épocas remotas comenzó el hombre a medir el tiempo. Cada día veía salir el sol por el este, y, aproximadamente doce horas después, lo veía ponerse por el oeste. Pronto inventó un *reloj de sol* (figura 94), que le permitía calcular la duración del *día natural*, nombre que damos al período comprendido entre la salida y la puesta del sol. Luego llegó al concepto de *día*, o sea, el período de un día y una noche completas.

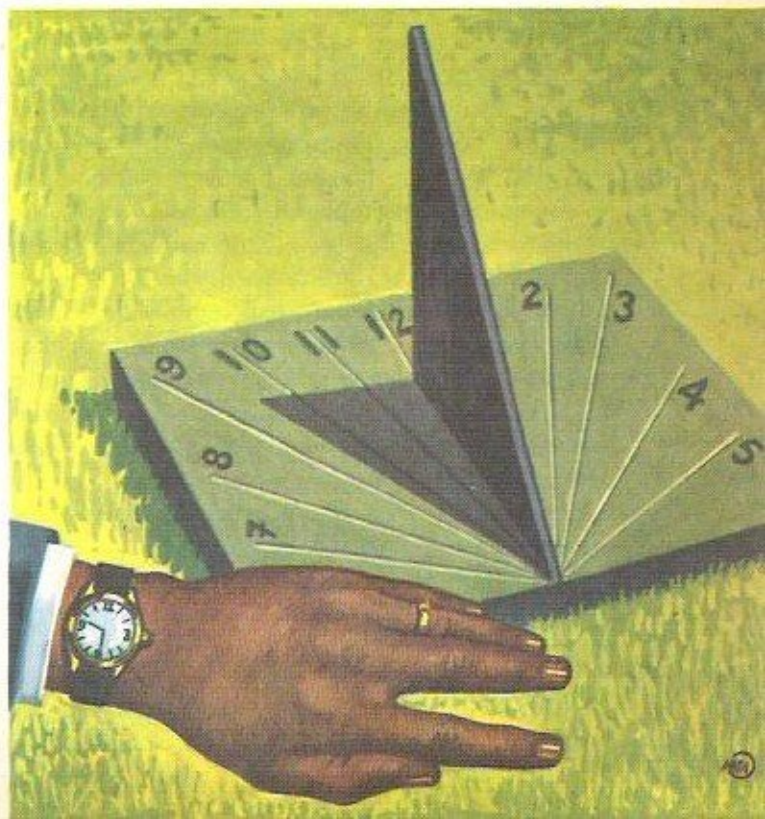
Los habitantes de Mesopotamia, hace varios millares de años, dividieron el día en 24 horas. Se cree que escogieron esta cifra por lo fácil que es subdividirla en mitades y cuartos. Como los babilonios habían dividido también el círculo en 360°, y la varilla del reloj de sol arrojaba su sombra sobre un círculo, acabaron dividiendo cada hora en sesenta minutos, al igual que los grados del círculo, y cada minuto en sesenta segundos, fórmula que se ha empleado desde entonces.

El día, como ya sabemos, no es más que el tiempo que demora la tierra en completar una vuelta sobre su eje. El método más exacto para medir la duración de la ro-

tación terrestre consiste en observar el paso de una estrella determinada por el meridiano de un lugar, dos veces consecutivas. Este *día sideral* es el más exacto de todos y mide 23 horas, 56 minutos y 4 segundos. Este es el método que emplean los observatorios astronómicos.

El *día solar* es el período comprendido entre dos pasos del sol sobre el meridiano de un lugar. Decimos que el sol pasa por el meridiano de un lugar cuando, en su movimiento aparente por la esfera celeste, lo vemos llegar al punto más alto que puede alcanzar en el firmamento ese día. Este punto es el *cenit*, y nos indica que es mediodía de acuerdo con la hora solar local.

FIG. 94. EL RELOJ DE SOL señala la hora solar del lugar, de acuerdo con la marcha aparente del sol por el cielo. Durante muchos siglos fue el instrumento más empleado para medir el tiempo. La principal dificultad de los relojes de sol se debe a que todos los días no tienen una duración igual, ya que el movimiento aparente del sol es más rápido cuando se encuentra más cerca de la tierra que cuando está más lejos. Para evitar esto, los relojes mecánicos son regulados de acuerdo con el día solar promedio, por lo cual algunas veces su hora no coincide exactamente con la del reloj solar.



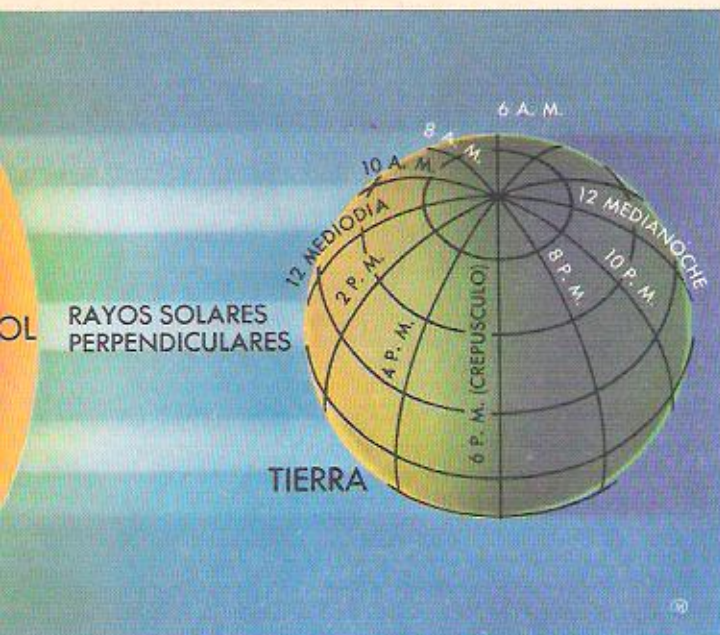


FIG. 95. LAS HORAS SE SUCEDEN debido al movimiento de rotación de la tierra.

El día solar mide cuatro minutos más que el día sideral. Este aumento se debe a que la tierra no sólo gira sobre sí misma, sino que también se mueve alrededor del sol (figura 52), por lo cual recorre cada día cerca de 2 400 000 Km de su órbita. Debido a este cambio de posición en el espacio, la tierra tiene que rotar cada día un grado más, o sea, 361° antes de que un meridiano pueda volver a pasar frente a los rayos verticales del sol. El día solar tiene otras variaciones, ya que nuestro planeta se mueve con mayor rapidez cuando está más cerca del sol durante parte del año, que cuando está más alejado.

49. Día solar medio y día civil. Para evitar las dificultades que provocaría el empleo del día solar, por sus ligeras variaciones, se ha generalizado el empleo del *día solar medio*, de 24 horas exactas, que es el que marcan nuestros relojes. El día solar dura de mediodía a mediodía.

Los Gobiernos, además, han establecido en casi todas las partes el llamado *día civil*. En algunos países se acostumbra a numerar las horas a partir de la media noche, desde la una a la veinticuatro. Así, las 18 horas equivaldría a las 6 de la tarde. La costumbre más generalizada es la de dividir el día civil en dos mitades de doce horas cada una.

Desde que el día comienza, a las doce de la noche, hasta las doce del día —hora en que, teóricamente, el meridiano del lugar debe estar frente al sol—, las horas son denominadas *ante meridiano*. A partir de las doce del día y hasta las

doce de la noche en que comienza el día siguiente, las horas son denominadas *pasado meridiano*. De esta manera las 6 a.m. representan las seis de la mañana y las 6 p.m. las seis de la tarde.

50. Las diferencias de horas y los husos horarios. Solamente los lugares situados exactamente en el mismo meridiano tienen la misma hora. Debido a esto cualquier punto que no esté situado exactamente al norte o al sur de otro poseerá una hora distinta.

Las diferencias entre las *horas locales* de los distintos lugares de la tierra carecieron de importancia hasta que el progreso de las comunicaciones puso en contacto continuo a las más distantes regiones de la tierra.

La multiplicación de los medios de comunicación, y su rapidez, hicieron necesario un acuerdo sobre las diferentes horas, para evitar las confusiones. Así surgió el sistema de los *husos horarios*, auspiciado por los Estados Unidos (figura 96).

La teoría en que se basan los husos horarios es relativamente muy sencilla y puede explicarse de la manera siguiente: la esfera terrestre da una vuelta completa (rotación) cada 24 horas. De esta manera recorre un promedio de 15° cada hora, pues $360^\circ : 24 = 15^\circ$.

De acuerdo con lo anterior tenemos que cada punto de la superficie terrestre recorre 15° de la circunferencia, de oeste a este, cada hora. Por esto se ha dividido la tierra en 24 husos horarios, que abarcan 15° de longitud cada uno, como se ve en el mapa de la figura 96. En todos los puntos comprendidos dentro de los 15° , que abarca cada uno de los husos horarios, se considera que es la misma hora, aunque exactamente no sea así, pues hay entre ellos diferencias ($1^\circ = 4$ minutos).

51. El año. Mientras gira sobre sí misma la tierra se mueve también alrededor del sol, como sabemos, recorriendo su órbita a una velocidad de unos 29.7 Km por segundo. El tiempo que demora la tierra en recorrer su órbita es de unos 365 días y 6 horas, aproximadamente, y constituye el año.

De esta manera, cuando decimos que Colón descubrió la América en 1492, estamos significando que el Descubrimiento ocurrió durante la vuelta número 1 492, que dio la tierra alrededor del sol después del nacimiento de Nuestro Señor Jesucristo.

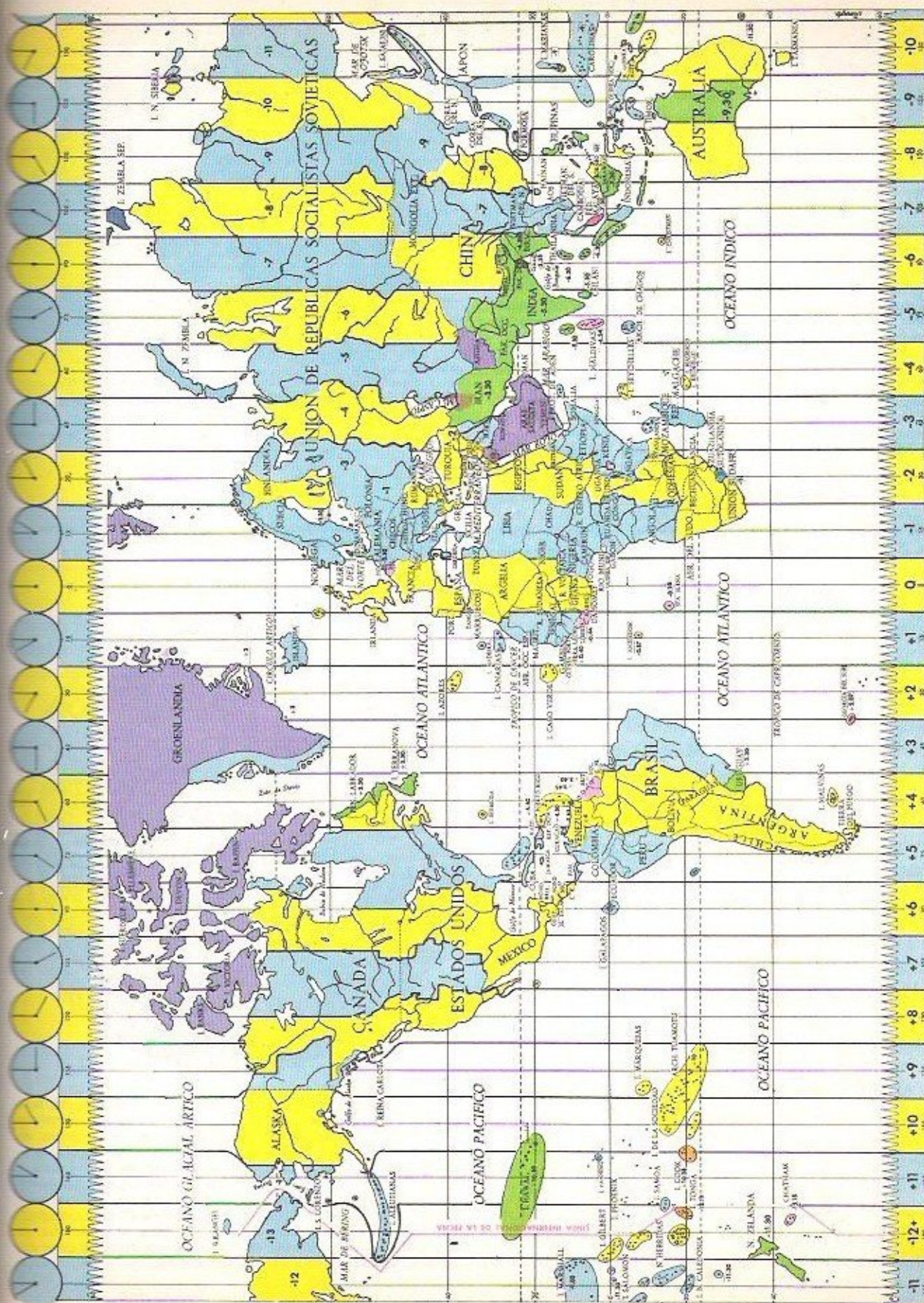


FIG. 96. MAPA DE LOS HUSOS HORARIOS. En el presente mapa-mundi aparecen indicadas las zonas que, modificando los husos, han establecido los Gobiernos para facilitar el sistema de la hora civil dentro de sus respectivos territorios. Hay países, como Estados Unidos, que cuentan con cinco zonas horarias. Observando el mapa, ¿puede señalar cuál es el país que cuenta con mayor número de zonas o husos horarios?

LOS HUSOS HORARIOS Y LA LINEA INTERNACIONAL DE LA FECHA

Al ser establecido el sistema de los husos horarios fue necesario determinar a partir de cuál meridiano comenzaría a contarse el nuevo día. La línea donde comienza el nuevo día del calendario se denomina Línea Internacional de la Fecha, que atraviesa el Pacífico de un polo al otro, sin pasar por ningún país importante (fig. 97).

La Línea Internacional de la Fecha no corresponde exactamente al meridiano de 180° , sino presenta desviaciones para impedir que atravesase algunas islas del Pacífico.

De acuerdo con el sistema de los husos horarios, como puede verse en la figura 96, un viajero que dé la vuelta al mundo, moviéndose siempre hacia el este, o sea, en la misma dirección en que rota la tierra, debe adelantar su reloj una hora por cada 15° de longitud que recorra. Si se dirige al oeste, en dirección contraria a la rotación terrestre, deberá atrasarlo.

Cuando un viajero atraviesa la Línea Internacional de la Fecha, debe repetir un día si se dirige de oeste a este; y debe omitir un día si viaja de este a oeste. Al oeste de la Línea es un día, y al este, es el día anterior. De esta manera si un avión sale de la isla de Wake en dirección a Hawái, en el Pacífico «habrá llegado antes de salir», pues al pasar la Línea Internacional de la Fecha habrá atrasado un día. Debido a esto podemos oír por la radio el domingo, noticias que «ocurrieron en Japón el lunes».

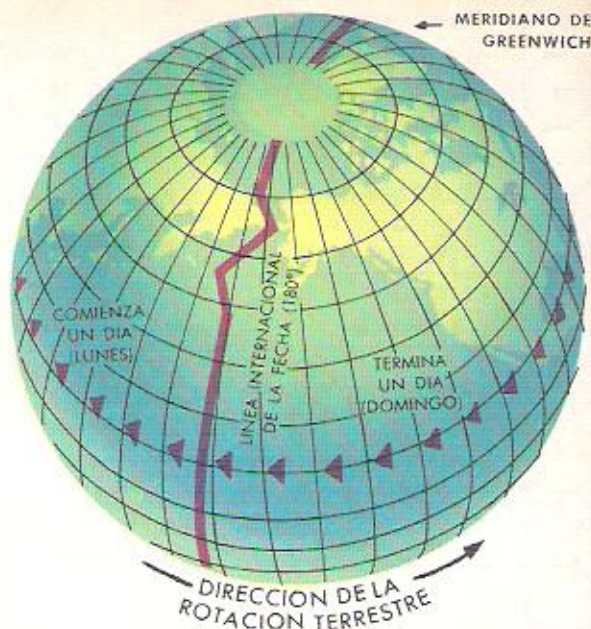


FIG. 97. La Línea Internacional de la Fecha sobre la esfera terrestre.

Como nuestro calendario consta de 365 días, divididos entre 12 meses, quedan seis horas sobrantes cada año. Esta dificultad es eliminada haciendo que cada cuatro años uno tenga 366 días. El día adicional de estos años bisiestos se agrega a febrero, que es el mes más corto.

52. El calendario. El más antiguo calendario de que hay noticia fue construido por los sumeros, en Mesopotamia, hace unos 5 500 años. No se basaba en la traslación de la tierra en torno al sol, sino en la traslación de la luna alrededor de la tierra. Era un *calendario lunar*, aunque modificado.

Los calendarios antiguos fueron casi siempre lunares y sus errores e inexactitudes se agravaban con el paso de los años. Julio César, por consejo de Sosígenes, astrónomo de Alejandría, estableció en el año 45 antes de Cristo un nuevo calendario para el mundo romano. El *Calendario Juliano* se basaba en que cada año tiene 365 días y cuarto, y establecía el sistema de años bisiestos.

Como el año tiene exactamente 365 días, 5 horas, 48 minutos y 46 segundos, cada año se iba acumulando un error de 12 minutos 4 segundos. En 1582, cuando el Papa Gregorio XIII se decidió



FIG. 98. EL CALENDARIO AZTECA es uno de los más notables creados por el hombre. La ilustración reproduce la piedra de veinte toneladas de peso, que se conserva en el Museo Nacional de México, y en la cual fue esculpido el calendario en el año 1479, trece años antes del descubrimiento de América por Colón. El calendario de los aztecas se derivaba del de los toltecas, quienes, a su vez, lo habían recibido de los mayas de Honduras. El calendario maya original fue formulado hace cerca de dos mil años y se basaba en una serie de observaciones astronómicas comenzadas unos mil años antes del advenimiento de Jesucristo.

Las Naciones Unidas auspician el establecimiento de un Calendario Mundial. Una de las innovaciones más interesantes de este calendario es la instauración del Día Mundial, que irá después del 30 de diciembre de cada año. Este día no tiene asignado día de la semana, por lo que cada año terminaría un 30 de diciembre, sábado, y comenzaría un domingo primero de enero. En los años bisiestos habría otro Día Mundial, que iría después del 30 de junio. El nuevo calendario establecería un sistema muy armónico, pues cada año comenzaría domingo y tendría igual número de días de labor; los trimestres tendrían siempre 91 días, que abarcarían trece semanas y

Enero - Abril Julio - Octubre	Febrero - Mayo Agosto - Noviembre	Marzo - Junio Septiembre - Diciembre
D L M M J V S	D L M M J V S	D L M M J V S
1 2 3 4 5 6 7	1 2 3 4	1 2
8 9 10 11 12 13 14	5 6 7 8 9 10 11	3 4 5 6 7 8 9
15 16 17 18 19 20 21	12 13 14 15 16 17 18	10 11 12 13 14 15 16
22 23 24 25 26 27 28	19 20 21 22 23 24 25	17 18 19 20 21 22 23
29 30 31	26 27 28 29 30	24 25 26 27 28 29 30

cada trimestre comenzaría un domingo. Cada mes tendría 26 días de la semana, más los domingos, y cada fecha caería siempre en el mismo día de la semana de cada año. Varios Gobiernos han aceptado ya esta reforma, cuyas ventajas vienen siendo divulgadas desde 1930 por la Asociación Internacional por la Reforma del Calendario.

a rectificar el calendario Juliano, el atraso ascendía a diez días. El Papa Gregorio convirtió el primero de julio de aquel año en el día once y estableció, para rectificar sistemáticamente el error, que todos los últimos años de los siglos terminados en dos ceros no sean bisiestos, con excepción de los que resulten múltiplos de cuatro. Así, dejaron de ser bisiestos los años 1700, 1800 y 1900.

El Calendario Gregoriano ha sido aceptado prácticamente por todos los países, aunque algunas naciones no católicas demoraron su adopción.

En los últimos años se ha intensificado un movimiento en favor de la adopción de un nuevo calendario, denominado *Calendario Mundial*, para evitar algunas de las dificultades del Calendario Gregoriano. Este nuevo calendario consta de doce meses, cuya duración es de 30 y 31 días, pero todos los trimestres y semestres tienen igual duración. Entre las ventajas que se le acreditan, se encuentra que todas las festividades cristianas y patrióticas caerán siempre el mismo día del mes y de la semana.

HECHOS E IDEAS FUNDAMENTALES DEL CAPITULO

Nuestras medidas del tiempo se basan en los movimientos de la tierra.

El período que demora la tierra en dar una vuelta completa sobre su eje (rotación) lo llamamos día, y el período que demora en completar el recorrido de su órbita en torno al sol (traslación) lo llamamos año.

El día solar medio abarca de un mediodía al mediodía siguiente, y consta de 24 horas.

El día civil comienza a partir de la me-

dianoche. Las primeras doce horas del día civil son denominadas ante meridiano y las doce horas siguientes pasado meridiano.

Como solamente los lugares situados en el mismo meridiano poseen exactamente la misma hora, se ha establecido el sistema de los husos horarios. Cada uno de los 24 husos horarios en que se divide la superficie de la tierra abarca 15° de longitud; dentro de cada huso horario se considera que la hora es la misma.

LAS REPRESENTACIONES GEOGRAFICAS

Sería imposible estudiar la geografía de toda la tierra, o de una parte de ella, sin disponer de una *representación* adecuada de nuestro planeta, o del área particular que nos interese.

La representación de la totalidad de la tierra podemos lograrla empleando una *esfera* (figura 100). Los mapas pueden servirnos para representar la totalidad de la tierra o una parte de ella.

Las esferas y los mapas son imprescindibles para el estudio de la geografía, pues solamente ellos nos dan una visión adecuada de los numerosos y complejos fenómenos geográficos. Una buena esfera o un buen mapa contienen más información, si sabemos interpretarlos, que la que encontraríamos en centenares de páginas escritas. Por todo esto se ha dicho que intentar aprender geografía sin mapas es como querer aprender a nadar sin agua.

53. La esfera es la mejor representación de la tierra. Como la tierra es un esferoide, la *esfera* es su mejor representación. La esfera o *globo terráqueo* se encuentra en toda aula de geografía (figura 100). Sobre su superficie cur-

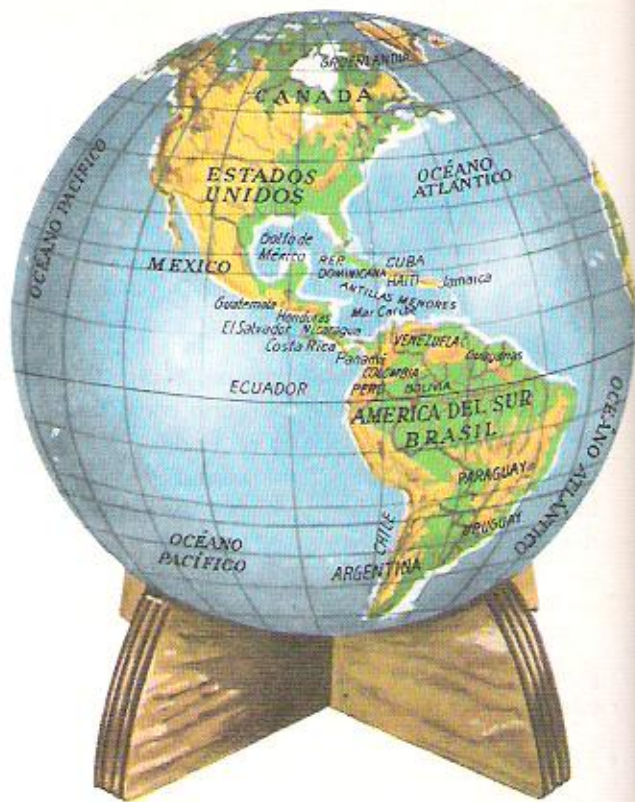


FIG. 100. UNA ESFERA es la mejor representación de conjunto de nuestro planeta.

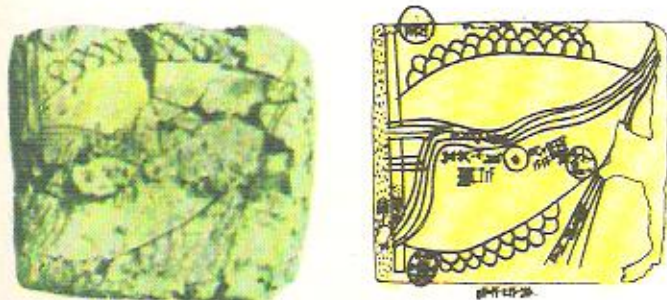


FIG. 99. EL MAS ANTIGUO MAPA CONOCIDO (2700 A.C.) fue dibujado con un punzón sobre arcilla húmeda por un cartógrafo acadio, hace más de 4.600 años, para que sirviera de guía a algún conductor de caravanas. El comercio que existía entre las distintas partes de Mesopotamia obligaba ya al empleo de mapas. A la derecha, aparece una copia que aclara los principales detalles del mapa.

vá están representados los continentes y los océanos con su área y forma sin *desfiguración*. Sobre la esfera es posible observar también las direcciones y las distancias, representadas correctamente.

Una esfera es, en suma, una *representación* de cómo podríamos ver a la tierra si pudiéramos alejarnos lo suficientemente de ella en un viaje por el espacio. Nadie puede visualizar adecuadamente el mundo, y adquirir un conocimiento básico de la geografía, sin estudiar cuidadosamente una esfera.

A pesar de las ventajas fundamentales que como representación geográfica ofrece la esfera,

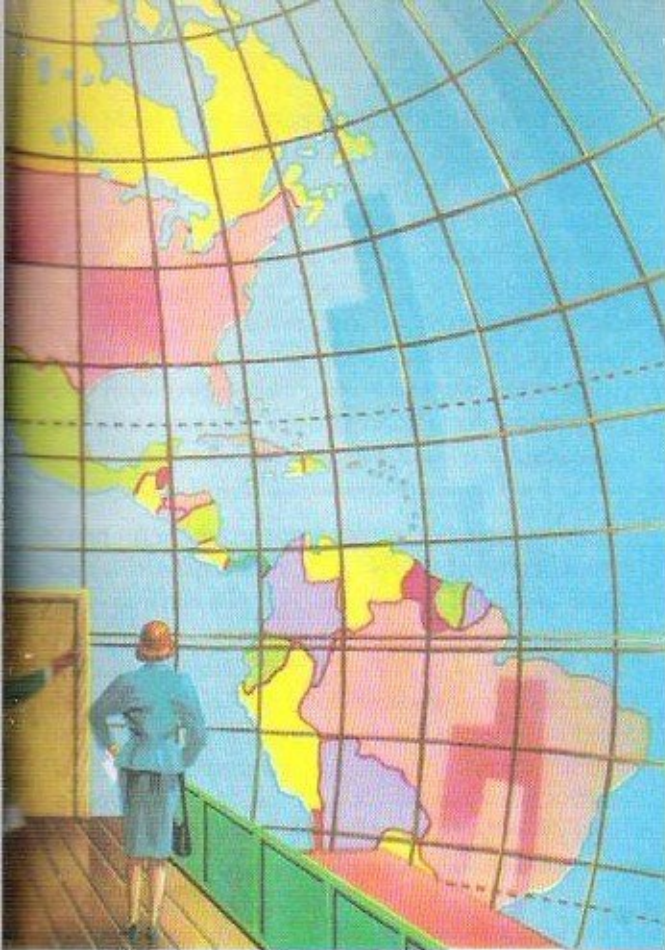


FIG. 101. AL CONTEMPLAR LA REPRESENTACION DEL MUNDO DESDE EL INTERIOR DE UNA ESFERA GIGANTESCA, los visitantes de la redacción de un periódico de Boston pueden tener una idea muy exacta de las áreas y direcciones de las distintas regiones de nuestro planeta. El globo, construido de cristal y sostenido por una estructura de bronce, tiene diez metros de diámetro. A pesar de las grandes dimensiones de esta esfera, el área del Caribe aparece muy pequeña, como puede observarse en el grabado. La principal desventaja de las esferas es la imposibilidad de representar la totalidad de la tierra a gran escala.

posee también algunas desventajas que dificultan su empleo:

- 1) En la esfera no pueden verse los dos hemisferios al mismo tiempo.
- 2) A menos que la esfera sea muy grande, contiene relativamente poca información, pues las áreas aparecen en tamaños muy reducidos.
- 3) Aunque las esferas no sean muy grandes, su manejo resulta difícil. Los automovilistas y aviadores, por ejemplo, no pueden utilizarlas mientras viajan.
- 4) Las esferas son muy costosas.

54. Los mapas. Un mapa o carta es una representación, total o parcial, de la superficie cur-

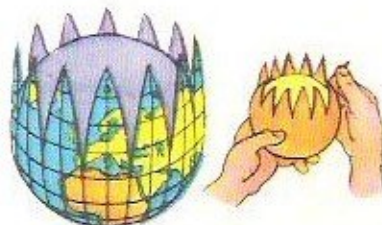
va de la tierra sobre una *superficie plana*, casi siempre una hoja de papel.

El mapa posee muchas ventajas comparado con la esfera, pero tiene también ciertas desventajas. Entre las ventajas figuran la facilidad de su manejo y la posibilidad de representar en tamaño mayor las áreas que en la esfera aparecen muy pequeñas.

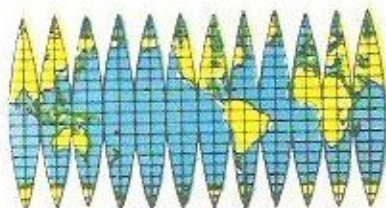
POR QUE LOS MAPAS REPRESENTAN DEFORMADA LA SUPERFICIE TERRESTRE



La tierra es esférica.



Para representar su superficie curva sobre un plano tendríamos que dividirla en secciones, como hacemos al pelar una naranja.

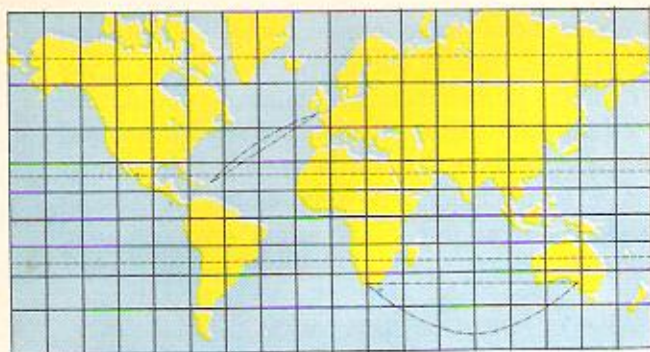


El resultado sería una serie de segmentos, cuya superficie seguiría siendo curva.



Al unir esos segmentos en una superficie plana continua, se producirían necesariamente deformaciones, como las que aquí vemos. Por eso los mapas nunca pueden representar exactamente la superficie terrestre.

FIG. 102



PROYECCION MERCATOR

Esta proyección, creada por el cartógrafo Mercator, en 1569, es la favorita de los marinos, pues es la única proyección en la cual las direcciones marítimas pueden trazarse en línea recta sobre el mapa. En esta proyección los meridianos y paralelos son líneas rectas, que se cortan en ángulos rectos. Corresponde al tipo cilíndrico, aunque modificado. Los meridianos están a igual distancia, pero como los paralelos se alejan hacia los polos, las tierras árticas aparecen muy exageradas.

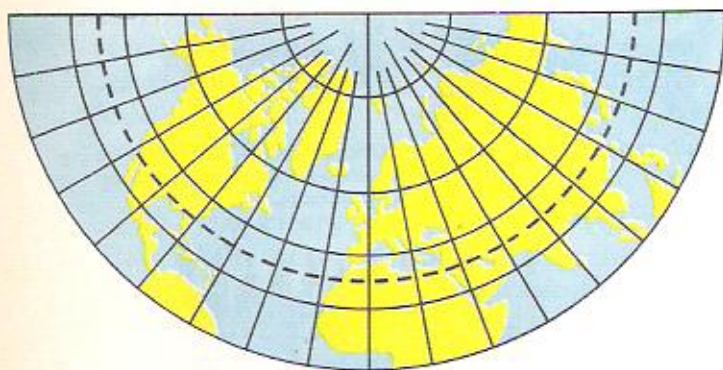


PROYECCION ORTOGRAFICA



PROYECCION GLOBULAR.

La proyección ortográfica nos presenta un hemisferio como si lo viéramos desde gran distancia. Los paralelos mantienen su paralelismo y los meridianos coinciden en los polos, como ocurre en la esfera. Las tierras próximas al ecuador aparecen en forma y área correctas, pero hay mucha deformación hacia los polos. La proyección globular corrige muchos de los defectos de la anterior y es considerada la mejor proyección conocida para representar un hemisferio.



PROYECCION CONICA SIMPLE

En la proyección cónica los meridianos semejan los rayos de una rueda, separados entre sí por distancias iguales, los cuales convergen hacia los polos. Los paralelos son arcos concéntricos situados a igual distancia unos de otros. Se emplean para mapas de países de las latitudes medias (zonas templadas), donde esta proyección presenta la configuración y los accidentes geográficos con errores muy pequeños.

FIG. 103. DISTINTOS TIPOS DE PROYECCIONES

La mayor desventaja que presentan los mapas se debe a su naturaleza plana, pues la superficie de la tierra es curva, y el mapa siempre contiene deformaciones, como puede verse en la figura 102. Solamente en los mapas de áreas muy pequeñas estas deformaciones carecen de importancia.

Para reproducir en la superficie plana de los mapas la superficie curva de la tierra, con la menor deformación posible, se emplean las *proyecciones*.

55. Las proyecciones. Si tenemos los meridianos y los paralelos trazados adecuadamente sobre una hoja de papel, podemos dibujar el contorno de un continente o de una isla situando en

la latitud y longitud exactas cada uno de los puntos correspondientes a los cabos, golfos, bahías, penínsulas y otros accidentes de las costas. Por ello, el primer paso en la construcción de mapas es la situación correcta sobre el papel de los meridianos y paralelos.

El problema de trasladar a la superficie plana del papel los círculos que forman los meridianos y los paralelos se resuelve mediante el empleo de las *proyecciones*. Una proyección puede definirse como una *red de paralelos y meridianos sobre la cual puede ser dibujado un mapa*.

Para trazar las proyecciones se emplean actual-

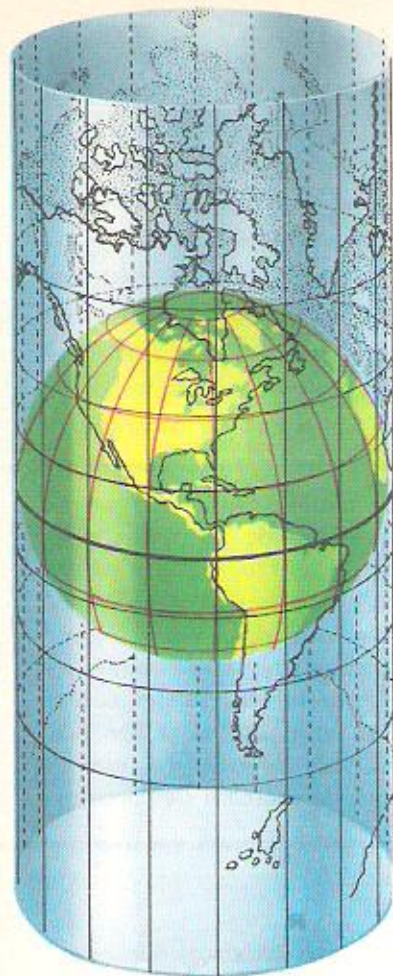


FIG. 106.
TEORIA DE LA PROYECCION CILINDRICA

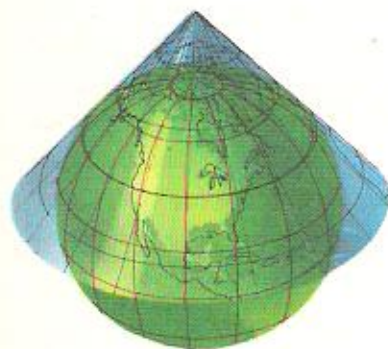


FIG. 107.
TEORIA DE LA
PROYECCION
CONICA

En los últimos años se han construido otras proyecciones de tipo cónico y polar modificado, que facilitan la navegación aérea, para la cual es inadecuada la proyección Mercator.

Unas proyecciones deforman mucho las tierras situadas hacia las zonas polares; otras, ofrecen una idea muy exacta de las formas de las tierras, pero falsean su verdadero tamaño, y algunas dan una impresión bastante exacta de las áreas terrestres pero modifican la configuración de los continentes.

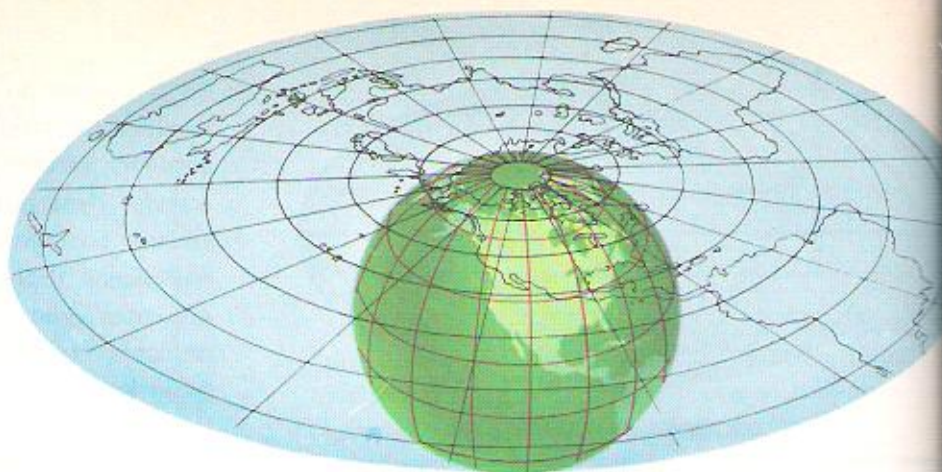


FIG. 105. TEORIA DE LA PROYECCION POLAR

COMO SON CONSTRUIDAS LAS PROYECCIONES

Las proyecciones responden a cálculos matemáticos muy complicados, pero la idea general de su construcción podemos explicarla así: imaginemos una esfera hueca, como la representada en estas figuras, sobre cuya superficie transparente han sido dibujados los paralelos y los meridianos. Si se coloca una luz en el interior y se sitúa una hoja de papel junto a la esfera, sobre el papel se proyectarán las líneas de los meridianos y los paralelos. Según la forma en que se sitúe el papel, variará la disposición de las líneas proyectadas. Si el papel se coloca formando un cilindro, tendremos una proyección cilíndrica (figura 106); si el papel tiene la forma de un cono, tendremos una proyección cónica (figura 107); y si el papel se sitúa sobre uno de los polos, tendremos una proyección polar (figura 105).

Las porciones situadas cerca de la zona donde el papel toca la esfera, representan con menos deformación las áreas correspondientes, mientras las más alejadas presentan grandes distorsiones.

En otras proyecciones se considera situada la luz fuera del globo y las proyecciones toman otros nombres.

Como es imposible que una proyección represente apropiadamente a la vez la forma y el tamaño o área de las regiones, se emplean distintas proyecciones según se desee obtener una representación más exacta de la forma o del área de la región que nos interesa.

El empleo de las distintas proyecciones se debe a la necesidad de utilizar, en cada caso la proyección que mejor responde al propósito del cartógrafo.

COMO UTILIZAR LOS MAPAS

Los mapas son representaciones gráficas de la superficie de la tierra. Hay muchas clases de mapas, pues varían, tanto por su tamaño y forma, como por la finalidad a que son destinados.

Todo mapa contiene una enorme cantidad de información geográfica, pero para obtener esa información hace falta aprender a leer los mapas.

Además de su valor para el estudiante de geografía, el mapa es muy útil a toda persona culta, debido a las facilidades de que hoy disponemos para viajar. Si sabemos leer los mapas de las ciudades (*planos*) y los mapas de carreteras, nos será

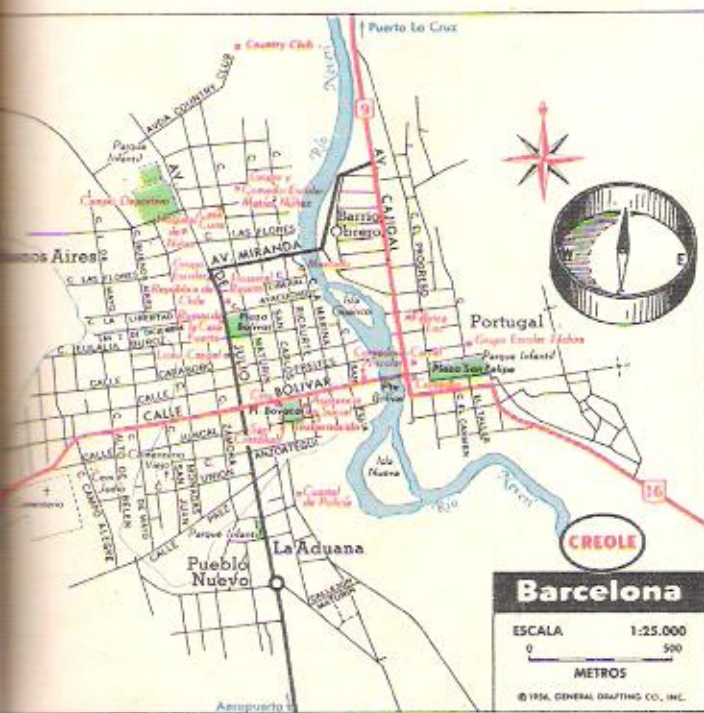
fácil recorrer un país desconocido, y obtendremos un conocimiento detallado de muchos aspectos de las zonas que visitemos con sólo consultar el mapa.

Para leer un mapa debemos poseer algunos conocimientos previos sobre cómo orientarlo, la escala a que está construido, la forma en que está representando el relieve y el significado de los símbolos que en él aparecen.

56. La orientación del mapa. Lo primero que debemos hacer para leer un mapa es orientarlo, o sea, colocarlo en forma tal que las direcciones del mapa coincidan con la realidad. En los mapas aparece comúnmente una Rosa Náutica o una flecha, que indica el norte. Casi siempre el norte corresponde a la parte superior del mapa; el sur, a la inferior; el este, a la derecha, y el oeste, a la izquierda.

Si no tenemos una brújula (figura 76) podemos colocar el mapa de manera tal que el lado que represente el este, corresponda con el este verdadero, que es, aproximadamente, por donde vemos salir el sol cada mañana. Los mapas que representan áreas pequeñas pueden ser orientados toman-

FIG. 108. LA ORIENTACION DE UN MAPA CON LA BRUJULA. Si poseemos una brújula es fácil orientar el mapa. Los mapas deben tener siempre una Rosa Náutica o una flecha que indique el norte. Si colocamos una brújula sobre el mapa y movemos éste hasta hacer que el norte de la brújula y el del mapa coincidan — como se ve en el grabado —, el mapa estará orientado y podremos guiarnos por él.



do como base algún elemento visible (figura 109). Una vez que el mapa esté orientado, podemos ir distinguiendo en él los datos que nos interesen.

57. La escala. Podemos considerar el mapa como una imagen reducida del área que representa, y, por ello, todas las medidas deben aparecer reducidas en la misma proporción. En el caso de que el mapa represente una reducción de 100 000 veces, cada centímetro que aparezca en el mapa debe corresponder a un kilómetro en la realidad.

La expresión numérica de la relación entre las dimensiones lineales sobre el mapa y las mismas dimensiones en la realidad, constituyen la escala.

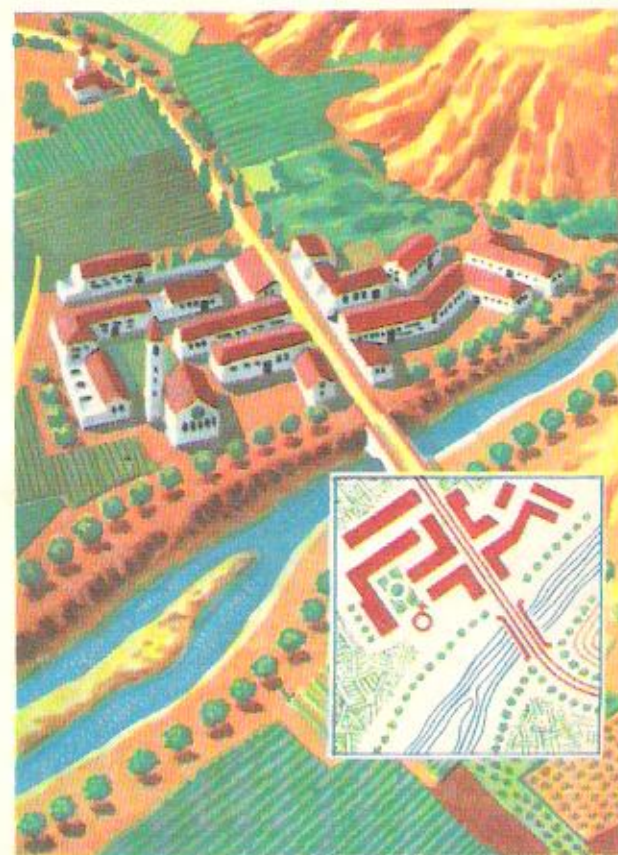
La escala de los mapas puede ser representada de tres maneras:

1) Mediante palabras y cifras.

En este caso la escala del ejemplo anterior sería:

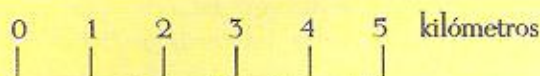
1 centímetro = 1 kilómetro

FIG. 109. MANERA FACIL DE ORIENTAR UN MAPA. Cuando viajamos por carretera o dentro de una ciudad, el método más fácil de orientar el mapa es hacer coincidir su dirección con la de la carretera o la calle en la cual nos encontramos, tal como indica la ilustración.



2) Mediante una representación gráfica.

En este segundo caso en una esquina del mapa estaría representada la escala en esta forma



donde se está indicando gráficamente que cada centímetro en el mapa representa un kilómetro en el terreno.

3) Mediante una fracción representativa

La indicación a emplear en nuestro ejemplo sería:

$$\text{Fracción representativa} = \frac{1}{100\,000}$$

o también F. R. 1 = 100 000

lo cual estaría significando que las distancias en el mapa constituyen una cienmilésima de las distancias reales sobre el terreno.

FIG. 110. MAPAS CONSTRUIDOS A DIFERENTES ESCALAS. Un mapa puede incluir, dentro de un mismo espacio, áreas mayores o menores, según la escala a que esté construido. En esta serie de ilustraciones es posible observar cómo en tres espacios iguales la ciudad de Caracas, capital de la República de Venezuela, aparece muy diferente, de acuerdo con las escalas utilizadas. En el mismo espacio que ocupa —a la izquierda— la zona inmediata al Centro Bolívar, en el área comercial de Caracas, se representa en el mapa central toda el área metropolitana caraqueña, mientras en el mapa de la derecha aparece una zona extensa de Venezuela.

El numerador de la fracción representativa es siempre la unidad. Mientras mayor sea el denominador menor será la escala del mapa.

En un mapa construido a gran escala es posible incluir numerosos detalles, pero según disminuye la escala menor es el número de datos que puede contener el mapa, ya que no hay espacio donde colocarlos.

Conociendo el uso de la escala podemos fácilmente saber la distancia que separa los distintos puntos representados en el mapa. De esta manera puede el viajero calcular su tiempo de viaje y escoger las rutas que resulten más favorables de acuerdo con sus planes.

58. Los símbolos del mapa. Un mapa no es una reproducción exacta de la superficie terrestre, sino una *representación*. El cartógrafo, al preparar el mapa, selecciona los hechos que considera deben ser representados, de acuerdo con la finalidad a que el mapa va a ser dedicado y representa esos hechos mediante *símbolos*. Estos

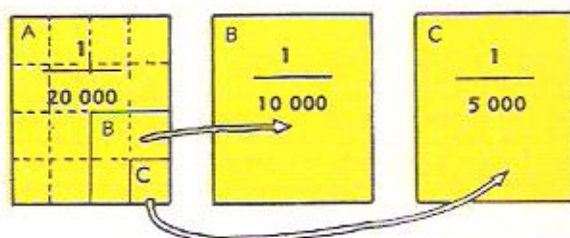
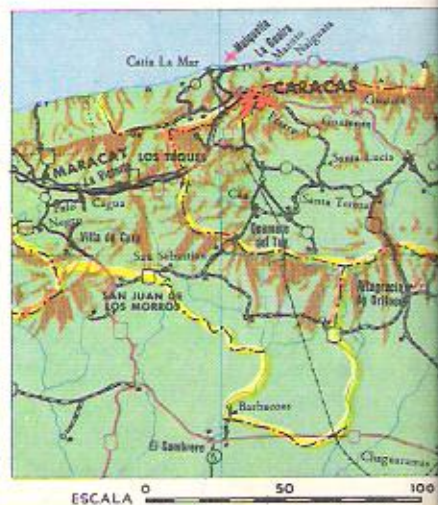
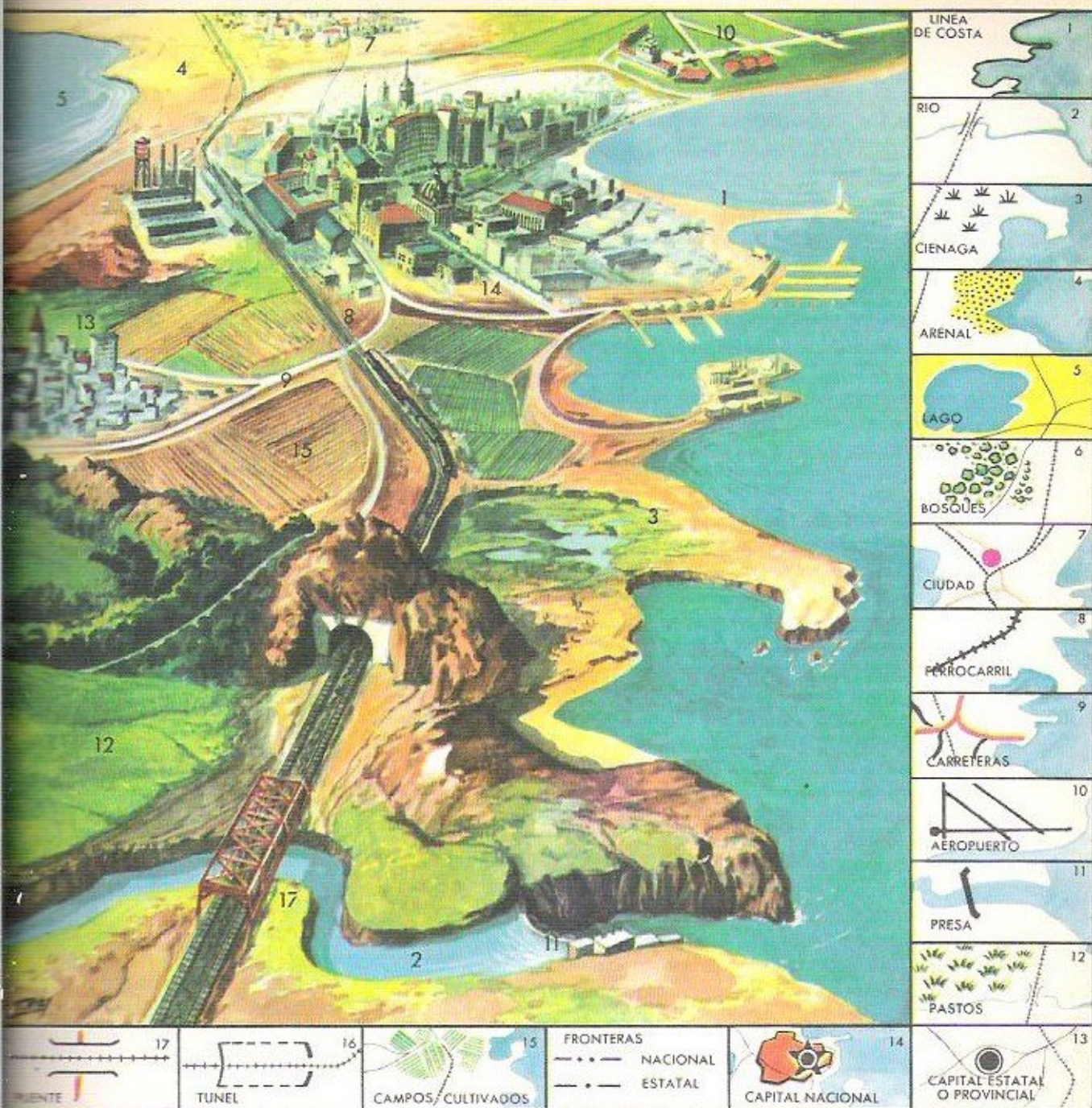


FIG. 111. El área que comprende el mapa varía en razón inversa al cuadrado de la escala. El mapa B tiene una escala dos veces mayor que la del mapa A, pero abarca un área equivalente a $1/4$ de la de A. El mapa C, con una escala cuatro veces mayor que la de A, abarca solamente $1/16$ de su área.





símbolos constituyen el lenguaje visual de los mapas (figura 112).

Hay mapas que representan el *relieve* de una región ⁽¹⁾; otros muestran la forma en que está distribuida la vegetación (figura 379), o las *diferencias climáticas* (figura 187), o cómo está distribuida la *población* (figura 403), o cómo es usada

(1) Ver el capítulo 18.

FIG. 112. EN LOS MAPAS SE EMPLEAN NUMEROSOS SIGNOS CONVENCIONALES para representar los hechos que deban ser destacados. Los símbolos que aparecen en este grabado son algunos de los más usados en los llamados mapas topográficos.

la tierra. Otros mapas representan las relaciones entre distintos hechos geográficos, u ofrecen varios aspectos de una región al mismo tiempo. Cuando

el número de fenómenos que se pretende representar en un solo mapa es muy grande, su lectura se hace difícil. Entre los mapas más fáciles de interpretar figuran los mapas de carreteras que se han divulgado mucho en los últimos años, pues todos los automovilistas los emplean.

Mientras mejor conozcamos los símbolos empleados por los cartógrafos para representar los distintos fenómenos geográficos, mayor cantidad de información obtendremos del mapa. Los mapas incluyen como referencia una serie de indicaciones sobre los símbolos especiales que contienen.

59. La representación del relieve en los mapas.

El relieve es la diferencia de nivel entre los distintos puntos de la superficie terrestre. La representación del relieve en los mapas se logra mediante la utilización de distintos métodos.

El método más empleado en la representación del relieve es el de las *curvas de nivel* (figura 113), pero también son muy utilizados los de *colores*, *sombreo* y el *fisiográfico* (figura 115).

El método que representa mejor el relieve en los mapas es el de las *curvas de nivel*. Las curvas trazadas en el mapa unen los puntos próximos que tienen igual altura. Cuando en un mapa de este tipo las curvas aparecen muy próximas unas a otras, quiere decir que la pendiente es muy abrupta; en cambio, cuando las curvas aparecen espaciadas se infiere que la pendiente es suave.

Las curvas de nivel permiten apreciar correctamente la altura y la forma de los distintos elementos del relieve terrestre. Como entre cada dos curvas consecutivas hay la misma diferencia de altura (*intervalo*), resulta relativamente fácil conocer la altura aproximada de cualquier punto del área del mapa (figura 113).

En los mapas murales destinados a la enseñanza se acostumbra a complementar las curvas de nivel con el uso de *colores*. Cada color cubre las zonas cuya altura corresponde a una determinada diferencia de nivel.

Aunque el método más lógico para representar el relieve parece ser el mapa de tres dimensiones, o *mapa en relieve*, su alto costo y difícil manejo limitan su empleo. Además, para que las diferencias en el relieve se hagan fácilmente perceptibles es necesario exagerar su escala vertical, lo que disminuye su valor. En los años recientes el Servicio Cartográfico del Ejército de Estados Unidos viene produciendo excelentes mapas de relieve empleando láminas de material plástico, cuyo costo es relativamente bajo. El uso de estos mapas se está generalizando (figura 117).

El método *fisiográfico*, llamado también *morfográfico*, ha sido creado en Estados Unidos y se emplea, principalmente, en mapas destinados al estudio de la geografía

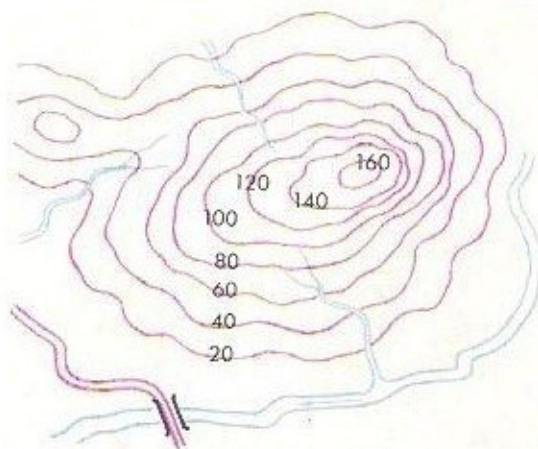
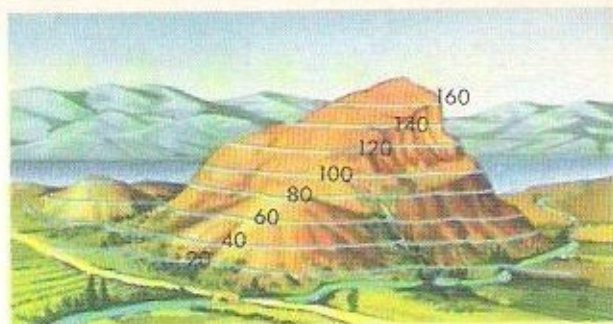


FIG. 113. LAS CURVAS DE NIVEL. En la colina del grabado aparecen señalados los distintos niveles, que después han sido trasladados al mapa. El intervalo, en este caso, es de 20 metros. Las curvas de nivel indican siempre la *altitud*, o sea, la altura sobre el nivel del mar, que se considera cero.

en las universidades. El relieve aparece en los diagramas fisiográficos como si estuviéramos observando el paisaje desde gran altura (figura 115). Representan muy claramente el relieve, pero su mayor defecto es que no son visibles las laderas de las montañas opuestas al observador. Los profesores Lobeck y Erwin Raisz son los maestros de este notable tipo de cartografía.

Cuando se desea representar el relieve de una parte de la superficie terrestre, en relación con su estructura, se emplean los llamados *diagramas de bloque* (figura 113-A).

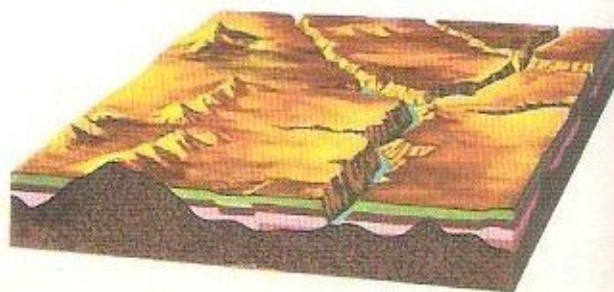
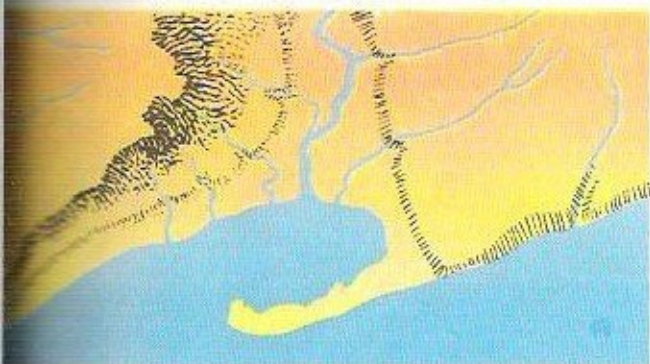


FIG. 113-A. DIAGRAMA DE BLOQUE



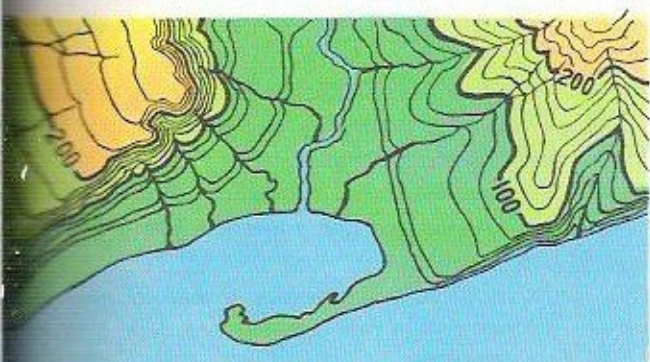
Este croquis, realizado por un artista, ofrece una vista de un área tal como la percibe el observador. Muestra un río que corre hacia el mar a través de su valle; se ven varios afluentes y otros ríos más pequeños, que desaguan independientemente. A ambos lados del valle hay alturas que presentan laderas abruptas unas, y más suaves otras. La diferencias de elevación que se observan en el croquis constituyen el relieve.



El método mas sencillo para expresar el relieve es el denominado de LINEAS DE MAXIMA PENDIENTE. Mediante líneas cortas trazadas desde la posición alta del terreno, se va indicando el relieve, haciendo mayor el grueso de la línea según sea mayor la pendiente. Las líneas de máxima pendiente representan bien el relieve, pero no indican con exactitud el grado de inclinación de la pendiente, o la altura real del terreno.



EL METODO DE SOMBREO consiste en representar el relieve sombreando las laderas de las elevaciones, en proporción a su mayor o menor pendiente; las pendientes más abruptas aparecen más oscuras que las más suaves. Este método es muy llamativo, pues visualiza muy bien el relieve, pero tiene el defecto de que no se puede determinar la elevación de cualquier punto, lo que sí es posible en un mapa de curvas de nivel.



EL METODO DE CURVAS DE NIVEL es el más preciso de todos los sistemas de representar el relieve. Cada curva une los puntos situados a igual altura. Las regiones de relieve muy abrupto aparecen indicadas por curvas situadas muy próximas unas a otras, mientras las curvas aparecen muy espaciadas en las regiones de pendientes suaves. Entre dos curvas consecutivas del mapa hay siempre igual diferencia de altura, o intervalo. Por eso es posible conocer, fácilmente, cuál es la altura aproximada de cualquier punto situado en el mapa.

FIG. 114. DISTINTOS METODOS UTILIZADOS PARA REPRESENTAR EL RELIEVE EN LOS MAPAS.

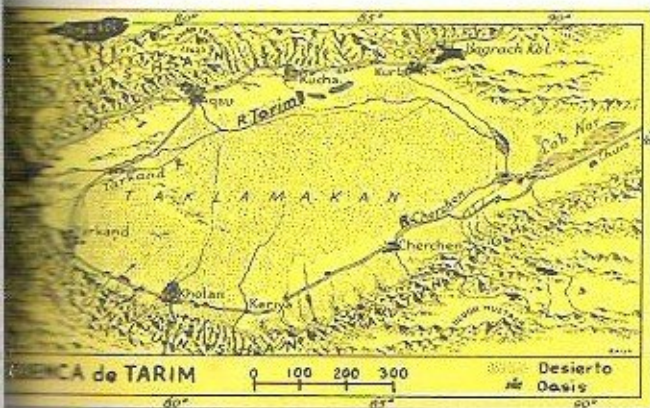


FIG. 115-A. Algunos de los símbolos empleados en los diagramas fisiográficos.

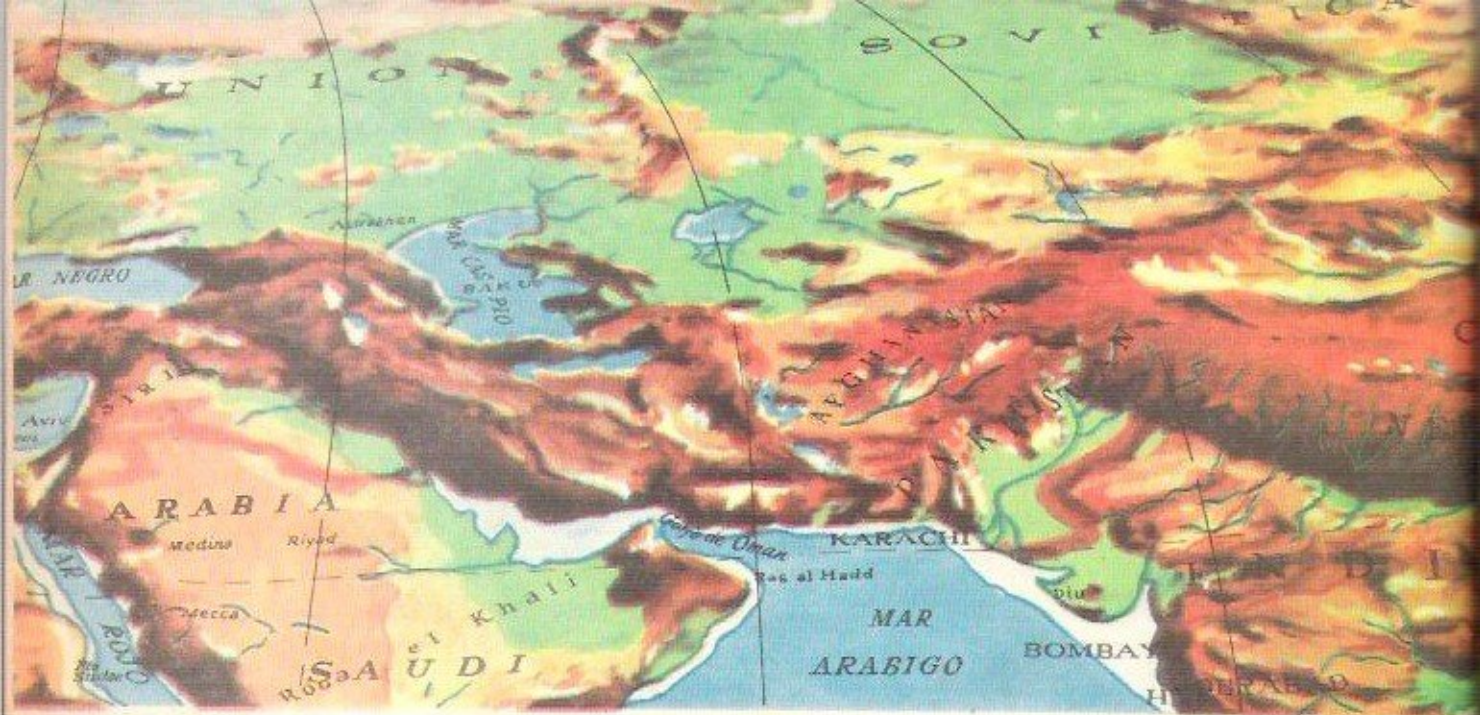


FIG. 116. En los últimos años se ha creado un nuevo tipo de mapa en relieve, utilizando materiales plásticos. Estos mapas, del tipo que reproduce la ilustración, eliminan dos de los principales obstáculos, que impedían la amplia utilización de los mapas en relieve: la dificultad de su manejo y su alto costo.

FIG. 117. Las fotografías aéreas son actualmente valiosos auxiliares de la cartografía y la geografía. Mediante cámaras automáticas de precisión, colocadas en aviones especiales, es posible fotografiar, en breve tiempo, extensas áreas, lo cual permite obtener excelentes mapas en periodos relativamente cortos. La presente foto corresponde a una sección del cañón del Río Grande o Bravo del Norte, límite entre Estados Unidos y México.



HECHOS E IDEAS FUNDAMENTALES DEL CAPITULO

Las esferas y los mapas son denominados representaciones geográficas.

Una esfera es una representación de cómo podríamos ver la tierra si pudiéramos alejarnos lo suficientemente de ella en un viaje por el espacio.

Aunque la esfera es la representación más correcta de la tierra posee muchas desventajas para su uso práctico, por lo cual se emplean preferentemente los mapas.

Los mapas son representaciones totales o parciales de la superficie curva de la tierra sobre una superficie plana, casi siempre una hoja de papel.

Todos los mapas, aun los más precisos, presentan algunas deformaciones en relación con la realidad. Esto se debe a la curvatura de la superficie terrestre.

Las proyecciones son métodos empleados para eliminar lo más posible las deformaciones provocadas por la representación de la superficie curva de la tierra en la superficie plana de los mapas.

Los mapas poseen numerosas aplicaciones y toda persona culta debe aprender a leerlos, a fin de poder captar toda la información que contienen.

Los mapas son imágenes reducidas de las áreas que representan. Todas las medidas aparecen reducidas en el mapa en la misma proporción. La escala es la expresión numérica entre las dimensiones lineales en el mapa y las mismas dimensiones en la realidad.