BIBLIOTECA ECONÓMICA

DEL MAESTRO DE PRIMERA ENSEÑANZA.

18 cm.
R-74-782

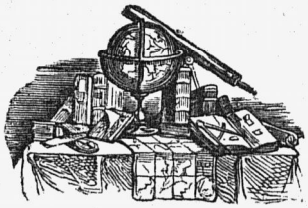
ESTUDIOS

DE

GEOGRAFÍA ASTRONÓMICA,

POR

D. JUAN DE DIOS DE LA RADA Y DELGADO.



BARCELONA.
LIBRERÍA DE JUAN BASTINOS É HIJO, EDITORES,
calle de la Boquería, número 47.
1866.

ES PROPIEDAD DE LOS EDITORES.

Barcelona.—Imp. de Jaime Jepús, Petritxol, 14.—1866.

A su queridísimo hermano Fabio, Catedrático de Geografía, por oposicion, en el Instituto de Málaga, dedica estos estudios

el autor,

Juan de Dios de la Rada y Delgado.

ADVERTENCIA PRELIMINAR.

No vamos á presentar en el libro que hoy ofrecemos al público, un tratado estenso y completo de Geografía astronómica. Ni la índole de la BIBLIOTECA á que pertenece la obra lo permite, ni el autor presume de poseer tan vastos conocimientos en la materia, que pueda acometer con segura conciencia de su resultado, obra de tanta importancia.

Dedicado hace algunos años á los estudios geográficos, cuya enseñanza ha tenido á su cargo en establecimientos públicos y particulares, se limita hoy á presentar á los encargados del noble magisterio de la primera educacion el resultado de esos mismos estudios, sin otro afán ni deseo que el de ser en algun modo útil á la distinguida clase de la sociedad, á quien está encomendada la difícil é ímproba tarea de abrir la primera el gran libro del saber, á la investigadora inteligencia de la humanidad.

Pero no porque la obra que empezamos se limite á la esfera que su título marca, dejarémos de consignar en ella cuanto en nuestro juicio pueda servir para que los Profesores tengan cabal idea de la Geografía astronómica, y para resolver los difíciles problemas que encierra esta ciencia, sin la cual serian vanos cuantos esfuerzos se hicieran para comprender debidamente la GEOGRAFÍA FÍSICA y la POLÍTICA. Todo lo que en nuestros ESTUDIOS encuentren los Profesores de primera enseñanza, estará basado

en los últimos adelantos de la ciencia, ó por lo menos en todos los que mas recientemente hayan llegado á nuestra noticia, pudiendo asegurar que no hemos perdonado medio ni diligencia alguna para realizar este proyecto, á fin de que nuestros lectores hallen en las cortas pájinas de este libro los principios fundamentales de la ciencia que le sirve de base.

Tambien hemos intentado con la sencillez y método en la esposicion de las ideas, hacer mas fácil su comprension, deseando evitar el que con un estilo didáctico demasiado severo, resultase pesada su lectura, y procurando valernos de la forma esplicativa, mas amena y agradable, y mas adecuada á Profesores, que ya han recibido una esmerada educacion científica y literaria.

Hacer comprensibles y fáciles los principios y verdades de la Geografía astronómica, es el principal objeto que nos hemos propuesto; asi es que nunca pasaremos de una á otra proposicion, de uno á otro pensamiento, sin que hayamos procurado llevar el convencimiento de los precedentes al ánimo de nuestros lectores, y sin que al proponer los varios problemas que ofrece la ciencia, no háyamos asentado bien y claramente las necesarias premisas, para que el entendimiento encuentre fácil y lógica la solucion.

Hemos omitido nociones preliminares de aquella parte de las Matemáticas, sin cuyo conocimiento no pueden comprenderse las verdades que enseña la Geografía, tanto porque los Profesores para quienes se publica esta Biblioteca ya tienen adquiridos los conocimientos necesarios de la ciencia de la exactitud, como porque ella forma tambien parte integrante de esta utilísima enciclopedia, en la que siempre podrán fundar sus editores un título de legítimo orgullo, pues con su publicacion contribuyen á generalizar todo linage de estudios, proporcionando á los *maestros*, tan pobremente recompensados en nuestra patria, medio fácil y económico de ampliar la esfera de sus conocimientos, lo cual de otro modo apenas podrian conseguir con sus insuficientes y exiguas asignaciones.

Solo sentimos que en la parte confiada á nuestro trabajo, no

corresponda el resultado á nuestras aspiraciones. Pero á lo menos permítasenos consignar antes de concluir estas líneas, que si en el presente, como en los demás libros, de cuya redaccion nos hallamos encargados en la BIBLIOTECA DEL MAESTRO DE PRIMERA ENSEÑANZA, no resulta toda la perfeccion á que aspiramos y que ojalá pudiéramos conseguir, no será en verdad por falta de amor á la ciencia, y á la digna clase á quien está dedicada la Biblioteca; clase á quien quisiéramos ver en el alto rango que la corresponde, como la encargada en conservar los verdaderos cimientos de nuestra creciente civilizacion.

ESTUDIOS

DE

GEOGRAFÍA ASTRONOMICA.

CAPITULO I.

DEFINICION DE LA CIENCIA.—DESLINDE DE SUS LIMITES, EN COMPARACION CON OTROS ESTUDIOS, QUE CON ELLA TIENEN ANALOGÍA.

Al empezar cualquiera clase de estudios, si su resultado ha de ser fructuoso, antes de todo es necesario fijar el verdadero valor de las palabras, y por consiguiente establecer la exacta definicion de la ciencia, arte ó cualquiera otra clase de conocimientos, cuyos principios, verdades y consecuencias deban desarrollarse en las páginas del libro que se trata de escribir.

Asi, nosotros empezaremos por establecer la definicion de la Geografia Astronómica, á fin de que se comprendan perfectamente cuales son su verdadero objeto y sus límites, y no se confunda con otras ciencias que tienen con ella íntimo enlace, ya porque le sirven de base y fundamento, ya porque á su vez la Geografía astronómica las preste su ayuda, con esa admirable hermandad

que une y sostiene, las múltiples y variadas ramas del gran árbol de la ciencia humana.

Entiéndese pues por *Geografía astronómica*, llamada en la edad media y todavía por algunos *Cosmografía*, aquella ciencia, que considerando á la tierra como un cuerpo celeste, demuestra la relacion que con ella tienen los demás cuerpos que giran en el espacio, principalmente los que se refieren al mismo sistema planetario á que la tierra corresponde, dando á conocer los fenómenos celestes, y enseñándonos á deducir de ellos la situacion de los pueblos.

Como se desprende de esta definicion, la Geografía astronómica, si bien tiene su fundamento en la Astronomía, no debe confundirse con esta Ciencia, porque mientras la segunda estudia con el mayor detenimiento cuanto se refiere, así al mundo solar como al mundo sideral ó de las estrellas, pues el cielo en su inmensa estension es el vastísimo campo de sus investigaciones, la primera estudia solamente los fenómenos celestes que con la tierra se relacionan, para cumplir su objeto final, que es el de fijar la situacion de los pueblos, esparcidos en la superficie del globo que habitamos.

Ni debe tampoco confundirse con la Geografía física, porque esta, ocupándose solo de nuestro planeta y haciendo abstraccion de los demás cuerpos celestes, considera únicamente á la tierra en las diferentes materias que la componen, describiendo su figura, y estudiando separadamente sus tres divisiones capitales de tierra, agua y atmósfera, para deducir de este estudio la diferente razon de ser de los climas físicos, de las producciones de la naturaleza en cada uno de ellos, y del diverso carácter y hasta configuracion de sus habitantes; y menos con la Geografía política, porque esta considera solo á la tierra como la morada del hombre, y se limita á examinar las diferentes regiones del globo y los estados en que los individuos de la raza

humana han dividido su superficie, describiendo y esplicando los pueblos, usos, costumbres, religion, gobierno, producciones, etc., de todos los paises conocidos.

Tiene, pues cada una de estas ciencias, su órbita separada de investigacion y exámen, por mas que unas y otras se relacionen, y se presten recíproco auxilio.

Establecidos ya los límites de nuestros estudios en el presente libro, y deslindados sus términos, pasemos á examinar, con la detencion que permite una obra elemental, las diferentes partes que comprende esta ciencia. Y como ella considera á la tierra cual un cuerpo celeste, y trata de sus relaciones con los demás de su clase, principalmente de nuestro sistema planetario, empecemos por determinar lo que por cuerpos celestes, deba entenderse y las nociones generales de ese mismo sistema, que teniendo por centro comun al Sol, con razon podemos conocer con el nombre de *mundo solar*.

CAPITULO II.

ASPECTO GENERAL DEL FIRMAMENTO.—PRIMERA DIVISION DE LOS CUERPOS CELESTES.—SOLES.—PLANETAS.—INEXACTITUD DE LAS DENOMINACIONES QUE Á UNOS Y OTROS SE HAN DADO.—SISTEMA PLANETARIO.—DIFERENTES HIPÓTESIS ACERCA DE ÉL.

Nada eleva tanto el espíritu del hombre á la concepcion de la idea de lo infinito, como el espectáculo sorprendente, que ofrece al observador la bóveda celeste en una noche serena. Millares de puntos luminosos bordan el oscuro azul del firmamento, pero todos diversos entre si, en magnitud aparente, en luz y en color: los unos resplandecen incesantemente con luz brillante y móvil, que se presenta á nuestra vista con un continuo

centelleo: los otros nos trasmiten una claridad mas dulce, mas tranquila, como espejos encargados de reflejar los resplandores del cielo: aqui multitud de estrellas nos envian sus fulgores á intérvalos interrumpidos, como si tuvieran que sostener penosa lucha para atravesar el espacio, mientras otras agrupadas en tan estrecha union que apenas dejan distinguir sus límites, se estienden en infinito agrupamiento cual nubes luminosas. Con razon esclama un escritor contemporáneo, valiéndose de una frase poética, que el cielo en esas noches de deliciosa calma, á través de una atmósfera pura y trasparente, parece un mar inmenso, sembrado con polvo de oro y de diamantes.

Pero cuando pasados los primeros instantes de estática contemplacion, cede el sentimiento poético su lugar al reflexivo juicio, y la curiosidad insaciable de nuestro espíritu, quiere lanzarse á través del espacio, para sorprender los secretos de aquella brilladora pluralidad de mundos, la ciencia empieza á desvelarnos sus misterios, y con una claridad admirable, producto de largos siglos de estudio, va dando nombres á esos cuerpos luminosos, que giran sobre nuestras cabezas, ofreciéndonos el sorprendente espectáculo de su formacion y su desenvolvimiento sucesivo, y presentándonos la union y armonía con que todos viven en el espacio por medio de relaciones de mútuo afecto y repulsion, sostenidos por leyes inmutables, permaneciendo *desde el principio* en el infinito, como gigantes caractéres del gran poema de la creacion, trazados en el vacío por la voluntad suprema del Omnipotente.

Bien quisiéramos poder seguir á la ciencia astronómica, que tales misterios nos desvela, en sus varios y difíciles problemas, que sin embargo de su grandeza, encuentran con harta frecuencia y con harto dolor del espíritu, sediento siempre de nuevos conocimientos, la limitacion que á Dios plugo poner á la inteligencia hu-

mana; pero aunque teniendo que concretarnos á nuestro principal objeto, á cada momento hallaremos motivos de admiracion, en la parte de los estudios astronómicos que han de ocuparnos.

La simple observacion del cielo nos presenta en esa variedad de estrellas que brillan, las unas con agitado centelleo, y las otras con luz mas opaca y tranquila, una primera division de los cuerpos celestes; aquellos, que son los que tienen luz propia y que conservan entre si igual situacion; los segundos, que envian una luz reflejada del sol á cuyo sistema pertenecen, y que varian en la situacion que ocupan en el cielo obedeciendo á un movimiento que les es propio. De aqui el que á los primeros se les haya dado el nombre de *Soles*, y por escelencia el de *Astros*, mientras á los segundos se les ha llamado *Planetas*. Tambien á los Soles se les ha dado la denominacion de *estrellas fijas* y á los planetas de *estrellas errantes*, denominacion viciosa desde que un estudio minucioso y detenido de sus situaciones relativas, ha concluido por demostrar, que los soles se mueven realmente en las remotísimas regiones del cielo que ocupan, y que los planetas no andan errantes, sino describiendo con toda precision órbitas de formas y dimensiones determinadas, alrededor del sol á cuyo sistema pertenecen.

De lo que acabamos de decir, parece inferirse, que en los mundos que ocupan la bóveda azul hay dos diferentes categorías: los unos, que pudieran considerarse como superiores, que con luz fija atraen en torno de si á otros globos que forman su corte, y otros, que reciben la luz de los primeros, y que atraidos incesantemente por ellos, giran á su alrededor, describiendo por su misma forma curvas elípticas mas ó menos dilatadas. En efecto es así; y á la reunion de estos *soles* con los planetas que atraen y á quienes prestan luz y calor se llama *sistema planetario*, aunque no siempre ha estado

exactamente definido, en lo que respecta al que pertenece nuestro globo, su manera de ser, y el sistema de movimientos especiales, con que giran sus diferentes cuerpos celestes en el espacio.

Cuatro han sido las diversas y mas notables hipótesis, que acerca de este importante problema astronómico han dominado en los vastos dominios de la ciencia, desde la primera mitad del siglo segundo de nuestra era, hasta los últimos descubrimientos de nuestros dias. El primero es el de Tolomeo, que hácia el año 130 de J. C. aseguraba, que la tierra se hallaba fija en el centro del universo, y que el sol y los demas astros giraban al rededor de ella: hipótesis y creencia que aunque conocida con el nombre de Tolomeo, ha debido ser la mas primitiva, pues en efecto como consecuencia precisa del movimiento de rotacion de nuestro planeta, lo que á la simple vista aparece, no pudiendo nosotros sentir este movimiento, es que el sol y los astros giran á nuestro alrededor, como parece al que marcha con la velocidad del vapor en un camino de hierro (por mas que la comparacion no sea completamente exacta) que van desfilando ante sus ojos en rápida marcha campos y montañas, llanuras, rios y poblaciones, disminuyendo la velocidad con que creemos van pasando ante nuestros ojos, á medida que se aleja el radio de nuestra visual.

La segunda hipótesis que mas se ha acercado á lo que hoy han puesto fuera de duda los últimos adelantos de la ciencia, es la de Copérnico, que en la primera mitad del siglo XVI (1530) aseguraba, que el sol se hallaba en el centro, y que la tierra y los demas planetas giraban alrededor de él, opinion ya indicada cuatro siglos antes de Jesucristo por los filósofos pitagóricos.

En los primeros años del siglo XVII (1608) Tychobrahe, queriendo usar de un insostenible eclecticismo entre ambas hipótesis, presentó una tercera, mas ingeniosa que acertada, estableciendo que el sol giraba al-

rededor de la tierra y los otros planetas al rededor del sol. Pero esta hipótesis, que venia á convertir el gran centro solar en satélite de la tierra, quedó bien pronto hundida en el descrédito, sin haber encontrado apenas partidarios que la siguiesen.

Por último, la hipótesis *moderna* que cada vez se encuentra mas demostrada, presenta al sol en el centro con movimiento propio, de que nos ocuparemos mas adelante, y á los demas planetas de su sistema girando alrededor de él; teoría que reconoce por base la de Copérnico y los Pitagóricos, pero que enriquecida con el movimiento peculiar del sol, ha presentado satisfactorios y concluyentes resultados, para la esplicacion de muchos de los fenómenos que se observaban en nuestro sistema planetario.

CAPITULO III.

FUERZAS OFUESTAS DE ATRACCION Y REPULSION.—MOVIMIENTOS DE ROTACION Y DE TRASLACION.—ESTADO PRIMITIVO DE TODO EL SISTEMA.—ENFRIAMIENTOS SUCESIVOS Y GRADUALES.—FORMACION DE ZONAS.—CENTROS DE CONDENSACION.—DEFINITIVA FORMACION DE LOS PLANETAS.—ESPERIMENTO PARA COMPRENDER ESTA TEORÍA.

Estamos á cada momento valiéndonos de la palabra globo ó esfera para determinar nuestro planeta y los demás cuerpos celestes, y antes de pasar á esponer el sistema planetario á que corresponde la tierra, creemos de gran utilidad definir la forma de ella y de los demás cuerpos de su misma clase, esplicando de una manera clara y sencilla la razon de su figura; pues este estudio aunque objeto de capítulos posteriores en otras obras de la misma ciencia, creemos habrá de facilitar la comprension de ulteriores teorías, que sin el prévio conocimien-

to de la que vamos á esponer, habrian de resultar de mas oscura esplicacion.

Ante todo es necesario ir estableciendo algunos principios fijos, que tienen en la ciencia el carácter indiscutible de axiomas. El grandioso equilibrio que en medio del espacio sostiene los mundos, está basado en dos fuerzas opuestas, combinadas de un modo sorprendente por el sábio autor de todo lo creado. Por la primera se atraen, y por la segunda, los cuerpos atraidos tienden á separarse del centro de atraccion. Pero en esta lucha que pudiéramos llamar de afecto y repulsion, están tan admirablemente equilibradas ambos esfuerzos, que esos globos de tan colosales dimensiones, que sorprende el cálculo astronómico de su pesantez, permanecen sin otro apoyo ni sosten enmedio del espacio.

La fuerza de atraccion, sola, haria que el sol del sistema planetario colocado en el centro, como mas poderoso, atragese á los planetas, y quedaran estos confundidos en la gran masa solar. Pero dotados estos de la fuerza repulsiva, á su vez de atraccion hácia el sol, tienden á separarse de este, mas no siendo bastante poderosos para huir de la atraccion del centro solar, empiezan á girar al rededor de él, como gira la piedra colocada en una honda haciendo esfuerzos para escaparse, pero no pudiendo verificarlo, por la fuerza de la mano que contiene la cuerda, segun la familiar aunque comprensible comparacion de un sabio geógrafo (1).

Estas fuerzas combinadas dan orígen á los dos movimientos de que están dotados todos los planetas. El uno de *rotacion* por el cual giran sobre si mismos, movimiento que verificándose siempre sobre un mismo diámetro hace que este reciba el nombre de *ege*, y el otro de *traslacion*, en virtud del cual recorren su órbita al rededor del sol que los atrae.

---

(1) Verdejo y Paez.

Ahora bien: ¿han podido dar orígen estas mismas fuerzas á la forma esferoidal de los planetas? He aquí lo que constituye la teoría que vamos á esponer basada sobre la ingeniosa de Laplace, como la hipótesis que mas satisfecho deja al espíritu humano en este linage de investigaciones, en que por el mismo misterio que las rodea, tanto se interesa la curiosidad intelectual del hombre, ávida siempre de leer los difíciles caractéres de todo lo desconocido.

Con objeto de comprenderla mejor, tendremos todavía que sentar algunos precedentes, reclamando para ello el auxilio de la ciencia geológica, que ha descendido desde la superficie á las entrañas de la tierra, para esplicarnos su formacion.

Los adelantos de esta importante ciencia nos enseñan, que la tierra en su orígen existia en el estado fluido, formada de una inmensa aglomeracion de materia gaseosa, sujeta á una elevada temperatura, condensada en su centro, y que enfriándose lentamente la superficie, por este mismo enfriamiento parte de los gases pasando al estado líquido formaron mares, y elevándose los mas leves se produjo la atmósfera. Esta hipótesis, cuya exactitud demuestran entre otros datos las erupciones volcánicas, y el aumento escesivo y gradual de calor, que se nota, á medida que se profundiza en las entrañas de la tierra, viene á servir de fundamento á la teoría de la forma esferoidal de nuestro planeta, y de los demás cuerpos celestes del sistema.

Remontándonos con el pensamiento á esos lejanos dias, en que por la voluntad del Ser supremo recibió vida la creacion, época admirablemente determinada en la inimitable frase del Génesis «*en el principio*,» todo el mundo solar, toda la materia de que se forman hoy sus diversos agrupamientos, existia en el estado puramente gaseoso, ó sea bajo la apariencia de una gran nube luminosa, estraordinariamente difusa, y no presen-

tando ningun indicio de condensacion. En tal estado, las moléculas de toda aquella gran masa, tendian á alejarse las unas de las otras, porque la fuerza repulsiva de que estaban dotadas, haciendo casi nula la de atraccion, las hacia gravitar á las unas sobre las otras, con marcada é insistente propension á reunirlas en grupos.—Pero pasado algun tiempo, siglos para el hombre, menos que instantes para la suprema inteligencia creadora, aquella gran masa, como deciamos en el párrafo anterior, fué enfriándose poco á poco en su rotacion por el espacio; y á medida que este enfriamiento iba realizándose, la fuerza de repulsion debió ir naturalmente disminuyendo por la cohesion de las maléculas, y la de atraccion áumentando, por su condensacion en un gran centro.

Esta masa de que se formó nuestro sistema, y que podremos llamar la nebulosa solar, debió llegar un momento en que presentase el aspecto de un nucleo luminoso, rodeado á gran distancia de una especie de atmósfera gaseosa, de forma mas ó menos esférica, tal como se presentan á nuestra vista en el espacio las estrellas nebulosas, consideradas en efecto por los astrónomos, como irreductibles á estrellas, ó sea como soles simples, dobles ó múltiples, rodeados de una verdadera nebulosidad, ya luminosa por ella misma, ya iluminada por el astro central.

En este período de su formacion, ese gran centro, el sol, existia solo todavía; los planetas y sus satélites estaban confundidos en el seno de su atmósfera.—Pero la masa entera estaba dotada de un movimiento de rotacion que atraia en un mismo sentido, asi las moléculas del núcleo, como las de la nebulosidad; y la rotacion continuando, aumentandose su rapidez á medida que era mayor la fuerza de atraccion del núcleo ó sol, y la masa gaseosa, esperimentando sin cesar un enfriamiento gradual, empezaron á reunirse las moléculas por su atraccion mútua, y á romperse en fajas, anillos ó zonas la gran

nebulosa, zonas que como es consiguiente, continuaban el movimiento de rotacion. Estas zonas son las que dieron orígen á los planetas aislados ó á los grupos de planetas y de asteroides. Girando como hemos dicho alrededor del centro, formándole anillos luminosos, á medida que aumentaban en velocidad, y en enfriamiento, se fueron rompiendo y dividiéndose, y en este instante los trozos mayores, fueron atrayendo á los menores, formando nuevos centros ó núcleos nebulosos. El gran impulso que al romperse los anillos debieron recibir estos diversos agrupamientos, produjo naturalmente, que atraidos por el gran centro, siguiesen girando á su alrededor por la poderosa atraccion del núcleo, y á la vez sobre si mismos, no pudiendo emplear su fuerza repulsiva en alejarse completamente del centro solar; pero como estos dos movimientos, que son los de traslacion, y de rotacion que ya dejamos apuntados, no eran otra cosa que la continuacion del movimiento anterior general, su direccion siguió en el mismo sentido que el de la rotacion de todo el sistema ó del núcleo solar.

Una vez formados asi los planetas, se comprende perfectamente, como estos que ya podemos llamar núcleos parciales ó secundarios, fueron dando lugar á la formacion de nuevos cuerpos, gravitando y girando al rededor de cada uno de ellos, que es lo que constituye los satélites.

Esta admirable é ingeniosísima teoría, en nada opuesta á las verdades del Génesis, pues este presenta solo el acto de la creacion, y todos los períodos necesarios para la verdad de esta hipótesis son, como digimos mas arriba, siglos para el hombre y menos que instantes para el Hacedor supremo, encuentra su confirmacion en el estudio de nuestros mismos planetas, y principalmente en el de los anillos de Saturno que indicaremos mas adelante, y se relaciona y esplica perfectamente con la forma esferoidal de los planetas, porque hallándose es-

tos al empezar á girar sobre si mismos en estado de masa gaseosa que poco á poco se ha ido enfriando, las moléculas, tendiendo á separarse, y el centro atrayéndolas, habia de resultar necesariamente aplastamiento en los dos estremos del diámetro central ó eje, y prolongacion en los puntos opuestos.

Mas para que se acabe de comprender la formacion de nuestro sistema y la figura esferoidal de los planetas, creemos oportuno transcribir en este lugar el esperimento de física que con igual objeto presenta Mr. Guillemin en su preciosísima obra titulada «Le ciel», esperimento debido á Mr. Plateau.

La base de este esperimento consiste esencialmente en sustraer una masa fluida de la accion de la pesantez, de tal manera que todas sus partes se encuentren únicamente solicitadas por sus atracciones mútuas, é imprimir en seguida á esta masa un movimiento de rotacion cada vez mas rápido. Para conseguirlo, Mr. Plateau deposita una cantidad de aceite en un vaso de cristal, lleno de una mezcla de agua y de alcohol, cuyas capas inferiores son un poco mas densas que el aceite, mientras las capas superiores son algo mas ligeras. La masa ó cantidad de aceite va bajando hasta la capa de su misma densidad, donde se detiene y se fija, tomando por sí misma la forma de una esfera.

En tal estado la masa de aceite queda sustraida á la accion de la pesantez, y la forma que afecta, es debida únicamente á la atraccion mútua de sus moléculas.

Entonces, con ayuda de un disco metálico introducido con cuidado en la esfera de aceite, cuyo disco tiene un alambre ó palito perpendicular en su centro, y que comunica con un manubrio, puede imprimirse á la esfera un movimiento progresivo de rotacion.

Cuando este movimiento es lento, la esfera se transforma en una esferoide, prolongada por el ecuador y aplanada por los polos, bajo la accion de la fuerza cen-

trífuga que desenvuelve el movimiento. El esperimento entonces esplica perfectamente la forma esferoidal de los planetas.

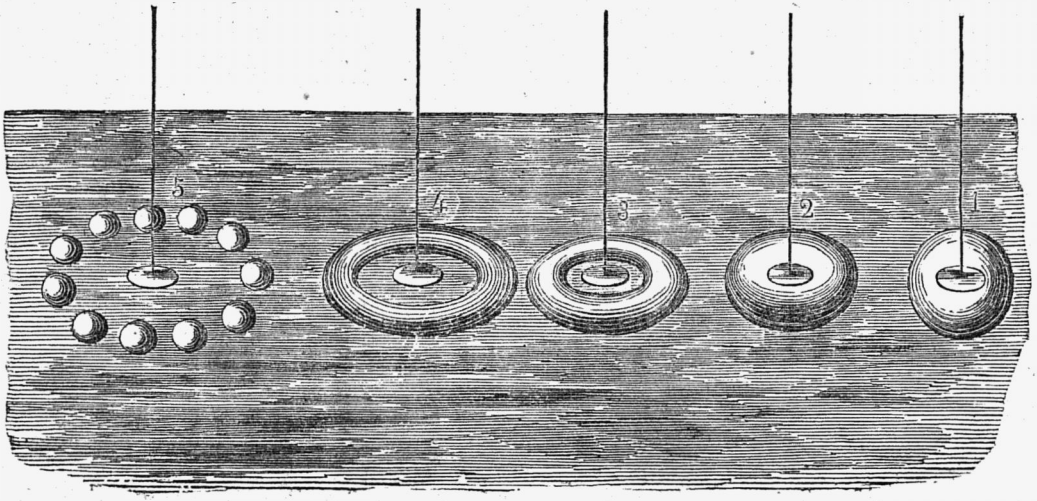
Si el movimiento se hace mas rápido, el aplanamiento es mas considerable, la esfera acaba por ahuecarse abandonando sus polos, estendiéndose progresivamente en el sentido horizontal, hasta que el aceite abandonando por completo el disco se transforma en un anillo circular, esplicando así, las zonas separadas en el principio de la masa solar.

Por último, si el movimiento de rotacion es todavía mas veloz y continuado, con un disco de un diámetro mas grande, la fuerza centrífuga separando cada vez mas las partículas, no tarda en alejarlas por completo dividiéndolas en muchas masas aisladas, que se agrupan y van formando esferas, cada una de las cuales conserva durante algun tiempo un movimiento propio de rotacion en el mismo sentido que el anillo.

Esta última esperiencia ofrece una sorprendente analogia, con la formacion de los centros de condensacion, que segun la espuesta hipótesis de Laplace son el orígen de los planetas del mundo solar.

El adjunto dibujo que representa los diferentes períodos del esperimento de Mr. Plateau acabará de hacer mas comprensible esta teoría.

1. Estado primitivo de la masa de aceite. 2. Resultado de las primeras rotaciones. 3. Id. de contínuarlas mas vivamente. 4. Formacion completa del anillo por la mayor velocidad de la rotacion. 5. Formacion de esferas por el aumento rápido y continuado del movimiento.



CAPÍTULO IV.

MUNDO SOLAR.—CUERPOS CELESTES QUE LO CONSTITUYEN, Y CUYA REUNION FORMA EL SISTEMA PLANETARIO Á QUE PERTENECE LA TIERRA. —SOL. — PLANETAS.—SATÈLITES.—LÚZ ZODIACAL.—COMETAS.— ÓRBITAS.—ECLIPTICA.—APHELIO.—PERIHELIO.—PERIGEO.—APOGEO.—CONJUNCION.—OPOSICION.—AMLPIACION DE ALGUNAS TEORIAS DEL SISTEMA.

El gran agrupamiento que forma nuestro sistema planetario, se compone de ciento veinte cuerpos celestes, que vamos á enumerar, siguiendo el órden de las distancias á que se hallan colocados del centro solar, empezando por este mismo.

1.° *Un cuerpo central* inmóvil, con relacion á los otros cuerpos celestes del sistema, con lúz propia, y mucho mas voluminoso que los demas, el cual recibe el nombre de SOL.

2.° *Noventa cuerpos secundarios ó planetas*, situados á distancias progresivas del Sol, que circulan alrededor de él en órbitas mas ó menos elípticas, y que reciben del mismo Sol la luz, que les hace visibles á nuestros ojos.—Estos planetas pueden dividirse en tres grupos. El primero, que llamaremos *planetas de mediana magnitud*, los mas cercanos al cuerpo central y que son en el órden progresivo de su distancia MERCURIO, VENUS, LA TIERRA Y MARTE: el segundo, que lo forman los *grandes planetas*, que son los mas lejanos del Sol, en este orden: JÚPITER, SATURNO, URANO y NEPTUNO; y los *pequeños planetas* que forman entre Marte y Júpiter un anillo que separa los dos grupos anteriores, de los cuales se conocen hoy 82, aunque se cree sean mas numerosos, y bue tambien reciben los nombres de *asteroides*, y de

planetas telescopicos. Los principales de este grupo son Vesta, Astrea, Juno, Ceres y Palas.

3.° *Veinte y dos cuerpos terciarios ó satélites*, que giran al rededor de los planetas principales. La tierra tiene uno que es la Luna: Júpiter cuatro: Saturno y Urano, ocho cadauno, y Neptuuo otro, y segun sospechan algunos astrónomos, dos. Saturno tiene ademas un anillo opaco que le rodea, y que separado del planeta no le toca en ningun punto: está compuesto de varios círculos concéntricos, que siguen un movimiento de rotacion, anillo que esplica perfectamente la teoria de Laplace que ya hemos espuesta.

4.° Un anillo nebuloso, de forma lenticular, la *luz zodiacal*, que rodea al sol á cierta distancia, y cuya situacion en el sistema no está todavia exactamente determinada.

5.° *Seis cometas* que giran al rededor del sol, en órbitas muy estensas, cuyas vueltas periódicas están ya demostradas por el cálculo y las observaciones.

Ademas se conocen mas de doscientos cometas, cuyas órbitas son tan diladas, que no está todavía determinado el tiempo que emplean en su movimiento de traslacion.

Todos los planetas giran al rededor del sol en direccion de Occidente á Oriente que es lo que constituye su movimiento de *traslacion*, ademas de otro movimiento que tienen sobre su mismo ege, que es el de *rotacion*: la línea que trazan al girar al rededor del sol, es curva, de forma mas ó menos elíptica, y esta elipse es lo que se llama *órbita*. La de la tierra recibe el nombre especial de *Eclíptica* por verificarse en su plano los eclipses de sol y de luna. Como la forma de la *órbita* es una elipse, resulta que en ella hay dos *focus* (1), en uno de

---

(1) Tenganse bien presentes para estos estudios los principios de Geometría.

los cuales se encuentra el sol, y no complemtaente en el centro.

Todas las órbitas tienen un focus comun que es aquel en que está el sol; pero los otros se hallan distantes entre sí, segun la mayor estension de la órbita, que depende de la distancia del planeta. Como el sol no está en el centro, sino segun va dicho en uno de los focus, resulta que los planetas unas veces se encuentran mas cerca del sol que otras; y esto es lo que se llama hallarse en su *aphelio* y en su *prerihelio*: *aphelio* cuando están mas distantes: *prerihelio* cuando mas cercanos; y el hallarse en el término medio del punto mas inmediato y el mas distante, se llama *su distancia media.*

Cuando las distancias se aprecian con relacion á la tierra, se llaman *apogeo* y *perigeo*: *apogeo* cuando el planeta se ve mas apartado de la tierra, y perigeo cuando mas cercano.

Pero las órbitas de todos los planetas no se encuentran todas en un mismo plano, sino inclinadas mas ó menos unas con respecto á las otras, y esta inclinacion de cada uno de los medianos y grandes planetas, es la que se contiene en la siguiente tabla, donde tambien se encuentra el tiempo en que describen su órbita, el que emplean en girar sobre su ege, su distancia media al sol, y su volumen proporcional. (1).

---

(1) No se comprenden en ella los planetas de pequeña magnitud ó telescopicos, por no tener directa aplicacion á la Geografía, y ser su estudio mas propio de la ciencia astronómica.

Tabla de los principales planetas del sistema solar.

PLANETAS.	TIEMPO EN QUE describen su órbita en años, dias, horas y minutos.				TIEMPO en que giran sobre su ege en horas y minutos.		SU distancia media al sol en millones de leguas.	SU VOlúmen proporcional, siendo el de la tierra 1.	ANGUlo que forman las orbitas con la de la tierra en ° y ' (1)	
	As.	Ds.	Hs.	Ms.	Hs.	Ms.			G.	M.
Mercurio.	0	87	23	14	24	5	10	0,1	7.°	0'
Venus.	0	224	16	41	23	21	19	0,9	3	24
Tierra.	1	0	5	49	23	56	27	1	0	0
Marte.	1	321	22	18	24	36	42	0,2	1	51
Júpiter.	11	315	14	39	9	56	143	1470,2	1	19
Saturno.	29	161	19	16	10	16	262	887,3	2	30
Urano.	83	294	8	39	0	42	525	82,5	0	46
Neptuno.	167	160	15	50	0	22	972	111,5	1	47

Por la misma direccion de las órbitas , y la diferente duracion de ellas, dos cuerpos celestes pueden estar á un mismo lado de un tercero , y en igual direccion que este, en cuyo caso, se dice que están en *conjuncion*, y cuando estan uno á un lado y otro al opuesto del mismo tercero, pero tambien en igual línea, se dice que se hallan en *oposicion*.

Ya dejamos repetido, que todos los planetas tienen los dos movimientos de *traslacion* y de *rotacion*; el primero

(1) Recuérdese la teoría geométrica de los ángulos en relacion con la circunferencia que se halla dividida en grados, los cuales se marcan con un °, los grados, subdivididos en minutos, que se determinan con una '; y los minutos en segundos, con dos.»

graduado y seguido por las constelaciones ó agrupamientos de estrellas que aparecen ir recorriendo, y el segundo, por la aparicion y ocultacion periódica de ciertos espacios oscuros ó manchas que se notan en los planetas.

Tambien hemos visto, que la forma de estos no es enteramente esférica sino esferoidal, achatados hácia los estremos sobre que ruedan ó giran, y prolongados á los lados contrapuestos; y ahora tenemos que añadir, como consecuencia confirmatoria de la teoria esplicada en el capítulo III, que esta forma es tanto mas aplanada, cuanta mayor es la velocidad del movimiento de rotacion, guardando relacion exacta, la rapidez de este movimiento, con el aplanamiento del planeta (1).

Sobre la formacion de los pequeños planetas ó asteroides, ha habido diferentes congeturas, que no son de este lugar, contentándonos con indicar, que durante mucho tiempo se ha creido son restos de un planeta que segun presuncion del celebre Kleper, existiria entre Marte y Júpiter, y que en época remotísima debió hacerse pedazos en el espacio, dando orígen cada uno de sus restos al entrar en el movimiento general del sistema, á otros pequeños planetas: esta hipótesis esta hoy muy combatida, y no nos detenemos á examinarla

---

(1) Los planetas se determinan en cartas y obras astronómicas con signos especiales que, no creemos fuera de sazon consignar aquí; debiendo advertir, que solo ponemos los de aquellos planetas cuyos fenómenos estan bastante definidos. Son los siguientes: MERCURIO ☿, VENUS ♀, la TIERRA ♁, MARTE ♂, *Vesta* ⚶, *Astrea* ⚵, *Juno* ⚵, *Ceres* ⚳, *Palas* ⚴ JÚPITER ♃, SATURNO ♄, URANO ♅, NEPTUNO ♆.

Tambien es circunstancia digna de especial mencion, que algunos de estos planetas pueden conocerse en el cielo por su color. Venus tiene tal brillo en su luz, que no puede confundirse con otro: el vulgo la llama *estrella matutina ó vespertina*, por ser visible unas veces al amanecer y otras al anochecer, y ofrece los mismos aspectos que la luna. Marte, se distingue por su color rojizo, Saturno tiene la luz muy macilenta: Urano azulada: Júpiter, casi tan brillante como Venus.

por ser su estudio propio esclusivamente de la astronomia , y alejarnos demasiado de nuestro proposito.

Por la misma causa tampoco nos detenemos en la esplicacion de la luz zodiacal, ni de los satélites, á escepcion del de la tierra , á que consagraremos un capítulo separado pues tiene gran importancia para nuestros estudios : el de los satélites es muy necesario á los astrónomos , para fijar la posicion de los diferentes planetas y otros problemas de trascendental interés.

Los cometas, son unos cuerpos celestes pertenecientes al sistema planetario , que giran tambien al rededor del sol , pero en órbitas de incierta relacion , y de tan colosales dimenciones , en elipses tan prolongadas , que estando el sol , como queda dicho en uno de los *focus* tardan en llegar á su *perihelio* largos períodos de tiempo, y por consiguiente no pueden verlos los habitantes de la tierra , sino de tarde en tarde. Es tan varia la estension de esta órbita , que durante mucho tiempo ha sido imposible predecir la vuelta de los cometas ; pero hoy los adelantos de la ciencia han hecho, que puedan dividirse en dos clases : los unos periodicos , cuya reaparicion por consiguiente puede predecirse : los otros , que á causa de la demasiada estension de la órbita misma , no puede determinarse cuando vuelven á presentarse en el horizonte. Los primeros son , segun el orden de su descubrimiento , los que se conocen con los nombres de Halley , Encke , Gambart , Faye, Vico y Brorsen ; y entre los demas hay muchos célebres en los faustos astronómicos , como el gran cometa de 1500 , el de Carlos V. de 1556 , el de 1686 , cuyo núcleo brillaba como una estrella de primera magnitud , el de Donati de 1858, y otra multitud que no es del caso enumerar.

El sentido en que giran los cometas no es siempre el mismo ; pues los unos marchan de Occidente á Oriente como los planetas; los otros al contrario, y variando en su direccion de tal modo, que no puede fijarse para ella

ninguna regla. De los cometas periodicos citados, todos describen su movimiento de traslacion de Occidente Oriente, á escepcion del de Halley que gira de Este á Oeste.

La forma de los cometas, que se presenta como un nucleo brillante, ya rodeado de una envoltura luminosa, ya precedido de una especie de ráfaja, que se va desvaneciendo á medida que se separa del núcleo, ya seguido de ella, ó bien afectando otras figuras caprichosas, la esplican la mayor parte, por la gran proximidad de los cometas al sol, al llegar á su perihelio, proximidad que produce una gran evaporacion en la masa ó en la superficie gaseosa del cometa; y apoya esta teoria el hecho demostrado por la esperiencia, de que dichas ráfajas luminosas, ya sean *colas*, *cabelleras*, *barbas* ó *coronas*, aumentan al aproximarse el cometa al sol, y disminuyen á medida que se va alejando (1).

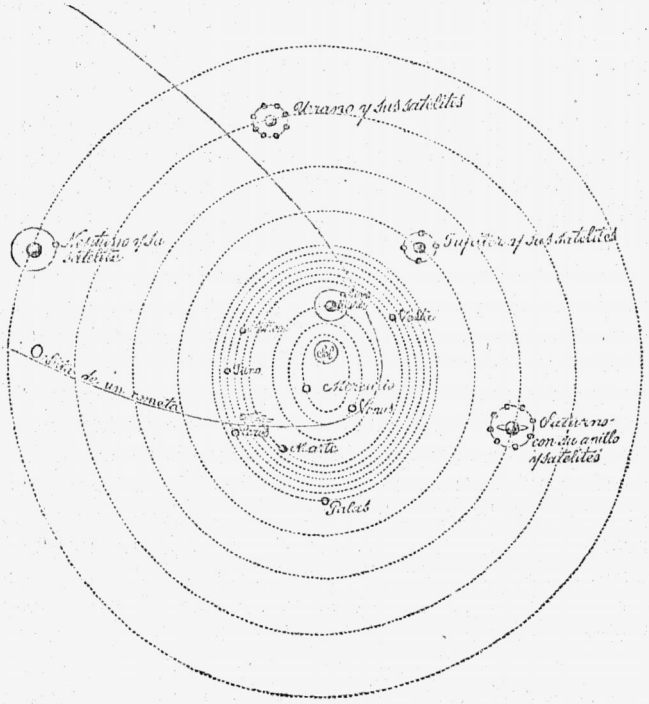
Durante mucho tiempo se ha tenido el temor de que pueda chocar la tierra con un cometa, destruyendo nuestro globo: y acaso á esta opinion sostenida por algunos escritores de astronomía, sea debido el temor, que siempre se estiende entre la multitud cuando un cometa se presenta en el horizonte, y la creencia de que predicen desgracias; pero sino imposible, semejante choque no ofrece nada de probable, si se tiene en cuenta el casi insignificante tamaño de los planetas y de los cometas omparado con la inmensidad del espacio.

Siendo la tierra el objeto principal de nuestros estudios considerada como cuerpo celeste, y el sol y la luna, el astro y el satélite cuyas relaciones mas nos inte-

---

(1) A propósito del gran calor que los cometas deben esperimentar al aproximarse al sol, se cita el siguiente calculo. El cometa que apareció en 1680 y que fué observado por Newton, llegó a estar 166 veces mas próximo al sol que la tierra, y por consiguiente debió adquirir un calor 88 veces mayor que el de la canícula, temperatura 2,000 veces mas ardiente que la del hierro fundido.

resan para la Geografía astronómica, á cada uno de estos cuerpos celestes de nuestro sistema, pasamos á dedicar un capítulo especial.



CAPITULO V.

DEL SOL.—SU FORMA.—SU DIÁMETRO.—SU VOLÚMEN.—SUS DIMENSIONES APARENTES.—CAUSA DE ELLAS.—MANCHAS SOLARES.—MOVIMIENTOS DEL SOL.—ORÍGEN DE LA LUZ Y CALOR SOLAR.—SU INTENSIDAD.

Ningun astro tan importante de cuantos pueblan la inmensidad del espacio para los habitantes de la tierra, como ese gran foco de calor, de luz y de vida, que colocado en el centro de nuestro sistema, le sirve de núcleo resplandeciente, astro gigante que conocemos con el nombre de Sol. Padre comun de toda la familia planetaria de que la tierra forma parte, bien merece, que aunque limitándonos al objeto de nuestros estudios, demos á conocer las principales nociones que acerca de ese gran centro, ha logrado conquistar la ciencia.

Empezando por determinar la forma del Sol cualquiera persona puede conocer, que su disco es perfectamente circular; y este primer dato rudimentorio se encuentra comprobado con los estudios hechos por medio de instrumentos de precision, que han venido á demostrar, que á diferencia de los planetas de su sistema, el sol tiene la forma esférica y no la esferoidal, sin que se haya notado la mas pequeña señal de aplanamiento en la parte correspondiente á los polos solares.

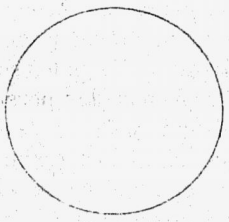
Podrá inducir á error para las personas poco ilustradas, acerca de la verdadera forma esférica del globo solar, y circular por consiguiente de su disco, el aspecto que el sol presenta, cuando segun el lenguaje vulgar *sale* ó se *pone*, momentos en los cuales suele aparecer el disco mas ó menos perfecto, y con depresiones en sus zonas inferiores ó superiores; pero esto es una ilusion óptica debida á la refraccion de los rayos lumi-

nosos, que obedeciendo á una ley física alteran la forma de los objetos al atravesar las capas atmosféricas, sufriendo una notable alteracion segun sus diferentes densidades, las cuales por la formacion de los vapores terrestres al salir y al ponerse el sol ofrecen mayores obstáculos á la trasmision de la luz.

La forma del sol como queda dicho es perfectamente esférica á pesar de tales apariencias; consecuencia precisa de la formacion del mundo solar, pues siendo el sol el centro y núcleo del movimiento de rotacion de todo el sistema, no pudo tener lugar en él la dilatacion de las partículas de materia gaseosa, como en los planetas que á su alrededor giran.

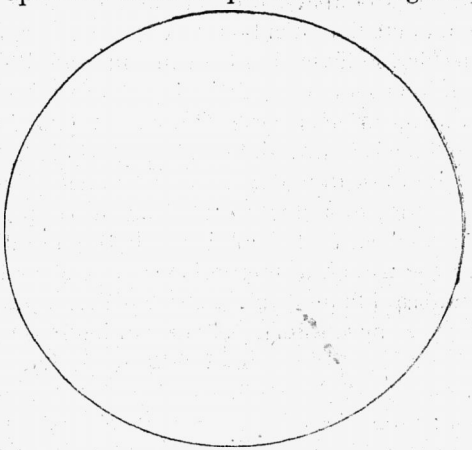
Le hemos calificado de astro gigante. y en efecto bien puede llamársele así, cuando en su comparacion con nuestro planeta, y recurriendo á los exactísimos medios que la astronomía emplea para hacer sus cálculos, nos encontramos que el diámetro del sol es 112 veces mayor que el de la tierra, lo que presenta un resultado en cuanto á su volúmen, de 1.400,000 veces mayor que el de nuestro planeta (1).

Y sin embargo de este gigantesco volúmen, aparece su disco á la vista de los habitantes de la tierra muy pequeño, siendo su tamaño mayor aparente el que marca la siguiente circunferencia.



(1) Para demostrar á sus discípulos esta notable diferencia entre el gran volúmen del sol y el infinitamente mas pequeño de la tierra, véase el medio de que se valia un Profesor de Angers, al decir del célebre Arago en su tomo IV de Astronomía popular. «Un Profesor de Angers, (escribe) que-

Esta notable diminucion de su volúmen proviene de la gran distancia á que se halla de la tierra, pues sabido es que por una ley física, las dimensiones aparentes de un objeto varian con la distancia. Asi, el sol, que por los cálculos matemáticos deducidos del tiempo en que tarda la luz en trasmitirse, está á una distancia de la tierra de mas de 27 millones de leguas, (1) ó sea cerca de 24,000 veces el radio de esta, aparece á nuestra vista con la dimension descrita, mientras visto desde Mercurio, planeta el mas cercano al sol, ofreceria un tamaño aparente como el que marca el siguiente disco,



y desde Neptuno, el mas lejano de todos los plane-

riendo dar á sus discípulos una idea sensible del volúmen de la tierra comparado con el del Sol, ideó contar el número de granos de trigo de tamaño regular, que podia contener la medida de capacidad llamada litro, y encontró que cabian 10,000. Por consiguiente, en un decálitro pueden contenerse 100,000, en un hectólitro 1.000,000 y en catorce decálitros 1.400,000. Hecho esto reunió en un monton todos los granos de los catorce decálitros, y separando un grano solo dijo á su auditorio: » he aquí el volúmen de la tierra y he aquí el del Sol.» Sencillísima é ingeniosa manera de poner al alcance de la comprension de sus discípulos de una manera tangible, la relacion de los números abstractos 1 á 1,400,000 en que se encuentra la tierra del Sol.

(1) La luz solar emplea en llegar á la tierra 8'13" de modo que recor-

tas, quedaria reducido á las dimensiones de una estrella del tamaño de esta figura.

o

¿Pero el sol está fijo ó tiene á semejanza de los planetas algun movimiento?

No habia transcurrido un siglo, desde que la hipótesis de Copernico fijó el sol en el centro de nuestro sistema, cuando se descubrieron en el disco del astro Rey, como le llaman los poetas, ciertas manchas, aunque de forma poco fija y determinada, permitiendo observar á los astrónomos la aparicion, ocultacion y reaparicion de una misma mancha en el borde del disco solar, de donde vino á deducirse lógicamente el movimiento de rotacion del sol, movimiento que segun las observaciones astronómicas tarda en efectuarse 25 dias y medio. No es este lugar á propósito para detenernos á esplicar las diferentes opiniones, que acerca de las manchas solares se han formulado, ni á describir la forma irregular de las mismas manchas, en las cuales se distinguen diferentes grados de oscuridad, aumentando esta en el centro y disminuyendo rápidamente alrededor; pero si apuntaremos que una vez descubierto el movimiento de rotacion del sol, ocurrió á los astrónomos la sospecha, de si habria tambien en el gran astro algun otro movimiento de traslacion; y en efecto las mas recientes demostraciones han puesto fuera de duda que lo tiene hácia la cons-

---

riendo los 27 millones de leguas que separan al sol de la tierra en este corto tiempo, se vé que la luz en cada segundo anda mas de 56,000 leguas. Por consiguiente, hallándose casi demostrado que la luz que nos viene de las estrellas fijas mas inmediatas tarda, apesar de esta gran velocidad de la luz mas de tres años en llegar á la tierra, y que las de XIV magnitud emplean 4,000 años, puede calcularse á la inmensa distancia que deben hallarse de nosotros aquellos astros, y puede venirse tambien en conocimiento, de que casi todos ellos deben ser mucho mayores que el Sol, para que podamos verles hallándose tan lejanos, lo cual recuerda la teoría astronómica, que presenta al Sol como uno de los astros que componen la gran nebulosa conocida con el nombre de *via lactea*.

telacion conocida en astronomia con el nombre de *Hércules*, arrastrando á todos los demás planetas á su alrededor, por lo que parece que está fijo en el centro del sistema.

Diferentes opiniones se dividen tambien el vasto campo de la ciencia astronómica acerca del orígen de la luz y calor solar, de las cuales indicaremos las dos mas principales. Segun una de estas hipótesis, el sol está formado de un núcleo incandescente, fuente directa del calor y de la luz que esparce, (hállese dicho núcleo en estado sólido ó líquido,) á cuyo núcleo rodea una atmósfera muy densa, formada de los elementos constitutivos del astro, elementos que la intensidad de la temperatura mantiene en estado gaseoso; y á los enfriamientos parciales que han podido tener lugar en diversos puntos de esta atmósfera, por causas desconocidas, atribuyen los sostenedores de esta hipótesis las manchas irregulares que en diferentes puntos del disco solar interceptan su superficie resplandeciente.—La otra hipótesis, presenta al sol compuesto de un globo central oscuro, ó á lo menos no luminoso por si mismo, rodeado á diversas distancias de tres atmósferas ó envolturas gaseosas, enteramente distintas, de las cuales la primera ó sea la mas cercana al núcleo, está formada de una capa nebulosa y reflejante, la segunda que sucede á la anterior, luminosa por si misma y formada de un gas en estado permanente de incandescencia atmosférica á cuya superficie esterior se dá el nombre de *photosfera*, y por último la tercera iluminada por la photosfera, mas diáfana y que rodea todo el sistema, compuesta de capas, cuyas densidades van decreciendo á medida que se alejan del cuerpo central. Segun esta teoría, las manchas pueden prevenir ó de masas gaseosas que se forman de tiempo en tiempo en la superficie del núcleo oscuro, ó bien de cráteres volcánicos que existen en la misma superficie, y cuyas erupciones atravesando las dos primeras atmósferas,

producen en ellas huecos de mas ó menos estension, á través de los cuales puede verse la oscuridad del mismo núcleo. Esta última teoría es la mas seguida, y cuenta entre sus partidarios desde Alejandro Wilson que la inició en 1774, astronómos tan distinguidos como Bode, Herschel y Arago.

Como quiera que sea, la intensidad de la luz solar considerada en cada una de sus partes y tal como llega á la superficie de la tierra, tiene segun este último sabio, una intensidad por lo menos 15,000 veces mayor que la llama de una bugía: la luz eléctrica, segun la energía de la pila empleada, varia de la quinta á la cuarta parte de la del sol: el resplandor, que proyecta en el fondo del cielo comparado con el de la luna llena es 800,000 veces mayor que el de esta; y segun cálculos astronómico-físicos, el calor que encierra nuestro astro gigante, podria sin disminuir de intensidad fundir en un segundo de tiempo una columna de hielo de 4,120 kilómetros cuadrados de base y de 310,000 kilómetros de altura.

Tan poderosa es la accion del gran centro de nuestro sistema planetario, que manifestada en todas las afinidades químicas de la tierra, lleva la vida á los seres, determina los fenómenos de nuestro globo y constituye la alegría y la admiracion del hombre, ya le adore, cegado su espíritu por las nubes de la ignorancia, ó ya le mira frente á frente para estudiar su historia, su formacion y su naturaleza, con la resplandeciente antorcha de la ciencia por guía.

CAPÍTULO VI.

DE LA LUNA.—SU OPACIDAD.—SU LUZ.—SU INTENSIDAD.—DIMENSIONES DE LA LUNA.—SU DISTANCIA MEDIA Á LA TIERRA.—SU FORMA.—SU CONSTITUCION FÍSICA.—SUS MOVIMIENTOS.—CONSECUENCIAS DE ELLOS.—FASES LUNARES.—TIEMPO QUE TARDA EN RECORRER SU ÓRBITA. — MES LUNAR Ó SINODICO. — CICLOS.—ÁUREO NÚMERO.—EPACTA.—PROBLEMAS DE GEOGRAFÍA ASTRONÓMICA DEDUCIDOS DE LAS ANTERIORES NOCIONES.

Despues del sol, pocos cuerpos celestes llaman tan preferentemente la atencion de los habitantes de la tierra como la luna, satélite de nuestro globo, y cuyas relaciones con él son del mayor interés para nuestros estudios. Astro, como se le llama vulgarmente, querido de los artistas y de los poetas, ofrece en sus periódicas y graduales reapariciones, en los eclipses á que da origen, y en su misma constitucion física, multitud de motivos de observacion, interesantes al astrónomo, y no menos al geógrafo.

Cuerpo opaco la luna como todos los planetas, la luz que nos trasmite es la que nos refleja del sol, pero en esta reflexion la fuerza de la luz solar pierde en intensidad hasta el punto, de que segun los cálculos astronómicos y físicos la claridad de la luna es 800,000 veces mas debil que la del sol.

Comparadas sus dimensiones con las de la tierra, resulta su volúmen en la proporcion de 1 á 49 del de nuestro globo, ó de otra suerte, las dimensiones de la luna son 49 veces menores que las de la tierra; su diametro real es de 3,475 kilómetros, ó sea poco mas de la cuarta parte del diametro equatorial de la tierra, y suponiendo á la luna esferica, la superficie total de sus dos hemisferios, visible é invisible corresponde á la décima tercia parte de la superficie del globo terraqueo, lo que equi-

vale á una medida proximamente de 38 millones de kilómetros cuadrados.

Para formar mas claro juicio de las dimensiones comparadas de la tierra y la luna, véanse en el siguiente dibujo ambos cuerpos proporcionalmente disminuidos.

Tierra. Luna.

La distancia media de la luna á la tierra está calculada en 67,000 leguas, siendo el cuerpo celeste mas cercano á nuestro globo; y decimos distancia media, porque siendo elíptica la forma de la órbita que describe al rededor de la tierra, que se encuentra en uno de los foçus, resulta que la luna está respecto de nosotros unas veces mas distante y otras mas cercana, ó sea unas veces en su perigeo y otras en su apogeo.

La forma de la luna no es enteramente esférica sino como la de la tierra, algo aplanada por los polos y prolongada en los puntos opuestos ó sea el ecuador.

Los movimientos son tambien los dos de los demas planetas: uno de rotacion sobre su ege y otro de traslacion al rededor de la tierra como su satélite; y de estos dos movimientos, el de rotacion es tan lento, que tarda en el, tanto como en recorrer su órbita, lo cual es causa de que siempre presente á los terricolas un mismo he-

misferio, por lo que con harta razon observa un escritor contemporáneo, que si admitiésemos como algunos quieren suponer que hay habitantes en la luna, los del hemisferio que mira hácia nosotros verian la tierra, pero los del opuesto no la podrian descubrir. Sin embargo el hemisferio que presenta á los terricolas no es exactamente la mitad de su superficie sino algo mas, pues por la inclinacion que se halla en el plano de su órbita, unida á la de su ecuador sobre el plano de la órbita terrestre, nótanse en el ege lunar unos movimientos como balanceos, que tienen el nombre científico de *libraciones*, á consecuencia de los cuales, la luna nos presenta ya el polo norte ya el polo sur de su globo, descubriendo alguna parte de sus regiones polares; de modo que puede calcularse que de 1,000 partes de la superficie lunar, 569, es decir mas de la mitad son visibles para los terricolas quedando desconocidas 431, cálculo que todavía aumentan algunos astrónomos, teniendo en cuenta el aplanamiento esferoidal de la tierra y de la luna, hasta fijar en 576 de 1,000 las partes visibles y reduciendo á 424 las desconocidas.

Sobre la constitucion física de la luna, se halla enriquecida la ciencia astronómica con fecundos descubrimientos, que no son de este lugar, contentándonos con decir, que las manchas que á la simple vista presenta su superficie son debidas á grandes montañas de forma cónica en su mayor parte y abiertas en sus cimas por multitud de crateres, y estensas llanuras llamadas mares. Créese además, y está comprobado por repetidas observaciones que la luna no tiene atmósfera ni aguas, lo cual es de gran importancia para la debatida cuestion de la existencia de habitantes en nuestro satélite, pues caso de que existan habrán de estar organizados de una manera enteramente distinta de los seres animados de nuestro globo, como destinados á vivir sobre un planeta sin aire y sin agua.

Digimos arriba que el movimiento de rotacion de la luna, se verifica en el mismo espacio de tiempo que el de traslacion, y esto da orígen á las *fases lunares*, ó sea á la igualdad con que va reproduciéndose para los habitantes de la tierra, su periódica y progresiva reaparicion.

Cuando la luna, mas cercana al sol, y colocada al describir su órbita entre este y la tierra, oculta por esta misma razon y por la igualdad de sus dos movimientos el hemisferio que el sol ilumina, vuelve hácia los terrícolas su hemisferio oscuro, por lo cual no podemos verla ni de dia ni de noche, en cuya situacion se dice que hay luna nueva. Cuatro dias trascurren próximamente entre la desaparicion de la luna por la mañana en el oriente y su reaparicion á la tarde en occidente, poco despues de ponerse el sol; y en el punto intermedio de este intérvalo de tiempo es cuando tiene lugar la luna nueva, á partir del cual va poco á poco acercándose á dejarnos ver su hemisferio iluminado.

La forma bajo la cual empieza á verse, es casi una semicircunferencia ensanchada en el centro y que vá estrechándose poco á poco hasta los estremos que terminan en punta, semi-circunferencia luminosa, cuya convexidad está hácia el punto donde se encuentra el sol: en esta situacion, ademas de esa pequeña parte iluminada, se distingue todo el resto del disco de la luna, con una tinta ligera, oscura pero algo trasparente, que los franceses conocen con el nombre de *luz cendrée*, y desaparece bien pronto del horizonte. Al dia siguiente el mismo fenómeno se reproduce, pero ya la curva iluminada es mas estensa y ancha, y la luna mas lejana del sol se pone algo mas tarde.

El cuarto dia despues de la luna nueva, la superficie iluminada continúa ensanchándose, y el resto del disco marcado por la media tinta referida, se vé con

mayor claridad, bien que pronto empieza á disminuir para desaparecer por completo en la siguiente fase

Entre el séptimo y el octavo dia de la luna se presenta á nuestra vista bajo la forma de un semicírculo, en parte algo visible durante el dia. Ya en la fase precedente las manchas de que el disco lunar está cubierto empiezan á distinguirse, pero en esta se ven con toda claridad sobre el semicírculo iluminado.

Transcurridos otros siete dias la parte iluminada se va aproximando al circulo completo, y la luna sale y se pone cada vez mas tarde, pero volviendo siempre hácia el occidente la parte circular de la superficie que refleja la luz solar.

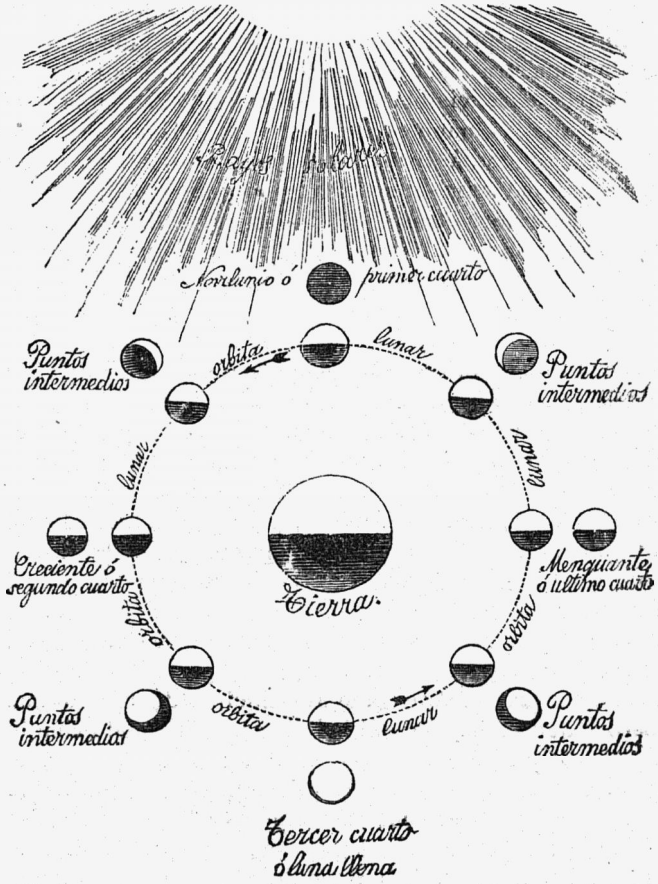
Por último, quince dias despues de la luna nueva el satélite nos presenta por completo su hemisferio iluminado, y entonces la hora de su salida es poco despues de la de ponerse el sol, que sale cuando la luna se pone. A la media noche llega la luna á lo mas alto de su carrera ó en en términos técnicos, pasa por el meridiano, al mismo tiempo, que el sol pasa bajo el horizonte por el meridianó inferior; es decir que relativamente á la tierra la luna se encuentra en oposicion al sol.

Desde la luna llena hasta la nueva luna siguiente va decreciendo la forma circular de la parte iluminada y acaba por presentarse como al principio de su marcha, pero entonces la convexidad aparece vuelta al oriente, de suerte que el lado del sol es al que mira siempre el semicírculo ó porcion de él que se presente iluminado.

Para comprender bien esta importante teoría, véase el siguiente dibujo, debiendo advertir que las figuras que se hallan fuera de la línea de la órbita es la misma luna repetida, en la forma en que obedeciendo á las leyes de la óptica puede verla el terrícola (1).

---

(1) Tambien debe notarse, que á pesar de ser la órbita elíptica, para mejor comprension y claridad la presentamos circular.



Como se ve en este dibujo, hallándose la luna en el novilunio ó primer cuarto, como es un cuerpo esférico y opaco no puede el sol alumbrar mas que la parte opuesta á la tierra. Al ir pasando del novilunio al segundo cuarto, va empezando el terrícola á ver alguna parte

del hemisfério lunar iluminado, aumentadose progresivamente, hasta ver la mitad cuando está en la misma línea ó cuarto de la circunferencia de la órbita: á medida que va pasando hácia el tercer cuarto va viéndose mas parte iluminada, hasta que al llegar al tercer cuarto ó luna llena como la luna está opuesta al sol, los habitantes de la tierra verán el hemisfério completo iluminado; y desde aquí al último cuarto irá disminuyendo, hasta ver en el último punto intermedio, la misma pequeña cantidad iluminada que al empezar su carrera la *lunacion*, pero en sentido opuesto.

Estas diversas situaciones, segun queda indicado es lo que se llaman fases; denominándose el novilunio y plenilunio *sizigias*, y los cuartos creciente y menguante *cuadraturas*.

El período de tiempo que tarda la luna en recorrer su órbita es de 27 dias, 7 horas y $^3/_4$ de hora; pero como en este tiempo la tierra ha andado á su vez parte de la suya, se deduce, que cuando el satélite al terminar su periódico movimiento de traslacion, llegue al punto en que al empezarlo fué luna nueva, no lo será por haber adelantado la tierra, y no poder verificarse el novilunio sino hallándose en una misma direccion sol, tierra y luna: por lo tanto el novilunio se verificará estando mas adelantada la luna en su órbita que en el punto en que tuvo lugar el anterior; y como en colocarse en esta situacion, resultado de los movimientos combinados de la tierra y del satélite tarda mas de dos dias, resultará que entre dos lunas nuevas mediarán unos 29 dias y $^1/_2$ período que se conoce con el nombre de mes *lunar ó sinódico* (1). Divididos en este espacio

(1) Consecuencia de la igualdad del movimiento de notacion y de traslacion de la luna es la duracion tambien igual de sus dias y de sus noches, por lo que girando sobre su ege en los mismos 29 dias y medio que tarda en recorrer su orbita, tendrá un dia de cerca de 15 de los de nuestro planeta y una noche de la misma duracion.

de tiempo los cuatro cuartos, corresponde á cada uno de 7 á 8 dias.

Con esta sencilla esplicacion fácilmente, se comprende, que puede predecirse, sabiendo cuando ha sido la luna nueva, los dias en que se sucederán los demás cuartos; sin mas que agregar siete dias al del novilunio se obtendrá el cuarto creciente, ocho mas dará la luna nueva, y así de los demás.

La observacion constante de los astrónomos, ha comprobado, que cada diez y nueve años se repiten los cuartos de la luna, en los mismos dias y casi á las mismas horas, período conocido con el nombre de *ciclo lunar*, y cada uno de los años de cada ciclo numerados reciben el nombre de *áureos*, que refiriéndose á los mismos números se llaman *áureos números*. Así se dice *aureo número* 8, para indicar que estamos en el año 8.° del ciclo; y para regular estos períodos de tiempo lunares empieza á contarse cada ciclo el año en que cae el novilunio en 1.° de Enero.

Mas como la mayor parte de las veces no coincide el novilunio con el primer dia del año, resulta que al empezar este ya van transcurridos algunos dias del período lunar, y á esta que podemos llamar la edad de la luna al empezar el año, se llama *Epacta*. De aquí se deduce, que como doce meses lunares de 29 dias y medio hacen 354 dias y los doce meses del año comun suman 365, ó sea 11 dias mas, el año segundo de un ciclo, que como sabemos empieza el año comun en que cae el novilunio en 1.° de Enero, tendrá la luna 11 dias, al tercer año 22, y así sucesivamente; y á estos números de la edad de la luna al empezar el año es á lo que se llama *Epactas* de sus años respectivos. Debe advertirse, que cuando la edad de la luna pasa el período de una lunacion, la *epacta* es el número que resulta restando los dias de la lunacion de las que cuenta de edad la luna; por ejemplo, si esta tiene 33 dias, se restan los 29 y me-

dio de los 33 ; quedan 3, y haciendo omision del quebrado, 3 será el número ó la *epacta* del año.

Presentadas las anteriores nociones acerca de la luna, réstanos solo para terminar este capítulo, hacer algunas aplicaciones prácticas de las mismos teorías, resolviendo por ellas varios problemas; y como despues de conocida una teoría, concretando las ideas por medio de un ejemplo se comprende mejor, de este medio nos valdrémos para la resolucion de los problemas referidos.

Sea el primero, *determinar los demás cuartos de la luna, conociendo el dia del novilunio.* El novilunio fué p. e. en 7 de Agosto: añadiendo 7, se tendrán 14, dia en que será el cuarto creciente : sumando con el 14 8, resultarán 22, en que se verificará la luna llena , y añadiendo al 22, 7, obtendremos 29 , dia del cuarto menguante. Añadiendo á esta cifra otras 8, tendrémos 37 es decir los dos dias del mes que quedan , mas seis del siguiente Setiembre, en cuyo dia 6 del mismo mes tendrá lugar el otro novilunio, y así continuando con todos los demás meses pueden designarse con la mayor precision las fases de la luna durante uno ó varios años, con solo tener noticia cierta de la fecha de un novilunio, haciendo con toda exactitud las operaciones matemáticas, tomando por punto de partida , no solo el dia , sino la hora y minutos en que empieza el novilunio.

No es menos fácil y sencillo *hallar el aureo número*, de *cualquier año:* sin mas que añadir al guarismo numérico del año una unidad y dividir la cantidad que resulte por 19 , número de años del ciclo, el *residuo* (no el cociente) será el aureo número pedido. Así p. e. quiero saber el *aureo número* del presente año 1866 . Añado una unidad y obtengo 1867. Divido esta cantidad por 19, y me queda un *residuo*, terminada, la operacion, de 5. Cinco es el *aureo número* de 1866.

La solucion de este problema , conduce como por la mano á resolver , el de encontrar la *epacta* de un año:

pues la operacion consiste, antes de todo en buscar el aureo número, y así verificado, se resta una unidad de dicho aureo número, el cual se multiplica por 11 diferencia de dias del año comun y el año solar; y el producto, dividido por 30, dias del mes, dará un *residuo*, cuyo número será la epacta. Puede acontecer que el producto de la multiplicacion, no pueda dividirse por 30, por ser menor; en este caso el guarismo que representa dicho producto será la epacta pedida sin necesidad de proceder á la division. p. e. sea el mismo año de 1866. Su aúreo número hemos visto que es 5. Restando una unidad quedan 4, cantidad que multiplicada por 11, ofrecerá un producto de 44, cuya cantidad dividida por 30, dará un residuo de 14, *epacta* del año. El segundo caso de no llegar á 30 el producto de la multiplicacion es tan sencillo, que no creemos necesario presentar, para esclarecerle, nuevo ejemplo.

Pero si en lugar de conocer la *epacta* ó edad de la luna el primer dia del año, *queremos averiguar la que tiene en cualquier otro dia*, procederemos á nuevas operaciones. Lo primero es conocer la *epacta*, y despues se agregará á este guarismo el que representa el dia del mes en que se quiere saber la edad de la luna, y tantas unidades como meses hay desde Marzo al mes propuesto, ambos inclusives, y de la suma se restaran 30 dias, y el residuo será la edad de la luna en el dia fijado. Esto en el caso de que la suma escediese de 30, porque no llegando á este número, la suma misma será la edad pedida; y si el dia dado, fuese de los meses de Enero ó Febrero bastará sumar la epacta y la fecha del mes. Ejemplos. Deseo saber que edad tendrá la luna el 20 de Abril de este mismo año. Busco su *epacta*, que como hemos visto, es 14: le agrego 20, que es la fecha del mes, y además, 2 por los meses de Marzo y Abril, obtendré una suma de 36. Restando de ella 30, quedará 6, edad de la luna el dia propuesto·

Los demas egemplos, una vez presentado este, facilmente se pueden formular.

CAPÍTULO VII.

LA TIERRA.—SU FORMA.—PRUEBAS DE ELLA.—DIMENSIONES DE NUESTRO PLANETA.

Al tratar en estos Estudios de nuestro globo, facilmente se comprenderá que vamos á considerarlo como un cuerpo celeste, si hemos de ser consecuentes con la definicion que dimos en el capítulo 1.°, de la Geografía astronómica.

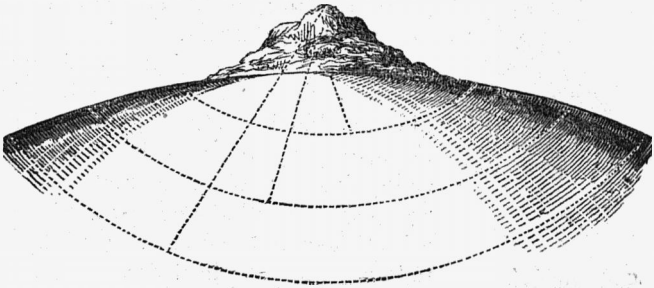
La tierra, que al girar en el espacio no camina aislada como Mercurio y Vénus en la inmensidad del cielo, sino que va seguida siempre de su fiel satélite, siendo e primer planeta que puede decirse disfruta de este privilegio, tiene la forma de un globo casi esférico, cuya mitad por esta causa recibe la luz del Sol, en tanto que la otra mitad se encuentra sumida en la sombra. De manera que, para un observador que pudiera irse alejando gradualmente por el espacio, nuestro planeta apareceria bajo la forma de un disco cada vez mas pequeño, pero al mismo tiempo cada vez mas luminoso, presentando diversas fases como los demás planetas, segun la posicion relativa de la tierra, del espectador y del Sol. A la distancia de la Luna, presentaria el aspecto de un disco luminoso cubierto de manchas, las unas brillantes marcando los continentes, las nieves y los hielos de los polos, las otras mas oscuras indicando el lugar de los mares; y además de estas manchas permanentes, se distinguirian otras variables y movibles, producidas por las masas nebulosas de la atmósfera. Su diámetro aparente seria cerca de cuatro veces el de la Luna, y á una distancia equivalente á la distancia cuá-

druple de nuestro satélite, el globo terrestre aparecería todavía de mayor volúmen que este último. Pero á medida que el observador se alejase, poco á poco el diámetro del disco disminuiría, acabando por hacerse casi insensible, y la tierra entonces brillaría en el cielo como una estrella, lo mismo que cualquiera otro de los demas planetas.

Estas afirmaciones de la ciencia acerca de la forma de nuestro globo y de sus verdaderas dimensiones, no están basadas en simples analogías; hechos sensibles cuya exactitud está demostrada por ellos mismos, demuestran con evidencia la redondez de la tierra; y medidas geométricas de una precision estrema, han hecho conocer sus dimensiones verdaderas.

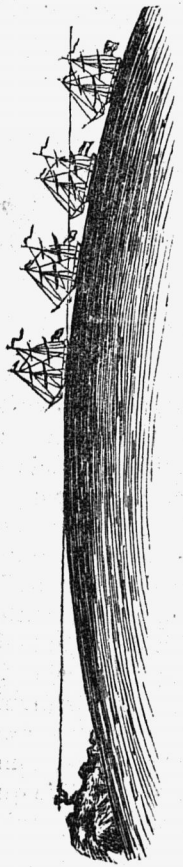
Cualquiera persona puede observar que el horizonte en una llanura tiene la forma de una circunferencia que rodea al observador, y que varía á medida que este va mudando de lugar, pero conservando siempre la línea del horizonte la misma figura, que únicamente sufre algunas modificaciones cuando las montañas ó cualquiera otro obstáculo de cierta altura vienen á limitar la vista. En alta mar, la forma circular del horizonte se observa perfectamente, cambiando solo cerca de las costas, cuyo perfil accidentado rompe la regularidad de la circunferencia. Véase aquí ya un primer dato para poder deducir la redondez de la tierra, puesto que la esfera es el solo cuerpo que se presenta siempre á nuestros ojos bajo la forma circular, sea cualquiera el punto de donde se le mire. Fijemos la vista en el dibujo adjunto y nos convenceremos todavía mas de la exactitud de esta teoría. Representa una llanura, á la que se le ha dado la forma curva que la corresponde, para indicar, que es parte de una esfera, y en el centro de la llanura se halla una montaña, desde la cual se suponen hechas las observaciones. Al pié de la montaña el horizonte que puede alcanzar el observrdor es muy limitado. Se eleva á

la mitad de su altura y el radio visual se estiende, cayendo la línea del nuevo horizonte mucho mas abajo que la del primero, y describiendo un espacio circular mas estenso. En la cima de la montaña el horizonte aumenta, y si la atmósfera está pura y despejada, el espectador irá viendo aparecer multitud de objetos en los planos inferiores, allí donde antes no hallaba su mirada otra cosa que el azul del cielo. Estas diversas variaciones del horizonte serian inesplicables si la tierra tuviese una forma plana indefinida.



Contribuye á corroborar la misma idea, la convexa superficie de los mares, que como estendidos sobre la tierra, tienen que marcar la forma del planeta que cubren. Supongamos á un observador mirando hácia el mar desde cualquier punto de la costa, el cual para el esperimento será mejor á medida que se encuentre mas elevado, porque domina y alcanza, por la causa antedicha, su horizonte sensible, mayor estension de mar. Un buque aparece como un punto perdido en el horizonte. Si con una vista ejercitada ó con el auxilio de un anteojo se fija en él el observador, solo verá la parte superior de la arboladura y del velámen sin que pueda distinguir más. Pero si no separa la vista de aquel punto, gradualmente irá viendo aparecer sobre el horizonte, como si fuera surgiendo del seno de los mares á medida que se va aproximando, toda la parte inferior del aparejo,

la obra muerta, la cinta, el casco, el buque en fin, demostrando con esta progresiva y lenta graduacion la curvatura del horizonte y la esferoicidad de nuestro globo. Y esto, que al espectador de la tierra sucede con respecto al buque, acontece tambien al navegante con respecto á la tierra, pues va viendo poco á poco y gradualmente como si se fueran elevando sobre las aguas, primero las mas altas cimas de las rocas, despues las cordilleras de las montañas, sus vertientes, y por último la llanura. El presente dibujo acabará de hacer comprensible esta teoría.



Por otra parte los viajes de circunnavegacion, y el diario testimonio que nos dan los astros mismos, ocultándose por un lado del horizonte cada dia, para reaparecer al cabo de 24 horas por el lado opuesto, vienen á justificar de una manera concluyente la redondez de la tierra.

Existe una estrella en la parte boreal del cielo, que permaneciendo casi inmóvil y en la misma altura encima del horizonte de un lugar determinado, recibe el nombre de *estrella polar*. Ahora bien; cuando nos dirigimos hácia el Mediodía, á medida que vamos alejándonos, esta estrella parece que va bajando poco á poco, mientras parece al contrario que se eleva cada vez mas, á medida que nos dirigimos hácia el Norte. Este es un hecho que demuestra sin género alguno de duda la convexidad de la tierra; y si en lugar de marchar de Norte á Sur, el viajero se dirige de Este á Oeste, la polar aparecerá

siempre en el mismo punto del cielo en relacion con el horizonte movible á igual altura sobre este horizonte, pero entonces variará la hora de salir y ponerse las estrellas, lo cual demostrará la curvatura de la tierra en todos sentidos, confirmando al mismo tiempo el movimiento de rotacion de nuestro planeta sobre uno de sus diámetros que se llama eje, á cuyo estremo Norte viene á corresponder la situacion, de la estrella polar. Es además un hecho de observacion, que la línea de sombra, marcada en la superficie de la tierra durante los eclipses de nuestro satélite es circular, lo cual no podria concebirse sin ser nuestro planeta esférico, asi como tampoco que el Sol *saliese* á diversas horas para los distintos puntos de la tierra, pues si esta fuese plana, apareceria y se ocultaria al mismo tiempo para todos ellos.

Es pues una verdad completamente demostrada y fuera de todo linage de duda, pues se apoya en los infalibles resultados de la observacion y de la esperiencia, que la tierra á pesar de las asperezas de que está cubierta y cuyas dimensiones nos parecen tan sorprendentes, es una esferoide, que vista desde el espacio, apareceria completamente lisa y regular, como los discos de cualquier planeta.

Pero la forma de la tierra, no es rigorosamente hablando, esférica: el diámetro ó eje al rededor del cual se verifica el movimiento de rotacion, es el mas pequeño de todos los diámetros de nuestro planeta. Resulta pues que la tierra está achatada en las estremidades de dicho eje, que es lo que se llaman *polos*, y prolongada hácia el *ecuador*, ó sea el círculo ideal trazado á igual distancia de los referidos puntos estremos del eje.

Esta forma esferoidal, ¿tiene tambien su apoyo en la observacion? Es indudable.

Estudiemos un *meridiano* (por el cual se entiende una de las líneas curvas ideales en número indefinido que pueden rodear la tierra, pasando por los dos polos.)

Si la tierra fuese rigorosamente esférica , cada meridiano seria una circunferencia , (hecha por supuesto abstraccion de las desigualdades del suelo). En esta hipótesis, las verticales sucesivas que del Ecuador al polo se tirasen. resultarian igualmente espaciadas, y las distancias de las bases de estas verticales á la superficie de la tierra , aparecerian con una medida igual. La observacion contradice este supuesto , pues encontramos que la longitud de los grados sucesivos de meridiano , va constantemente creciendo desde el Ecuador al polo.

Es pues , indudable , la forma esferoidal de la tierra; pero sin embargo el aplanamiento de los polos no es demasiado notable, como se vé por las medidas del radio ecuatorial y del radio polar, pues contando el primero 6377388^{m} , y el segundo 6356080^{m} , hay una diferencia entre uno y otro de 21318^{m}.

La sola enunciacion de estas medidas, demuestra la escasa importancia que tienen, comparadas con ellas, las irregularidades producidas por las montañas y los valles, y la elevacion de los continentes sobre el nivel del mar.

Si la índole de esta obra nos permitiese entrar en comparaciones de la longitud de los radios terrestres con la de las mayores alturas de la superficie del globo, veríamos, que hasta la comparacion que por algunos geógrafos se ha hecho para presentar de un modo sensible la insignificancia de esos accidentes del terreno en relacion con la masa del planeta , diciendo que las irregularidades de su superficie son análogas á las de la corteza de una naranja , es una asimilacion insuficiente é inexacta , porque nuestro globo reducido á las dimensiones de una naranja no podria ofrecer á la vista ninguna señal de irregularidades en su superficie : tan pequeñas é insignificantes resultarian con relacion al tamaño ; y por la misma razon , tampoco podria apreciarse el aplanamiento polar.

No es este el lugar oportuno, porque no escribimos un tratado de geografía física, de ocuparnos en los largos estudios que al entendimiento ofrecen la constitucion geológica de la tierra, la naturaleza del núcleo interior que la compone y todas las cuestiones que con esta materia se relacionan, bastándonos con recordar lo que acerca de la formacion de nuestro sistema planetario y de la tierra, indicamos en el capítulo 3.°, teoría que demuestra satisfactoriamente la forma esferoidal de nuestro globo, añadiendo solo que á causa de dicho aplastamiento de los polos, la circunferencia de un meridiano es mas corta que la del Ecuador cerca de 67 kilómetros, pues la primera mide 40003413 metros y la segunda, 40070376.

La superficie de la tierra entera es de cerca de 510 millones de kilómetros cuadrados, ocupando de esta inmensa estension los mares reunidos mas de las tres cuartas partes, ó sea, 383260000 kilómetros cuadrados, comprendiendo la otra cuarta parte la tierra en continentes é islas, ó sea proximamente 126640000 kilómetros cuadrados.

Y es observacion, no solo curiosa, sino digna de tenerse en cuenta, que estas dos sustancias, mares y tierras, se dividen opuestamente el dominio de la superficie, pues casi todas las tierras se hallan de un lado ó en un hemisferio, y las aguas ocupando el opuesto.

Si colocamos el globo de manera que nuestra visual corresponde al polo Sur, veremos un hemisferio casi enteramente cubierto por el Océano, sin que sobresalgan mas que varias islas, la punta inferior de la América meridional, una pequeña parte de la Nueva Holanda, y otra pequeña parte de Africa; inmensa estension de agua que sin embargo de ocupar casi todo este hemisferio, entra en el opuesto hasta cubrir, como hemos dicho, mas de las tres cuartas partes de la superficie total del planeta.

Pero si de la evaluacion de la superficie del globo queremos pasar á la de su volúmen y á la del peso total del mismo planeta, obtendríamos tan asombrosos resultados que apenas podrian concebirse. No vamos á hacer las operaciones matemáticas que en obras estensas de astronomía pueden consultar nuestros lectores, contentándonos con indicar que una vez conocida la superficie de la tierra, nada mas fácil que cubicar la misma para obtener el volúmen. Figurémonos un volúmen cúbico de 1,000 metros de longitud, latitud, y profundidad ó altura: la esferoide terrestre, contiene mas de mil millares de volúmenes parecidos. Esperiencias y cálculos, producto de largos años de estudios comparativos, han demostrado la densidad media de la materia que forma el globo, y arroja un resultado final, una última cifra representando el peso de la tierra, de 5,875.000,000.000,000.000,000 de toneladas de mil kilógramos. La envoltura aérea que rodea el globo ó sea su atmósfera, hasta 60 kilómetros de altura, no pesa menos segun los cálculos físicos de 5,263.000,000.000,000 de toneladas, y esto sin embargo no es mas que la millonésima parte del peso de la tierra sólido y líquido. (1) Y sin embargo esta esfera que nos parece tan colosal, este globo de dimensiones y peso cuyo cálculo abisma, no es mas que un grano de arena comparado con el gran astro central, no es mas que un punto perdido en el espacio, donde se mueve la máquina gigante de la creacion. ¡Cuan pequeño es el hombre! ¡Cuan grande el Ser Omnipotente, que con su sola voluntad sacó esa inmensa creacion de las tinieblas del caos!

---

(1) Seguimos en estos cálculos, la citada obra de Mr. Guillemin.

CAPITULO VIII.

ROTACION DE LA TIERRA.—DIA Y NOCHE.—DIA SIDERAL Y DIA SOLAR.—VIVEZA DE ROTACION EN LAS DIVERSAS LATITUDES.—DIFERENCIAS DE LA SALIDA Y POSTURA DEL SOL.—CÍRCULO DE ILUMINACION.—CREPÚSCULOS.—DIFERENTE DURACION DE LOS DIAS Y NOCHES.

El movimiento de rotacion observado en todos los planetas es un hecho tan evidente en el que sirve de morada al hombre, que puede asegurarse no existe persona que pueda ponerlo en duda. A una hora dada de la mañana, que varia segun las estaciones, se ven apuntar los resplandores del Sol sobre el horizonte en la parte oriental: poco á poco su disco va elevándose hasta presentarse completamente y continua su carrera elevándose cada vez á mayor altura: al mediodia llega al punto mas alto de su curso aparente, y empieza á descender, para describir en la segunda mitad del dia un arco simétrico al primero, hasta ir desapareciendo poco á poco en el occidente, al acercarse la noche. Este hecho que observado durante el dia comprueba la rotacion de la tierra, se confirma por la noche con el movimiento aparente de las estrellas, que en igual sentido que el Sol parecen describir una curva al rededor de una línea de direccion constante, á la que los asirónomos han dado el nombre de *eje del mundo*, y que no es otra cosa que el punto que corresponde al eje mismo de la tierra.

Durante mucho tiempo se creyó, que era el cielo el que se movia en la direccion indicada, cuando en realidad lo que acontece es que la tierra girando en sentido contrario, es decir, de occidente á oriente, con un movimiento uniforme cuya duracion es de cerca de 24 horas, nos hace creer que nosotros estamos quietos y que se

mueven los demás cuerpos celestes que nos rodean, lo cual proviene de que no tenemos ningun cuerpo bastante cercano con quien comparar el movimiento de nuestro planeta y de que la misma atmósfera que nos embuelve gira tambien al mismo tiempo que la tierra. Esta teoría despues de las sabias observaciones de Copérnico y Galileo ha quedado establecida con toda la solidad de un verdadero axioma astronómico. La rotacion de la tierra es pues un movimiento constante y cuotidiano que se verifica, como hemos indicado en casi 24 horas, y que produce por las razones antedichas una rotacion aparente en la bóveda celeste durante el mismo período de tiempo, dando orígen al fenómeno del *dia* y de la *noche*. Pero además de este movimiento de rotacion, la tierra se mueve en el espacio, describiendo al rededor del Sol, como todos los demás planetas, una curva ú órbita casi circular ó sea de figura elíptica, cuyo movimiento de traslacion produce *el año* y *las estaciones*. No debe sin embargo olvidarse que nada tiene que ver este movimiento de traslacion con la aparente rotacion de la bóveda estrellada, ni con la sucesion de las noches y de los dias, todo lo cual depende del otro movimiento que tiene la tierra sobre su eje, sin ejercer mas influencia el de traslacion en los dias y las noches, que la de modificar sus duraciones relativas, como veremos mas adelante.

Hemos dicho hace poco que el movimiento de rotacion de la tierra es uniforme, es decir, que conserva una viveza constante en todos los momentos de su duracion. Y la prueba de esta teoría la encuentran los astrónomos midiendo los arcos descritos por dos estrellas dadas, en un tiempo dado tambien, cuyos arcos constan siempre de un número igual de grados. Si se cuenta con toda precision el intérvalo de tiempo que transcurre entre dos pasos consecutivos de una misma estrella por el meridiano de un lugar cualquiera, entre una no-

che y la siguiente en los dos puntos de sus culminaciones (1) sucesivas, se tendrá la duracion exacta de una rotacion entera de nuestro planeta: y á este período contado con relacion á las estrellas es á lo que se llama *dia sideral*, mientras conserva el nombre de *dia solar* el intérvalo de tiempo que transcurre entre dos pasos sucesivos del sol por un meridiano, intérvalo que es mas largo que el primero en cerca de cuatro minutos. Entre el dia solar y el dia sideral, existe una diferencia fundamental cual es la de su duracion; y además hay otra no menos importante. Mientras que la duracion del dia sideral es siempre é invariablemente la misma, la del dia solar varia durante el curso del año. Al mismo tiempo que verifica una rotacion completa nuestro globo vá andando parte de su órbita, y de aquí la pequeña diferencia entre el dia sideral y el dia solar; porque mientras el Sol, por los movimientos combinados de rotacion y traslacion sufre un pequeño retraso al pasar por el meridiano de la tierra, la estrella por su gran distancia que casi podemos llamar infinita, aparece despues de una rotacion en el mismo punto del meridiano.

La desigualdad de los dias solares ha hecho fijar como unidad del tiempo civil un dia ficticio que se llama *dia solar medio* porque es en efecto el término medio de todos los dias solares del año. Este dia se divide en 24 horas.

Como consecuencia precisa del movimiento uniforme de rotacion de la tierra sobre su eje, y de la forma esférica de nuestro planeta, la velocidad de este movimiento será diversa é irá aumentando gradualmente desde los lugares cercanos á los polos á los que se hallen en el Ecuador, porque los radios de los círculos

(1) Cuando una estrella pasa por el meridiano se encuentra en el punto mas elevado da su carrera diurna aparente, y de aquí el nombre de culminacion dado á este paso.

polares son mucho mas cortos que los de las demás zonas hasta llegar á la línea ecuatorial, cuyo radio es el mayor de todos ; y sin embargo de la gran velocidad que resulta, pues mientras en un lugar del polo es de 200 metros por segundo en otro del Ecuador será de mucho mas de 400, los habitantes de la tierra no se aperciben de esta gran rapidez, porque la masa entera, el suelo, la atmósfera y las nubes participan del mismo movimiento como ya indicamos arriba ; (1) y esta rapidez constante con que marchan todos los cuerpos situados en la superficie de la tierra seria causa del cataclismo mas grande y mas general que pudiera imaginarse, si llegase un dia en que el movimiento cesase en un instante dado : el choque que esto produciria entre todos los cuerpos y seres que existen en la superficie, seria terrible y lo destruiria todo. Por ventura, las leyes de la naturaleza admirablemente dispuestas por el Creador Supremo, no dejan lugar á creer que semejante cataclismo pueda ocurrir, pues segun las demostraciones de Laplace, la duracion de este movimiento no ha variado desde hace dos mil años ni en la centésima parte de un se-

---

(1) A propósito de la rapidez del movimiento de rotacion , y aunque sea punto de mera curiosidad, creemos oportuno trascribir en este sitio la oportuna nota que en la obra ya citada de Mr. Guillemin se encuentra, tratando del mismo asunto.—«Yo no sé que espíritu inventor imaginó utilizar el movimiento de rotacion de la tierra, como el medio de locomocion mas rápido, mas sencillo y mas económico que se pudiera concebir. Proponia que se elevase un globo á una altura inaccesible a las corrientes aéreas y que permaneciendo inmóvil, no habia mas que esperar el momento en que la tierra pasando bajo de él, presentase á los viajeros el punto donde querian ir para verificar el descenso. Esta fabula, como con razon le llama Mr. Guillemin, no tiene mas que una falta, y es la de suponer que las capas atmosféricas no participan del movimiento de rotacion de la parte sólida del globo terrestre. El inventor, por otra parte, no tuvo en cuenta que mientras nosotros viesemos llegar á Madrid con una rapidez de mas de 300 metros por segundo, dada la hipótesis de una atmósfera inmóvil, deberia resultar en sentido contrario un vendabal diez veces mas violento que los mas terribles huracanes. La ausencia de tal vendabal, ¿no es la prueba mas convincente de la participacion que la envoltura atmosférica tiene en el movimiento de rotacion de la tierra ?

gundo. De la teoría espuesta se deducen diferentes conclusiones, de la mayor importancia para nuestros estudios.

La mas fácil de comprender de todas y por consiguiente la mas elemental, es la ya indicada sucesion de los dias y de las noches; fenómeno que por dicho movimiento se producirá para los habitantes del globo en momentos distintos, de modo que para unos saldrá el sol antes que para otros, en unos puntos anocherá mientras en otros amanece los unos le tendrán sobre su meridiano á horas distintas que los demas, etc., todo lo cual como veremos en su lugar oportuno. es de gran importancia y trascendencia para la resolucion de varios problemas geográficos.

Digimos que á causa de este mismo movimiento y de la esferoicidad de la tierra, la mitad de esta estaba constantemente iluminada y la otra mitad sumida en la sombra; pero debe tenerse en cuenta, que esta proporcion no es exacta en el rigoroso sentido de la palabra, porque siendo el sol mucho mayor que nuestro planeta, ilumina algo mas de la mitad de este, por lo que la parte que disfruta del dia es mayor que el hemisferio oscuro, conociéndose el círculo donde termina la luz y empieza la sombra con el nombre de *círculo de iluminacion*, que por la causa referida siempre es algo menor que un círculo máximo.

Los diversos puntos de la superficie de la tierra, no reciben desde luego y rápidamente la luz del sol al elevarse sobre su horizonte, sino que antes empiezan á percibir sus resplandores lo mismo que continuan gozando de ellos algun tiempo despues de ponerse en occidente, lo cual proviene, de que antes de haber *salido* el sol segun la frase vulgar, y despues de haberse *puesto*, sus rayos hieren los gases y flúidos de la atmósfera que rodea á la tierra, y esta los refleja sobre la superficie: á esta luz media que va aumentando en in-

tensidad hasta que el sol aparece en el horizonte y que va disminuyendo cada vez, á medida que el sol se aleja en el ocaso, se llama *luz crepuscular*, denominándose *crepúsculo matutino*, el que tiene lugar al empezar el dia, y *crepúsculo vespertino* el de la noche.

Hemos dicho que se entiende por ecuador, aquel círculo máximo, que hallándose equidistante de ambos polos, divide á la tierra en dos partes ó emisferios iguales; y como el círculo de iluminacion le corta en dos partes casi iguales todos los dias del año, resulta que en esta línea los dias serán iguales á las noches, y que esta medida irá aumentando á proporcion que nos acerquemos á los polos, donde cada uno de estos períodos de luz y sombra es de seis meses, en lo cual ejerce una notable influencia el movimiento de traslacion, como veremos en el capítulo siguiente. Pero de cualquier modo que sea, esté distribuida la luz en alternativas de horas, dias ó meses, siempre resulta, que todos los habitantes de la tierra ven al sol medio año, y están sin recibir su benéfica influencia otro medio.

CAPITULO IX.

MOVIMIENTO DE TRASLACION DE LA TIERRA.—SU ÓRBITA.—FORMA DE ELLA.—TIEMPO QUE TARDA EN RECORRERLA.—DIFERENCIAS QUE RESULTAN Á CONSECUENCIA DEL MOVIMIENTO DE TRASLACION, ENTRE EL DIA SIDERAL Y EL DIA SOLAR.—ESTACIONES.—INCLINACION DEL EJE DE LA TIERRA.—SU PARALELISMO.—EQUINOCCIOS.—SOLSTICIOS.—AMPLIACION Y CONSECUENCIAS DE ESTAS TEORÍAS.—ECLÍPTICA.—SUS CONSTELACIONES Y SIGNOS DE ELLAS.—AÑO BISIESTO.—PRECISION DE LOS EQUINOCCIÓS.

El movimiento de rotacion del globo que habitamos, se manifiesta al observador por la vuelta aparente de la bóveda estrellada en el espacio de un dia; y por una ilusion análoga, el sol parece describir durante un año

una curva, que en realiad solo recorre la tierra, al girar por su movimiento de traslacion al rededor del radiante centro de todo el sistema.

El tiempo exacto que tarda en verificarse esta revolucion, es de 365 dias solares, 6 horas, 9 minutos 10 segundosy 75 centésimos de segundo. En este intérvalo de tiempo, parte la tierra de un punto dado, y marchando de derecha á izquierda, ó sea de Occidente á Oriente, vuelve á pasar por el mismo punto donde empezó, cumpliendo así su prefixo destino al recorrer indefinidamente y de la misma manera su órbita, que es lo que constituye el movimiento de traslacion.

Esta órbita sin embargo, no es un círculo, sinò una elipse, en la cual el Sol ocupa uno de los *focus*; y el radio medio de la misma curva ó sea la distincia media del sol á la tierra es de 153.500,000 kilómetros: de donde se infiere que la longitud de la curva entera es de 964 millones de kilómetros. La velocidad media con que la tierra recorre esta órbita es de 30,550 metros por segundo, de manera que no solamente nos movemos al rededor del eje terrestre describiendo arcos cuya longitud (variable segun la latitud) puede elevarse á 464 metros por segundo, sino que además recorremos el espacio, por el movimiento de traslacion, con una rapidez de cerca de ocho leguas en cada segundo. Esta prodigiosa actividad de nuestro globo en una masa tan colosal de materia, produciria segun los cálculos de dos célebres físicos contemporáneos (1) por el solo hecho de su repentina detencion, tal desembolvimiento de calor, que bastaria para fundir el globo entero y para reducir una gran parte de él al estado de vapor.

Tardando la tierra en recorrer su órbita 365 dias solares y ¼, durante este período tendrán lugar 366 rotaciones y ¼ sobre su eje, diferencia en una unidad, que

(1) Helmholtz y Mayer.

resulta de la que ya digimos existe entre los dias sideráles y los dias solares. Este resultado, consecuencia precisa de la combinacion de ambos movimientos, el de rotacion y el de traslacion, se esplica fácilmente. Despues de una rotacion entera, el sol que en el punto de partida pasó por el meridiano al mismo tiempo que una estrella dada, queda retrasado en cerca de 4 minutos. A la rotacion siguiente, vuelve á retrasarse otros 4 minutos, porque la tierra al ir girando sobre su eje va adelantando en su órbita, y así continua sucesivamente hasta que al terminar la revolucion anual, se encuentran los tres cuerpos celestes en las mismas situaciones que al empezar. Como por las causas que indicamos en el capítulo anterior la estrella que ha servido de término de comparacion ha permanecido relativamente fija, resultará, que al mismo tiempo que la tierra ha verificado 366 rotaciones sobre su eje, la estrella habrá pasado otras tantas veces por el meridiano, mientras el sol por los retardos sucesivos, solo habrá estado en él 365.

Cada dia del año los habitantes de una misma latitud, ven al sol elevarse sobre el horizonte á diferentes alturas, cambiando de lugar los puntos de Oriente y de Occidente en que el astro Rey se eleva y se oculta, llegando á mayor ó menor altura al medio-dia, y siendo diferente la duracion de los dias y de las noches; fenómenos que producen importantes resultados para la temperatura y las condiciones climatológicas de los diversos paises, cuyos fenómenos principalmente se marcan en las cuatro épocas del año que se conocen con el nombre de *estaciones*.

Hemos dicho principalmente, porque dichos resultados no solo cambian de un hemisferio á otro de la tierra, sino tambien en uno mismo segun su diversa latitud, y de aquí los climas y las distintas zonas, glaciales, tórridas y templadas, en las cuales se verifican dichos fenó-

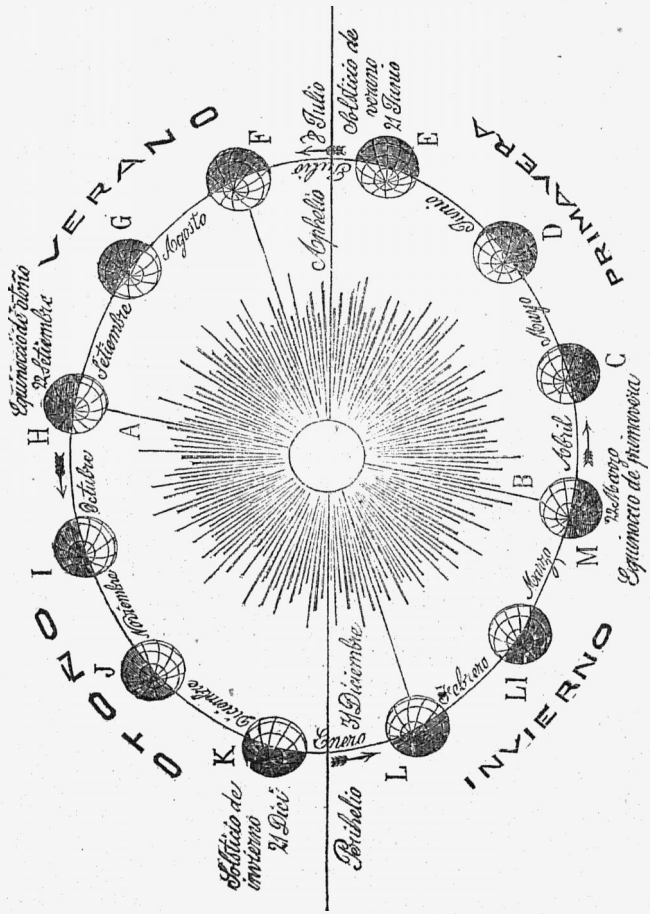
ménos con una notable variedad, pues mientras en las regiones cercanas al Ecuador, hay en cada año dos estios y dos inviernos, y la duracion del dia es igual á la de las noches, en las zonas glaciales solo existe en todo el año un largo dia de seis meses, y una dilatada noche de igual periodo de tiempo, y apenas se reconoce la diferencia de las estaciones. La razon astronómica de todos estos fenómenos, no es otra que los dos movimientos de rotacion y de traslacion, simultáneamente combinados.

Pero todavía hay otra causa que influye en ellos, y que consiste en la inclinacion del eje de la tierra, el cual como puede verse en la figura que damos á continuacion, ni es perpendicular al plano en que la órbita de la tierra está trazado, ni horizontal al mismo, sino que forma con él un ángulo de 66° 42' 44''. Esta inclinacion es constante durante todo el año, permaneciendo siempre dicho eje de la tierra paralelo á sí mismo, que es lo que se conoce con el nombre de *paralelismo del eje de la tierra.*

En todas las posiciones que la tierra ocupa sobre su órbita, hay cuatro principales, hallándose diametralmente opuestas dos de ellas á las otras dos, posiciones que dan por resultado la duracion relativa de el dia y de la noche, y que influyen al mismo tiempo directamente en las *estaciones.* Nos referimos á los dos *equinoccios* y á los dos *solsticios.*

Hácia el 20 de Marzo la tierra se encuentra al recorrer su órbita, en el primero de estos puntos, que es lo que se llama *equinoccio de primavera.* Sigue despues el *solsticio de estio*, cerca del 21 de Junio, el *equinoccio de otoño* hácia el 22 de Setiembre, y el *solsticio de invierno*, que cae con corta diferencia en el 21 de Diciembre. Cada una de estas cuatro posiciones señala el orígen de la estacion de que lleva el nombre, y casi pueden llamarse precisas, pues la diferencia de su repeticion en cada año es relativamente muy pequeña.

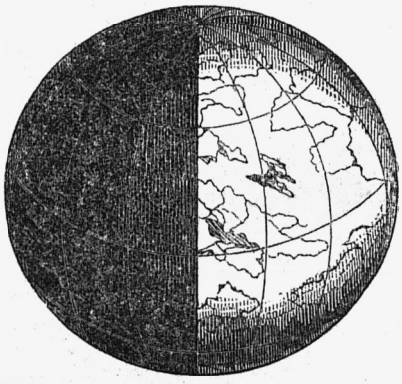
Cuando la tierra se encuentra en cualquiera de los equinoccios, si se prolongase el plano del ecuador, pasa-



Téngase presente, que para la mejor comprension de la teoría de las

ria precisamente por el centro del sol, como se ve en la línea A, B, que marca esta prolongacion en el dibujo, desde el globo M al globo H, y en tal situacion los dos polos de nuestro planeta se encuentran simétricamente á un lado y otro de esta línea, y por consiguiente el círculo que separa la parte iluminada de la parte oscura, es un meridiano.

De lo dicho se deduce, que en este período equinoccial, toda la tierra por un movimiento de rotacion va teniendo una mitad iluminada y otra en sombra, en el sentido de sus polos; y de aquí, que en la época de los equinoccios la duracion del dia sea igual á la de la noche para toda la tierra. El siguiente dibujo lo demuestra.

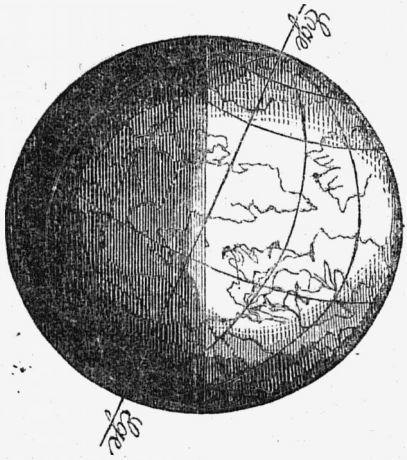


Del equinoccio de primavera al solsticio de estio, la tierra recorre la parte de su órbita, que corresponde á los meses de Abril, Mayo y Junio, pero por el *paralelismo de su eje*, el uno de sus polos, el del Norte, se va

---

estaciones, hemos puesto en este dibujo el sol en el centro del elipse, que forma la órbita terrestre; pero no se olvide que el astro central se encuentra en realidad en uno de los *focus*.

volviendo cada vez mas hácia el sol, mientras el polo sur se va separando segun se ve en la figura de la página 66, en los globos C, D, E ; y como precisa consecuencia, los dias y las noches se van haciendo cada vez mas desiguales, desigualdad que llega á su maximum el 21 de Junio. La parte iluminada se aleja progresivamente de los polos aunque en opuesto sentido, y por consiguiente, la duracion de las noches del hemisferio boreal va disminuyendo al mismo tiempo que aumentando los dias, y en el hemisferio austral ó del sud, sucede por iguales causas precisamente lo contrario. El dibujo que subsigue acabará de hacer comprensible esta teoría.

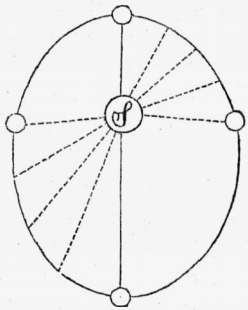


A contar desde el 21 de Junio al 22 de Setiembre, la tierra pasa del solsticio de Estio al equinoccio de Otoño, y durante este segundo período, por razon inversa de lo esplicado anteriormente, el polo norte permanecerá vuelto hácia el sol, pero tendiendo á alejarse de él, y el polo sur continuará sumido en la sombra, aunque

acercándose á recibir los rayos luminosos, como se ve en los globos F, G, de la repetida figura, página 66: las alternativas del dia y de la noche presentarán en órden inverso durante el estío, los mismos fenómenos que durante la primavera. Resulta pues, que durante seis meses las regiones cercanas al polo boreal han visto constantemente al sol sobre su horizonte, mientras las del polo austral le han tenido debajo, el mismo espacio de tiempo; todo lo cual sucederá precisamente en órden inverso, al pasar la tierra despues del equinoccio de otoño por los puntos I, J, K, L, Ll, pues segun se ve en el mismo dibujo, el polo Norte queda sumido en la sombra, mientras el polo Sur, recibe los rayos solares, hasta que pasado el solsticio de invierno, van volviendo á colocarse en igual situacion ambos polos, igualdad que solo se realiza por completo al llegar el nuevo equinoccio de primavera. De aquí esos dias y esas noches de medio año en las regiones polares, noches sin embargo cuya larga oscuridad está mitigada por un contínuo crepúsculo.

Se ve pues que solo en el equinoccio de Otoño, y en el de Primavera, hay igualdad de duracion de dia y de noche para todos los puntos de la tierra, y que el otoño y el invierno del hemisferio boreal, serán la primavera y el estío del hemisferio austral, dependiendo la desigualdad de los dias y de las noches, del movimiento de traslacion y del de rotacion, así como de la inclinacion del eje terrestre sobre el plano de la eclíptica y del paralelismo de este mismo eje.

Todavía sin embargo tenemos que añadir algunas palabras sobre esta materia. Hemos dicho mas de una vez, que la órbita de la tierra no es circular sino elíptica, y que el sol no se encuentra en el centro, sino en uno de sus *focus*. De aquí resulta, que la duracion de las estaciones no puede ser igual, lo cual se comprende con solo fijar la vista en la siguiente figura.



Como en ella se ve, la parte superior, que es la que anda la tierra en otoño é invierno, es menor que la opuesta, que es la que recorre en primavera y verano, influyendo tambien en esta diversa duracion de las estaciones, el que además de ser diferentes los arcos de órbita recorridos, todos los planetas aceleran su movimiento en el perihelio y lo retardan en el aphelio: de modo que encontrándose la tierra en su distancia mínima ó perihelio, algunos dias despues del solsticio de invierno, hácia el 31 de Diciembre, y en su distancia máxima ó aphelio en los primeros dias de Julio, resultará que la tierra emplea menos dias en recorrer la parte de órbita de otoño é invierno, que la de primavera y verano. Y así es en efecto. La primera la anda en 178 dias, 18 horas y 21' y la segunda en 186 dias 11 horas y 48'.

Y aquí es necesario detenernos, para explicar un aparente contrasentido, que pudiera encontrarse entre la teoría esplicada, y el mayor grado de calor que se nota en verano, apesar de hallarnos mas distantes del sol.

En efecto, en la primavera y el estío del hemisferio boreal, está el sol mas léjos que durante las estaciones de otoño y de invierno, de donde lógicamnnte se deduce, que no consiste el mayor ó menor calor que esperimentamos, en la mayor ó menor proximidad al sol sino en otras causas que vamos á examinar.

Durante la primavera y el estío del hemisferio boreal, el sol permanece sobre el horizonte de un punto dado, mucho mas tiempo que en otoño y en invierno, y esta es la primera causa de la elevacion de la temperatura, en las estaciones estivales. Otra no menos poderosa, es

la altura aparente del sol. El arco diurno descrito por el gran astro, se eleva á alturas que van creciendo, del equinoccio de primavera al solsticio de estío, para volver á pasar en sentido inverso por las mismas posiciones, del solsticio de estío al equinoccio de otoño. Los rayos que envía sobre la superficie del hemisferio boreal, atraviesan pues la atmósfera, ménos oblícuamente que en invierno y en otoño, y la intensidad del calor recibido es tanto mas fuerte, cuanto esta oblicuidad es menor, á lo cual hay que añadir la diferente densidad de las capas atmosféricas en las diversas estaciones, y otras circunstancias que pudiéramos llamar particulares y que no son de nuestro objeto, pues solamente debemos ocuparnos de las causas astronómicas.

En cuanto al hemisferio austral, sucede lo mismo durante las estaciones de otoño y de invierno, que son para él la primavera y el verano. Pero como en este hemisferio segun tambien hemos visto, el sol está á menor distancia de la tierra, la intensidad del calor en los diversos puntos de su superficie es mayor, como mayor es tambien el frio que se siente por razon inversa en las estaciones invernales.

A primera vista parece estraño, que el grado máximo de calor y de frio, no corresponda precisamente á los solsticios mismos, sino que tenga lugar algun tiempo despues, en julio y en enero; y sin embargo, nada hay mas natural y sencillo. Desde el 20 de junio, la tierra, calentada ya por el sol de la primavera, continúa recibiendo del astro central durante su largo dia, mas calor que pierde en las cortas noches, y por consiguiente el calor acrece y la temperatura sube. Por el contrario hácia el 21 de diciembre, la tierra enfriada por las largas noches del período otoñal, continúa enfriándose mas y mas, porque pierde durante las largas noches una gran cantidad de calor, que no puede recuperar, durante los frios y cortos dias del invierno.

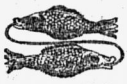
Y no se crea que solo existen esas alternativas estacionales en los puntos opuestos de nuestro planeta. Una de las precisas consecuencias de su forma esférica, es que á medida que se pasa del Ecuador á los polos, se va esperimentando gradualmente el tránsito de un calor intenso á un frio estremado, lo cual hace que se haya dividido la tierra en grandes zonas ó climas.

Pero esta division astronómica de nuestro planeta requiere por su importancia para la Geografía ser tratada en capítulo especial, despues que nos hayamos ocupado en los que han de precederle, de varios puntos importantes para su mejor inteligencia.

Antes de terminar sin embargo el presente capítulo, necesitamos todavía establecer algunas teorías astronómicas de aplicacion práctica para estos estudios.

Nuestro globo al recorrer su órbita, se va determinando en el cielo por varios grupos de estrellas que sirven para marcar la órbita misma, cuyos grupos ó constelaciones ban recibido diferentes nombres, y se representan con ciertos signos y figuras, todo lo cual representamos en la tabla siguiente.

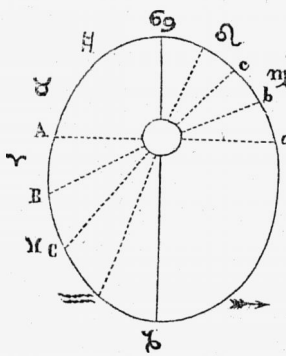
Constelaciones.	Figuras.	Signo.
Aries.		♈
Tauro.		♉

Geminis. ..		♊
Cancer. . . .		♋
Leo.		♌
Virgo. . . .		♍
Libra. . . .		♎
Scorpio.. . .		♏
Sagitario. . .		♐
Capricornio. .		♑
Acuario. . .		♒
Piscis. . . .		♓

En cada una de las cuatro estaciones recorre la tierra tres signos, que son : para el hemisferio Norte en la Pri-

mavera Libra ♎, Scorpio ♏, y Sagitario ♐: en Verano, Capricornio ♑, Acuario ♒, y Piscis ♓: en Otoño, Aries ♈, Tauro ♉, y Géminis ♊; y en Invierno, Cáncer ♋, Leo ♌, y Virgo ♍. Para el hemisferio Sur al contrario. Se llaman puntos *equinocciales* los signos Aries y Libra en que empiezan el Otoño y la Primavera, y *solsticiales* aquellos en que tiene lugar el Invierno y Verano, que son los de Cáncer y Capricornio.

Pero como la tierra es la que se mueve en su traslacion al recorrer su órbita, y no el sol, por mas que aparentemente suceda lo contrario, segun ya esplicamos, mientras la tierra anda estos signos cree el terrícola ver al sol en los opuestos, y así que en la Primavera le halla en los signos *Aries*, *Tauro* y *Géminis*, en el Verano en *Cáncer*, *Leo* y *Virgo*, etc., que es lo que comunmente se espresa con la frase *sol en Aries*, *sol en Cáncer*. etc.



Por la situacion del sol en uno de los focus de la órbita terrestre resulta, segun digimos, que nuestro globo unas veces está mas cerca del sol y otras mas distante, y esto, como en la presente figura se advierte, se conoce tambien por los mismos signos ó constelaciones. Así es que segun se ve en el dibujo, el sol está mas inmediato á Cáncer ♋ que á Capricornio ♑, de donde se deduce que la tierra está mas próxima al sol en el invierno que en el verano, aparente contradiccion que ya dejamos esplicada.

Por la diferencia que existe entre los años *sideral* y el *civil* ó *comun*, que tambien se denomina trópico se forma pasados cada tres años uno de 366 dias llamado *bisiesto*, cuyo dia escedente se compone con las cinco

horas y 49' que van quedando de cada uno de los cuatro años.

Y á propósito de esta diferencia y para terminar este capitulo, vamos á transcribir el párrafo que acerca de la *precision de los equinoccios* y la retrogradacion de las estrellas encontramos en la obra del señor Verdejo, por ser difícil presentar esta teoría con mas claridad y concision. «Siendo el año sideral de 365 dias, 6 horas, 9' y 14" (1) y el trópico ó equinoccial de 365 dias, 5 horas, 48' 48", hay entre los dos una diferencia de 20' 25", provenida de que cada año se verifica la Primavera dichos 20' 25" antes de que la tierra llegue al punto de su órbita en que fué Primavera el año anterior. Así, si en un año empezó la Primavera cuando la tierra estaba en *a*, (véase la figura anterior) al año siguiente se verificará cuando llegue á *b*, al otro cuando se encuentre en *c*, etc., que es lo que se llama *precision de los equinoccios*, que cada año es de unos 50" ó un grado en casi 72 años; y por consiguiente en 2,160 años seria de un signo entero ó 30° grados de diferencia, y en 26 ♑ años habia recorrido toda la órbita, volviendo á ser la Primavera otra vez en *a*. Mas cuando la tierra está en *a* ve el sol en A, cuando se halle en *b*, le verá en B, y cuando en *c*, en C, etc.; por consiguiente parecerá que el sol va retrocediendo de A hácia C, cuyo fenómeno se llama *retrogradacion de las estrellas*, que será de 50" por año ó 30° por cada 2,160. Así es, que aunque se continua diciendo, que al empezar la Primavera se vé el sol en el primer grado del signo ♈, y no se halla sino en el primero de la constelacion ♓. De aquí se infiere que en el dia ya no son los mismos los signos por donde vemos ir pasando el sol y las constelaciones que tienen el

---

(1) De las medidas mas recientes resulta que los segundos son 10 y 77 c. como llevamos dicho.

mismo nombre que aquellos; pues como acabamos de ver, cuando se dice que el sol está en el signo equinoccial Aries, no está realmente sino en la constelacion Piscis. De esta precision de los signos equinocciales se ha tratado de deducir la época de ciertos acontecimientos, comparando la posicion que tiene el sol en el dia con respecto á las constelaciones, y la que se vé representada en algunos monumentos antiguos del Egipto y la India; pero como en estos no está determinada de un modo fijo la época en que el sol se veía en los puntos equinocciales, no se pueden sacar consecuencias exactas de dicha comparacion.»

CAPÍTULO X.

DE LAS ECLIPSES.—SU DEFINICION.—SUS CAUSAS.—TEORIA GENERAL DE LOS MISMOS.—ECLIPSES DE SOL.—SUS DIVISIONES.—ECLIPSES DE LUNA.—SUS DIVERSAS CLASES.—EXPLICACION DE CADA UNA DE ELLAS.—FENÓMENOS QUE ALGUNA VEZ TIENEN LUGAR EN LOS ECLIPSES.—REPRODUCCION PERIÓDICA DE LOS MISMOS.—DIVISION DE LOS DISCOS EN DÍGITOS.

Conocidos ya los tres cuerpos celestes que mas importancia relativa tienen para los estudios geográficos, el sol, centro de todo el sistema planetario, la tierra, morada de la raza humana, y la luna satélite de nuestro planeta, debemos ocuparnos en el presente capítulo de uno de los mas notables fenómenos que se verifican en el espacio, y que es otra de las precisas consecuencias del movimiento de traslacion de nuestro globo y de su fiel satélite.

Facilmente se comprenderá que nos referimos á los eclipses, ó sea la privacion de luz que padecen durante un corto tiempo los cuerpos celestes, eclipses que con

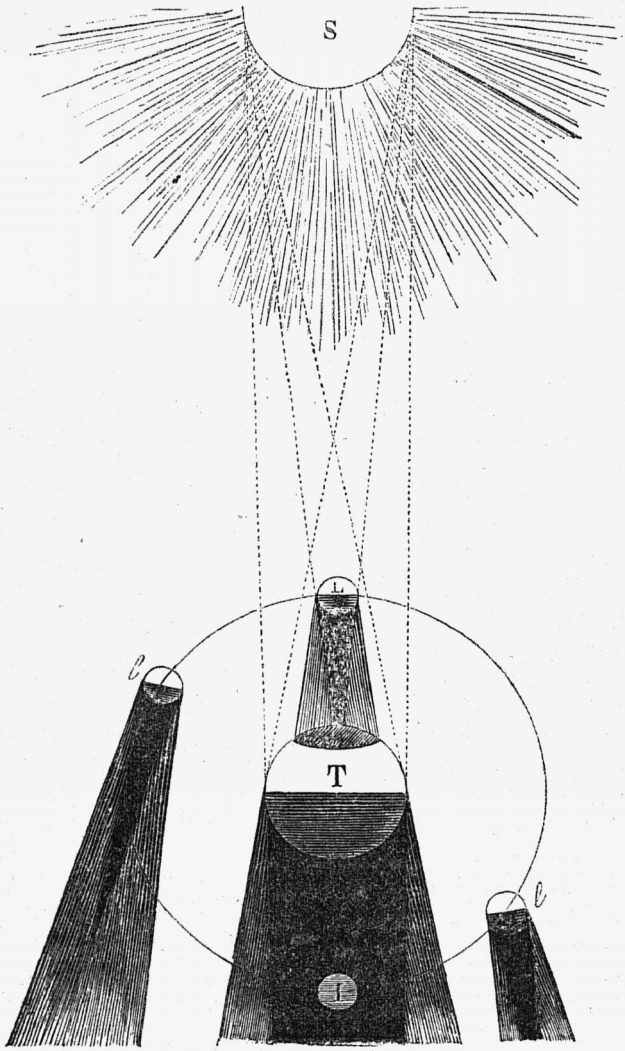
relacion al gran astro central y á nuestro planeta son de *sol ó de luna.*

La causa primordial de este fenómeno celeste se halla en la opacidad de los planetas; pues no teniendo mas luz que la que reciben del sol, siempre que entre uno de ellos se interpone otro de su misma clase, no pueden llegar á la superfície los rayos luminosos, y queda por lo tanto eclipsado el planeta, que recibe la sombra del otro cuerpo intermediario.

Como la tierra gira al rededor del sol, y al rededor de la tierra la luna, resulta que habrá momentos en que estos dos planetas tengan su centro en linea recta al centro del sol, y cuando tal suceda se verificarán los eclipses de sol y de luna. En el primer caso, ocupando la luna el lugar intermedio entre el astro radiante y nuestro globo, y presentando á la tierra su hemisferio oscuro, impedirá que los rayos solares lleguen á la superfície de nuestro globo; y en el segundo caso, colocada la tierra entre el sol y la luna no dejará que el hemisferio del satélite que mira hácia la tierra, reciba los rayos solares.

La tierra y la luna son dos cuerpos esféricos, opacos, cuya mitad ó uno de sus hemisferios está constantemente iluminado por el sol, mientras la otra mitad ó el hemisferio opuesto, permanece sumido en la sombra. El cuerpo luminoso, el sol, es tambien una esfera aunque, como hemos visto, de dimensiones mucho mas considerables, que lanza sus resplandores sobre el planeta y el satélite. Como estos son opacos, al recibir la luz, proyecta su masa detrás de ellos y por consiguiente en opuesto sentido al sol, una sombra cónica, consecuencia precisa de la forma esférica que tienen, sombra cuya longitud y anchura dependen de la distancia del astro luminoso y del diámetro del planeta iluminado. Esta sombra cónica cubre todos los puntos del espacio, que á causa de la interposicicion del cuerpo opaco, no reci-

ben del sol ningun rayo de luz; y de aquí que cuando nuestro planeta se coloca en los puntos ocupados por la



sombra de la luna, se verifique el eclipse de sol, y cuando la luna entre en el cono de sombra proyectado por la tierra tenga lugar el eclipse de luna.

La sombra proyectada por el cuerpo opaco está además rodeada de una penunbre de forma tambien cónica, pero en sentido opuesto á la masa central y más oscura que la sombra misma, de modo, que, mientras ésta sombra central intensa afecta la figura de un cono invertido, la penumbra tiene la de un cono truncado cuya parte superior arranca del planeta mismo, ensanchándose la base á medida que se separa de él. Esta teoría que tiene su apoyo en una ley física de óptica se comprenderá perfectamente con solo examinar el dibujo de la página anterior.

Del exámen del mismo se desprende con toda claridad la teoría que vamos esplicando. Cuando la luna *l l* llegue al punto *L* interpuesta entre el sol *S* y la tierra *T* se verificará el sclipse de sol, y cuando siguiendo su rotacion llegue á *I* tendra lugar el eclipse de luna. Del exámen de la misma figura se desprende tambien claramente, que los eclipses de sol deben tener lugar en la *luna nueva*. y que el eclipse de luna al contrario, solo es posible durante la luna llena; es decir, en el período en que se encuentra *en oposicion*. En los demás lugares de su órbita que ocupe nuestro satélite, y por consiguiente en sus otras fases, el cono de sombra lunar se proyectará solo en el espacio, lo mismo que el de la sombra terrestre sin poder encontrar á la luna.

De lo que acabamos de decir parece inferirse rectamente que en cada luna luna nueva y en cada luna llena debieran verificarse eclipses; y así sucederia en efecto si la órbíta de la tierra al rededor del sol y la órbita de la luna al rededor de la tierra se encontrasen descritas en un mismo plano, porque entonces en el período de la *conjuncion* y en el de la *oposicion*, los centros de los tres cuerpos celestes se hallarian en lí-

nea recta; pero como esto no es lo que sucede en realidad, como la órbita de la luna está inclinada sobre el plano de la eclíptica segun ya hemos visto, de aquí que en las lunas nuevas unas veces el cono de sombra lunar cae encima de la tierra y otras veces por debajo de ella. En la época de la oposicion, la luna por su situacion fuera del plano de la eclíptica, pasa ya por encima, ya por debajo del cono de la sombra terrestre, y de aquí que sean necesarias ciertas condiciones para que se verifiquen los eclipses.

La órbita de la luna está situada en un plano, que forma con la órbita de la tierra un ángulo: de aquí resulta, que una mitad de la traslacion mensual se verifica por debajo de este plano, y la otra mitad por encima; la luna pasa pues por la eclíptica dos veces en cada lunacion; y las dos posiciones que ocupa durante estos pasos es lo que se llama *nodos ó nudos*. El uno se llama nudo ascendente, y el otro nudo ó nodo descendente, porque corresponden, el primero al movimiento de la luna que se eleva del lado Sur al lado Norte de la eclíptica, y el segundo al movimiento inverso. Ó de otro modo, á consecuencia de la referida inclinacion de la órbita lunar (inclinacion que dá un ángulo próximamente de cinco grados), nuestro satélite en unos casos se halia mas alto y en otros mas bajo que la tierra, y de aquí el que solo puedan verificarse los eclipses en las lunas llenas y nuevas en que el satélite se encuentre á la misma altura que el sol y la tierra, lo cual sucede en los *nodos* ó *nudos*; es decir, en aquellos puntos en que la órbita lunar corta á la terrestre, cuya órbita por esta causa, segun hemos dicho anteriormente, se llama tambien *eclíptica*.

Pero si los *nodos* ó *nudos* fuesen invariables en sus posiciones relativas al sol, resultaria, ó que no habria jamás eclipses, ó que tendríamos dos eclipses en cada mes lunar: pero variando los *nodos* ó *nudos* de una á

otra lunacion, fácilmente se concibe que tendrán lugar los eclipses, cuando coincidan los nodos con las fases de plenilunio y novilunio. Pero no es necesario que esta coincidencia sea perfecta; basta que los nodos tengan lugar cerca de dichas fases, para que la anchura de los conos de sombra hagan posible la inmersion de la luna ó de la tierra, en la sombra que respectivamente proyectan cada uno de estos planetas.

Sentados estos precedentes generales y que son el fundamento de toda la teoría de los eclipses, pasemos á examinar por separado cada uno de estos fenómenos, segun tengan lugar en el sol ó en la luna, dejando antes asentado para su mas fácil inteligencia, que por *inmersion* se entiende el principio ó entrada de un eclipse, y por *emersion* el fin, ó salida.

Eclipses de Sol. Pocos fenómenos de la naturaleza sorprenden mas á todos los habitantes de la tierra, que la realizacion de un eclipse de Sol. Al ir disminuyendo gradualmente la claridad, al ver que las tinieblas reemplazan al dia, que los objetos todos van tomando una tinta lívida que llega hasta el rojo cobrizo, que algunas estrellas aparecen en el espacio, y al sentir el repentino cambio de temperatura que se esperimenta, todos los séres sienten un verdadero movimiento de terror, que espresan los animales con actitudes y sonidos estraños, ó bien cesando algunos de ellos, como las aves, en sus varios cantos de amor y de alegría, y hasta las plantas plegan sus cálices, como si la noche hubiera tendido para ellas su denso velo. Tal estado de cosas, sin embargo, dura bien poco: á medida que el eclipse se aproxima á su término, la atmósfera va esclareciéndose, las tintas del dia recobrando su diáfamo color, ocultándose las estrellas, abriéndose las flores y volviendo la animacion y la vida á todos los séres, que con sus actitudes y sus gritos de júbilo muestran su regocijo. La naturaleza entera durante un eclipse solar, parece vesti-

da de duelo, así como ostenta sus mas ricas galas para saludar al astro radiante, que por breves momentos le ocultó sus fulgores (1).

Sin embargo, para los hombres iniciados en los misterios de la ciencia, el eclipse solar no es motivo de terror sino de admiracion; y elevándose á estudiar sus causas y su manera de ser, le siguen en todos los momentos

---

(1) A este propósito creemos oportuno trascribir la descripcion que hace Mr. Arago del aspecto que presentaba Perpiñan durante el eclipse total de 8 de Julio de 1842: dice así. «En Perpiñan las personas gravemente enfermas permanecieron únicamente en sus habitaciones. La poblacion cubria desde antes de la madrugada las terrazas, las rampas de la ciudad, todos los montículos esteriores desde donde podia verse la salida del Sol. En la ciudadela veíamos, además de numerosos grupos de ciudadanos colocados sobre el glasis, á todos los soldados que en un ancho patio estaban formados como para una revista.—La hora del eclipse se aproxima; cerca de 20,000 personas examinan con cristales ahumados en las manos el globo luminoso, que empieza á proyectarse sobre el cielo azul. Apenas armados de nuestros poderosos anteojos principiábamos á percibir la pequeña oscuridad del borde occidental del Sol, cuando un grito inmenso formado de 20,000 gritos diferentes, vino á advertirnos que solo habíamos adelantado algunos segundos la observacion hecha con la simple vista por 20,000 astrónomos improvisados, que hacian su primer ensayo. Una viva curiosidad, la emulacion, el deseo de no ser prevenido por nadie en sus observaciones, parecian haber tenido el privilegio de dar á la vista natural una penetracion y un poder inusitados.— Entre este momento y los que precedieron á la casi total desaparicion del astro, nada notamos en tan gran número de espectadores que merezca ser referido. Pero cuando el Sol, reducido á una estrecha línea curva empezó á arrojar únicamente sobre nuestro horizonte una luz muy débil, se apoderó de todo el mundo una inquietud estraña; cada uno sentia la necesidad de comunicar sus impresiones á los que tenia cerca, y un murmullo sordo se elevaba en el aire, semejante al que produce el mar lejano despues de la tempestad. El rumor se iba haciendo cada vez mas fuerte á medida que el segmento de luz solar disminuia; al fin desapareció del todo, las tinieblas sucedieron súbitamente á la claridad, y un silencio absoluto marcó esta fase del eclipse con la misma exactitud que nos la indicaba el péndulo de nuestro reloj astronómico. El fenómeno en su magnificencia acababa de triunfar de la petulancia de la juventud, de la ligereza, que ciertos hombres toman por un signo de superioridad, de la indiferencia grosera de que hacen ordinariamente profesion los soldados. Una calma profunda reinaba en el aire; los pájaros habian cesado de cantar.—Despues de una atencion solemne de cerca de dos minutos, transportes de júbilo, aplausos frenéticos saludaron con igual armonía, con la misma espontaneidad la reaparicion de los primeros rayos solares.»

de su duracion, llegando á dividirlos en diferentes clases y á predecir el instante en que han de verificarse, y la duracion del fenómeno.

Los eclipses de Sol son pues de tres clases: *totales*, *parciales* y *anulares*. Los primeros son aquellos en que el disco oscuro de la luna cubre casi por completo la superficie aparente del Sol: los segundos, cuando solo queda oscurecida una parte mas ó menos grande del disco solar, y los terceros, cuando el disco de la luna no es bastante grande para cubrir por completo el del Sol, y queda un anillo luminoso alrededor de la parte oscurecida. Los totales y anulares tienen lugar cuando la luna y la tierra se hallan en una misma línea; en cuyo caso, si el satélite se encuentra en su perigeo y la tierra en su aphelio, como la distancia disminuye el volúmen de los objetos, el Sol aparecerá mas pequeño por estar mas distante, y la luna mayor por hallarse mas próxima, ocultándonos entonces por completo al astro del dia: por eso dijimos al definir el eclipse total, que la luna cubria la superficie *aparente* del Sol. Pero si la tierra está en el perihelio, y la luna en el apogeo, por la misma ley de óptica indicada, el Sol aparecerá mayor y la luna menor, y ésta no podrá ocultar mas que la parte central del Sol mismo, que es lo que produce el eclipse anular, porque queda fuera del disco de la luna toda la zona circular de luz que no ha podido oscurecer el satélite. Por último, si el Sol, la luna y la tierra no están exactamente en la misma línea, el eclipse será parcial, pues la luna solo nos ocultará una parte lateral del astro.

En estos diversos casos el satélite proyecta su sombra sobre nuestro globo, tambien de diferente modo. En el eclipse total, el cono de sombra intensa llega hasta la superficie, y es tal eclipse total para todos los puntos del globo que se encuentran bañados por esta parte central é intensa de la sombra; así como aquellos puntos que cubre la penumbra, como ésta tiene figura cónica, en sentido in-

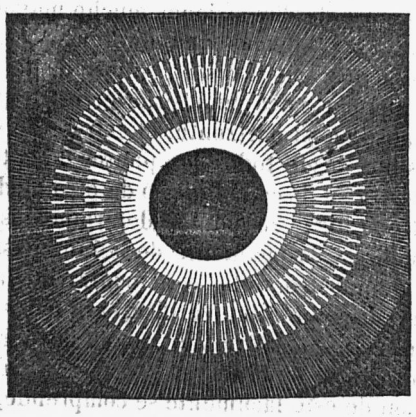
verso á la de la sombra central, tendrán eclipse parcial de mayor ó menor estension, segun que la parte de la penumbra está mas cerca ó mas distante de la sombra densa. Véase el globo que representa la tierra, señalado con una T en la figura anterior, y se comprenderá esta teoría, pues en dicho dibujo se marcan sobre la superficie terrestre, los diversos efectos de la sombra lunar.

Mas si por hallarse mas lejana la luna, el cono de sombra intensa no llega á la tierra, habrá eclipse anular para todos los puntos de ella que se encuentren en la prolongacion de este cono, y eclipse parcial tambien para los que se hallen en la penumbra. De esta teoría se deducen las conclusiones siguientes. Para que el eclipse total tenga lugar, es necesario: que la luna se halle en conjuncion, es decir, en su novilunio: que al mismo tiempo esté en uno de sus *nodos* ó *nudos*, y que su distancia á la tierra sea menor que la longitud del cono de sombra intensa proyectado por la luna en el espacio, condiciones todas que tambien son necesarias en los eclipses de Sol anulares, escepto la última.

Tambien se deduce de las diferentes dimensiones de la tierra y de la luna, que los eclipses solares son *visibles* en unos puntos del globo é *invisibles* en otros. Nuestro satélite tiene un diámetro cerca de cuatro veces menor que el de la tierra; su cono de sombra en su mas grande anchura es relativamente muy pequeño para que pudiese cubrir la tierra, y en su estremidad solo produce un círculo oscuro, á lo sumo de veinte leguas próximamente. De donde se deduce, que un eclipse de sol no puede ser total en un mismo instante físico mas que para un círculo de estas dimensiones; y si cubre mayor espacio, es debido á que el movimiento de rotacion de la tierra y el movimiento de traslacion de la luna combinados, hacen que el cono de sombra recorra alguna mayor estension trazando una curva oscura en la superficie de nuestro planeta, lo cual sucede tambien respecto á la penumbra.

Las teorías científicas de los movimientos de la luna y de la tierra, han alcanzado en el dia tal grado de perfeccionamiento, que no solamente los cálculos astronómicos señalan de una manera fija y precisa el momento en que ha de tener lugar el eclipse, sino su clase, su duracion y sus fases para cada lugar del globo, determinando dónde ha de ser visible ó invisible; pero el conocimiento de todos estos puntos no entra en el círculo de nuestros estudios, para que podamos detenernos en su exámen. Añadiremos, sin embargo, á lo ya expuesto, un hecho importante, á fin de que por la observacion de cierta claridad que aun en los eclipses totales rodea el disco de la luna, no pueda confundirse un eclipse total con un eclipse anular.

Se ha observado que en algunos eclipses totales de sol, entre otros el de 28 de Julio de 1851, y el de 18 de Julio de 1860, momentos antes de la totalidad, durante ésta, y un poco despues, una corona luminosa rodeaba el disco oscuro de la luna que producia el eclipse, y proyectaba en todos sentidos rayos de luz separados por intervalos mas oscuros en forma de lo que los franceses llaman *gloria*, segun demuestra el siguiente dibujo.



Este fenómeno en la parte completamente esclarecida, es efecto de la atmósfera del sol, y en la parte de *gloria* se atribuye á la refraccion de la luz sobre las asperezas del contorno de la luna, sin que por lo tanto pueda confundirse con lo que se observa en los eclipses anulares; pues en estos se ven distintamente y paralelos entre sí, los dos discos, el de la luna mas pequeño y el del sol mayor, dejando perfectamente limitado el anillo á que debe su nombre el eclipse; bien entendido, que además del anillo se ve la misma claridad y la misma gloria rodeando, no el disco de la luna, sino el disco del sol, cuyo centro está cubierto por la luna.

Otras observaciones de gran interés se han hecho en los eclipses solares acerca de ciertas protuberancias, algunas de color rojizo, que se han notado en el disco lunar, y que hoy son tenidas como producto de las manchas solares; pero este tampoco entra en el círculo de nuestras investigaciones.

Eclipses de luna. Los eclipses de nuestro satélite son de dos clases; parciales ó totales, pero nunca anulares, porque el cono de sombra de la tierra, por muy grande que sea la distancia á que se encuentre de la luna, es siempre de dimensiones mucho mayores que el disco lunar. Hay además una diferencia capital entre ambos fenómenos: miéntras un eclipse de sol solo es visible para una parte del hemisferio terrestre que tenga el astro luminoso en su horizonte, el eclipse de luna siempre es visible desde todos los puntos de la tierra, á los cuales muestra su disco la luna: ó de otro modo; el eclipse de sol tiene lugar en puntos determinados á medida que la sombra y la penumbra de la luna pasan sobre la superficie de nuestro globo, y al contrario, la privacion de luz del disco lunar se verifica para todos en los mismos instantes físicos, variando solo en las horas segun el lugar desde donde se observa.

La razon de esto fácilmente se comprende, examinan-

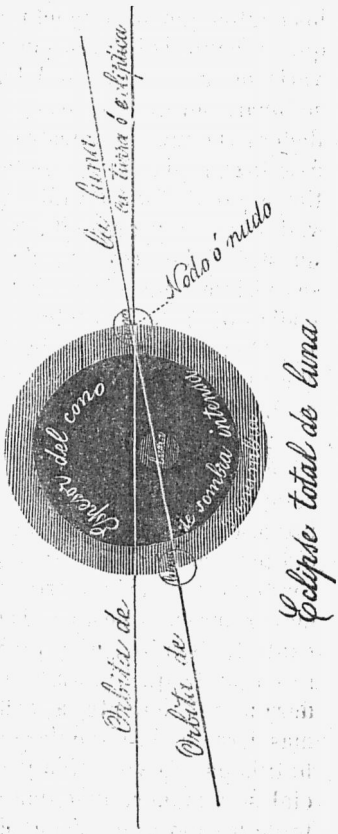
do la primera figura dibujada en este capítulo (pág. 78). Como en ella aparece, en el eclipse solar, la superficie del astro-rey no está realmente oscurecida, sino solamente oculta para la tierra por el disco oscuro de la luna en los puntos que se proyecta la sombra de ésta. De suerte que los eclipses solares son un efecto de perspectiva, que varía segun la posicion del observador y del sol: el eclipse lunar, por el contrario, es efecto de una falta verdadera de luz en nuestro satélite, porque no teniendo éste luz propia sino la reflejada del sol, interpuesta la tierra entre el astro radioso y la luna, queda ésta privada de luz y envuelta en la gran masa de sombra que nuestro globo proyecta; de aquí que el eclipse de luna sea visible á un mismo tiempo para todos los puntos que podian disfrutar los fulgores de ésta antes del eclipse. S L y T marcan en la figura referida el eclipse del sol. S T é I presentan con toda claridad el de luna y la teoría esplicada.

¿En qué consiste la diferencia de los eclipses parciales á los totales? Despues de lo dicho es bastante fácil de comprender. Cuando la luna atraviesa el cono de sombra intensa proyectado por la tierra, que es como aparece en el dibujo acabado de citar, el eclipse no puede menos de ser total y además central, en cuyo caso tendrá toda la mayor duracion posible. Tambien puede ser total sin ser central, siempre que atraviese el cono de sombra intensa en punto que cubra todo el disco lunar, lo cual sucederá mas fácilmente, á medida que el *nudo* ó *nodo* esté mas cerca de la circunferencia que limita el cono de sombra: la parte oscurecida y por consiguiente el eclipse parcial será menor, á medida que el nodo esté mas distante de la curva del mismo cono intenso de sombra terrestre.

Las dos siguientes figuras acabarán de hacer comprensible esta teoría, debiendo advertir que en ellas se presenta el cono de sombra como si se viera de frente, ó

sea la planta del mismo cono, ó su corte, en el sentido de su anchura.

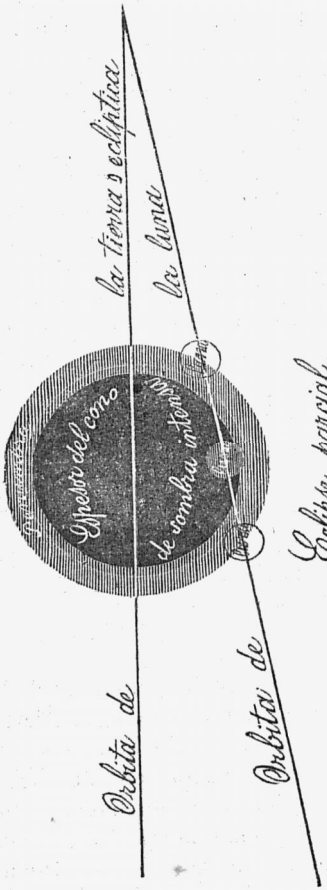
Debemos consignar como un dato importante para las dimensiones y figura de la tierra, que la ligera curva que en los eclipses parciales señala sobre el disco lunar el límite de la parte oscurecida, es uno de los seguros datos con que la ciencia astronómica ha determinado la forma esférica de la tierra, y las dimensiones de la misma.



La luna en sus eclipses no queda tan completamente oscurecida que desaparezca en el fondo del cielo; la sombra que la cubre deja traslucir su disco cono si se viera á través de un velo rojizo oscuro, lo cual es debido á la refraccion de los rayos solares en las capas inferiores de la atmósfera terrestre; y antes del verdadero eclipse, se nota cierta opacidad, que es el paso de la luna por la penumbra, antes de la inmersion del satélite, en la sombra intensa terrestre.

Acontece, aunque rarísimas veces, un fenómeno muy estraño en los eclipses, que parece echar por tierra toda la teoría espuesta. Este fenómeno consiste en la pre-

sencia simultánea del sol y de la luna durante el eclipse, en cuyo caso si fuera tal como la apariencia lo presenta, no podian estar en una misma línea el sol, la luna y la tierra. Este fenómeno, sin embargo, es solo un efecto de la refraccion de la luz. El sol, hallándose bajo el horizonte, aparece en el cielo, lo cual acontece tambien con la luna, sin embargo de que todavía *no ha salido*: es decir, lo que vemos en estos casos no es ni la luna ni el sol, sino sus imágenes reproducidas en el espejo de nuestra atmósfera, para valernos de una comparacion que haga completamente inteligible la razon de ser del fenómeno indicado.



Los eclipses tienen lugar periódicamente. De diez y ocho en diez y ocho años con pequeñas diferencias, el sol, la tierra y la luna se encuentran en las mismas posiciones relativas; así es, que partiendo de esta observacion, ya demostrada desde los primeros

pasos de la ciencia astronómica, y con los adelantos hechos en el estudio de los movimientos de estos tres cuerpos celestes, pueden hoy predecirse y se anuncian, en efecto, con una exactitud hasta de segundos, los momentos en que deben verificarse estos importantes fenómenos, pues los eclipses que han tenido lugar en el primer período, se verificarán en el mismo órden durante el segundo.

Réstanos, por último, consignar antes de concluir este capítulo, que para apreciar la cantidad de un eclipse, se han considerado divididos los discos del sol y de la luna en doce partes, á las cuales se les ha llamado *dígitos*, subdividiéndose cada dígito en 60 minutos, y cada minuto en otros tantos segundos; así es que leemos, v. gr., *dígitos eclipsados*, 6, para indicar la cantidad de disco oscurecido.

CAPITULO XI.

MEDIOS DE REPRESENTAR GRÁFICAMENTE PARA SU APLICACION Á LA GEOGRAFÍA, VARIAS DE LAS TEORÍAS ESPLICADAS.—ESFERA ARMILAR.—CÍRCULOS DE QUE SE COMPONE.—ESPLICACION DE CADA UNO DE ELLOS.

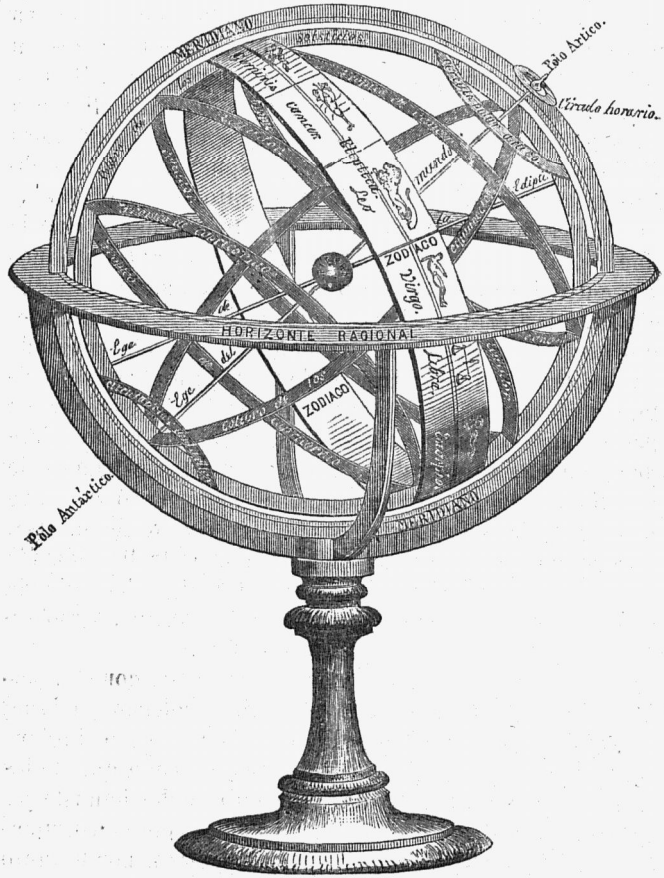
Segun dijimos en el capítulo primero, el objeto de la geografía astronomía, que considerando á la tierra como un cuerpo celeste, demuestra la relacion que con ella tienen los demás cuerpos que giran en el espacio, principalmente los que se refieren al mismo sistema planetario á que la tierra corresponde, dando á conocer los fenómenos celestes, es deducir de todos estos estudios reglas seguras, para fijar y establecer debidamente la situacion de los diversos pueblos, que ocupan la superficie de nuestro globo. Para ello, y siguiendo la marcha de los movimientos de la tierra, se han fijado, por los geógra-

fos, diferentes círculos y puntos, que considerados lo mismo en la tierra que en el cielo, en correspondencia los de éste con los de aquella, se han procurado sensibilizar, para su mas fácil comprension y aplicaciones, por medio de ingeniosos aparatos, entre los cuales ocupa un lugar preferente para el objeto de que tratamos en el presente capítulo, la llamada *esfera armilar*. De ella presentamos á continuacion un bien acabado dibujo á nuestros lectores, y con él á la vista creemos que mas fácilmente podrá comprenderse la esplicacion de los diferentes círculos, que en dicho aparato se encuentran.

Ante todo debemos recordar á este propósito, que la línea ideal, á cuyo alrededor se verifica el aparente movimiento diurno de la esfera celeste, y en su consecuencia el de la tierra, recibe el nombre de *eje del mundo*, línea que con esta denominacion encontramos marcada en el dibujo, y que atraviesa de un lado á otro la esferita central que marca la tierra, viniendo á terminar en dos puntos estremos denominados *polos*, que tanto quiere decir como giro ó vuelta. Los dos puntos estremos de esa línea reciben los nombres, el superior ó del lado del Norte, de polo Norte, *boreal, ártico,* ó de la Osa, porque corresponde en el cielo á una estrella llamada polar, que es la última de la constelacion denominada Osa menor; y el opuesto de polo *Sur, austral, ó antártico*, que quiere decir, opuesto á la Osa.

El ecuador ó línea equinoccial, marcado con su nombre en el dibujo, es un círculo máximo colocado á igual distancia de uno y otro polo, que dista, por consiguiente, noventa grados por todas partes, de cada uno de los mismos polos, y que divide á la esfera en dos hemisferios iguales, á cada uno tambien de los cuales, por consiguiente, queda y corresponde su polo respectivo; por lo tanto el hemisferio superior se llamará del Norte, boreal, ártico ó septentrional, y el hemisferio inferior, del Sur, austral, antártico ó meridional.

Dejamos ya espuestos, anteriormente, los movimientos de la tierra, que dan por resultado el movimiento aparente del sol, y el gran círculo que á consecuencia de



ello parece describir durante un año el astro central en el cielo, círculo que recibe el nombre de eclíptica, porque es necesario, segun acabamos de ver en el capítulo

anterior, para que tengan lugar los eclipses de sol ó de luna, que los tres cuerpos celestes, sol, tierra y luna se encuentren á la vez en el plano de dicho gran círculo.

La *eclíptica*, por lo tanto, forma otro de los círculos máximos, ideales, como todos los que nos ocupan, pero materialmente representado en la esfera, segun aparece en el dibujo, con su propio nombre. Este círculo no se encuentra, sin embargo, paralelo al ecuador, sino que está inclinada sobre él formando un ángulo, que medido por su arco, tiene 23° 28′ con corta diferencia, cuyos grados forman lo que se llama *oblicuidad de la eclíptica*.

Esta inclinacion del ecuador terrestre, con respecto á la eclíptica, no es sin embargo invariable, pues exactas observaciones y cálculos astronómicos han patentizado, que dicha inclinacion disminuye en 52″ cada cien años, creyéndose que así continuará hasta llegar á cierto término, no bien determinado todavía por la ciencia, y que desde él volverá á aumentar.

Los puntos en que por la referida inclinacion corta la eclíptica al ecuador, son aquellos en que se marcan los equinoccios, así como los de los solsticios se determinan en el punto de la mayor elevacion de la eclíptica el uno, y el otro en el mas bajo. En el mismo dibujo se vé marcado el eje de la eclíptica que produce, como consecuencia natural de la inclinacion referida, dos ángulos contrapuestos é iguales, al cruzarse en el centro de la tierra con el eje del mundo.

Dividida la eclíptica en doce partes, cada una de ellas lleva el nombre de uno de los signos que señalan la órbita terrestre, y por consecuencia el aparente círculo descrito por el sol; y la faja de diez y seis grados de ancho dividida en toda su extension por la eclíptica en dos partes iguales, y en la que van dibujados los diferentes signos de las doce constelaciones, es lo que se llama el Zodiaco: de aquí, el que á esas mismas figuras

alegóricas de las repetidas constelaciones se las conozca con el nombre de *signos del Zodiaco.*

Dos círculos menores imaginados por los dos referidos puntos, el mas elevado y el mas bajo de la eclíptica, y paralelos al ecuador, son los que se conocen con los nombres de *círculos tropicales* ó *trópicos,* tomando cada uno de ellos la denominacion especial de *trópico de Cáncer* el superior, y de *trópico de Capricornio* el inferior, porque los opuestos puntos en que hallan la eclíptica son las divisiones de estos signos. El círculo diurno mas lejano del ecuador hácia el Norte, será pues el trópico de Cáncer, y el mas lejano hácia el Sur el trópico de Capricornio.

De grande utilidad estos círculos ideales para la ciencia, sirven de segura base al propósito de determinar la mayor ó menor elevacion á que la tierra puede llegar en su órbita, demostrándonos al mismo tiempo los puntos de la esfera que podrán recibir los rayos del sol mas perpendicularmente, pues fuera de los círculos tropicales solo pueden recibirse con tanta mayor oblicuidad, cuanto mas cercanos á los polos se encuentren los diferentes puntos de la superficie.—Como manifestamos que estos dos círculos menores, uno á un lado y otro al opuesto del ecuador le son paralelos, de aquí que su distancia á este círculo máximo sea en toda su estension la misma, distancia que se halla próximamente graduada en 23° 28′.

Todavía, subiendo mas hácia los polos, nos encontramos otros círculos menores paralelos al ecuador, y por consiguiente á los trópicos, que reciben el nombre de círculos polares, los cuales dicho se está que toman la denominacion del polo á cuya proximidad se encuentran: por eso se llama *círculo polar ártico ó del Norte,* el del polo boreal, y *círculo polar antártico ó del Sur,* el del polo austral. El lugar á que corresponden es el punto que marcaria el final de una perpendicular levantada so-

bre la línea de la eclíptica, al encontrarse con la circunferencia, si el esperimento se hiciera con una figura geométricamente trazada en un papel, ó bien en la esfera de que nos ocupamos la dicha perpendicular terminara en uno de los coluros; nuevos círculos cuya significacion veremos en breve. A igual distancia, los círculos polares de los trópicos, que estos del ecuador, mide, por consiguiente, 23° 28′ con escasa diferencia.

Máximos tambien los dos círculos llamados coluros, se hallan en direccion enteramente opuesta á los anteriores; pues mientras todos los que hasta aquí llevamos examinados giran paralelos al ecuador, los coluros le cruzan, cortándose, perpendicularmente tambien, en los polos. De estos dos círculos, el uno se llama *coluro de los equinoccios*, porque pasa precisamente por los puntos equinocciales en que la eclíptica corta al ecuador, y el otro *coluro de los solsticios*, porque pasa por los puntos mas elevado y mas bajo de la eclíptica, ó sea por los puntos solsticiales.

Hasta aquí llevamos descritos todos los círculos generales que imagina la ciencia, porque son unos mismos para todos los puntos de la esfera; pero hay otros, variables segun el lugar de la observacion, entre los cuales se encuentra el *horizonte visible*, que no es otra cosa que el círculo terminado por las visuales del observador, á causa de la redondez de la tierra (véase el capítulo VII), ó sea la línea circular que limita el espacio que puede alcanzar la vista, en la superficie de nuestro planeta, en cuya línea, por un efecto natural de perspectiva, parece que el cielo toca con la tierra. Este círculo, fácilmente se comprende que siempre tendrá que dividir la superficie de nuestro globo en dos partes muy desiguales, de las cuales habrá de ser infinitamente menor la visible que la opuesta. El *horizonte racional*, por el contrario, es un círculo igualmente distante de un punto dado en el espacio, y cuyo plano pasa por el cen-

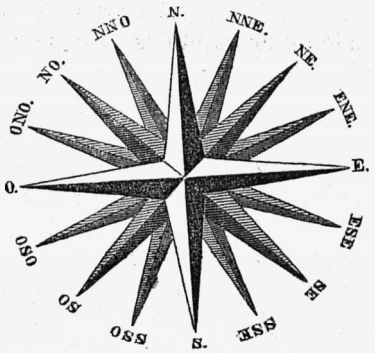
tro de la tierra, dividiendo la esfera en dos partes iguales, en sentido paralelo al horizonte visible. Como se desprende de esta definicion, el horizonte racional, solo puede ser visible en la esfera celeste, y por consiguiente tiene una gran aplicacion para los estudios astronómicos, pues son perceptibles las estrellas que en dicho horizonte se encuentren.

Si sobre estos dos horizontes, el *visible* y el *racional*, que como acabamos de ver son paralelos, se levanta una perpendicular sobre el punto central de los mismos, tendremos la *vertical* del punto dado, siendo su *zénit* el estremo superior de dicha línea, y su *nadir* el estremo inferior.

De lo dicho se infiere, que cada punto de la superficie de la tierra, tendrá diversos horizontes *visible* y *racional*, y distinta *vertical*, *zénit* y *nadir*. No son por lo tanto, dichos círculos generales, sino variables. El *horizonte racional* va marcado en el dibujo, y aunque aparece fijo, no lo es, si se tiene en cuenta, que basta mover la esfera para que varíe, con relacion á los diversos puntos de ella el mismo horizonte.

Es de grande importancia la fijacion del *horizonte racional*, pues su conocimiento produce multitud de consecuencias de grande interés, así para la ciencia astronómica como para la geografía. Por el *horizonte racional* determinamos la salida y la postura de los astros, pues decimos que salen cuando aparecen sobre nuestro horizonte, y que se ponen ó se ocultan cuando desaparecen bajo el mismo círculo: fijamos la duracion del *dia* y de la *noche*, llamando dia al tiempo que tarda el sol en recorrer nuestro horizonte, y noche al espacio de tiempo que está bajo de él, formando por lo tanto parte de la noche los crepúsculos, que empiezan ó concluyen respectivamente, segun sean matutinos ó vespertinos cuando el sol llega á los 48° bajo el horizonte; y por él, en fin, podemos marcar con toda exactitud los cuatro puntos

cardinales, que divididos y subdivididos, forman lo que se conoce con la denominacion de *rosa de vientos*, porque á estos se aplica el nombre del punto de donde vienen.—Dichos puntos cardinales son el *Norte*, el *Sur*, el *Este* ú *Oriente*, y el *Oeste* ó *Poniente*; y los que se intercalan entre ellos, ó sean las divisiones y subdivisiones que se hacen del espacio que comprenden, van tomando nombre de los próximos inmediatos, en esta forma: El punto intermedio entre N. y E. se denomina *Nordeste*, y se marca NE. El intermedio entre S. y E. se denomina *Sudeste*, y se escribe SE. El que media entre N. y O. se llama *Noroeste*, y se fija así, NO.; y el lugar equidistante de S. y O. se nombra *Sudoeste*, y se consigna de este modo SO.—Entre el N. y el NE. se marca otro punto, que es NNE. (Norte nordeste): entre el Norte y el Este, otro que se designa ENE. (Este nordeste): entre el E. y el Sudeste, otro que se designa así, ESE. (Este sudeste): entre el SE. y el S. SSE. (Sur sudeste), y así de los demás, segun denota el siguiente dibujo. Todavía se hacen otras subdivisiones, para la aplicacion de estas diversas direcciones ó vientos á diferentes estudios, y principalmente á la navegacion.



Para la aplicacion de los cuatro puntos cardinales á os mapas, debe tenerse presente, que en estos, el Norte corresponde á la parte superior, el E. á la derecha del que los estudia, el O. á la izquierda y el S. á la parte inferior, á no ser que se trate de planos especiales, en los que por cualquier género de circunstancias no se siga este acertado sistema, en cuyo caso, la direccion Norte se fija por medio de una flechita, que indica al observador la manera de orientar el mapa.

No creemos tampoco fuera de propósito consignar en este lugar una regla bastante comun, pero tan sencilla como útil.—Para orientarse en un lugar cualquiera, no hay mas que saber el punto por donde sale el sol. Colocados frente á él, y por consiguiente al Este, el Norte cae á nuestra izquierda, el Sur á la derecha, y el Oeste ó Poniente á nuestra espalda.

Reasumiendo cuanto llevamos dicho acerca de los círculos que se encuentran en la esfera armilar, tenemos que la constituyen ocho círculos fijos, de los cuales el *ecuador*, la *eclíptica* y los *coluros* son círculos máximos, y los dos *trópicos* y *círculos polares*, círculos menores.

Hay otro círculo, que contiene á la esfera armilar, que es el horizonte racional de que ya hemos hablado, y otro denominado meridiano, en sentido opuesto, que pasa por los polos, y del cual volveremos á ocuparnos con mayor detenimiento en capítulos posteriores.

CAPÍTULO XII.

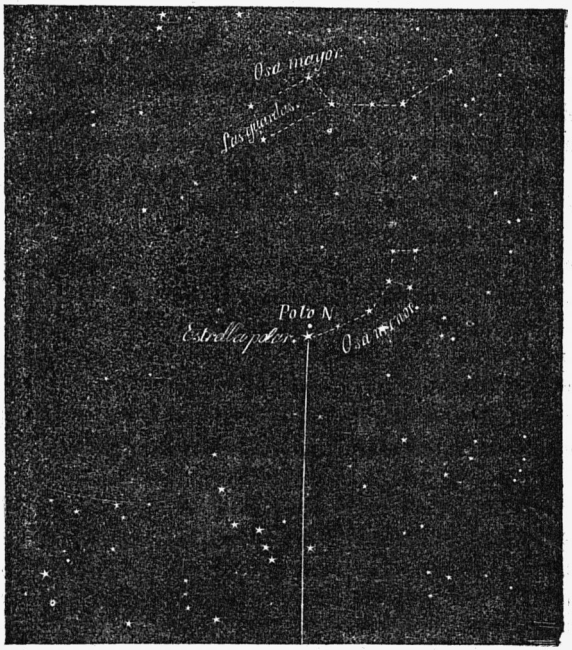
PUNTO DEL FIRMAMENTO EN QUE SE DETERMINA Y FIJA EL EJE DEL MUNDO.—ESTRELLA POLAR.—SU GRANDE IMPORTANCIA.—LUGAR DEL CIELO EN QUE SE HALLA.—MODO DE ENCONTRARLA FÁCILMENTE EN EL FIRMAMENTO.—CONSTELACION Á QUE CORRESPONDE.—INSTRUMENTO PARA SEÑALAR LA SITUACION DE LOS PUEBLOS CON RELACION Á LOS PUNTOS CARDINALES, Y LA DIRECCION EN LOS VIAJES MARÍTIMOS.—LA BRÚJULA.—DECLINACION DE LA BRÚJULA.—LÍNEA Ó EJE MAGNÉTICO.

Hemos dicho que el polo Norte se encuentra como designado en el cielo por una estrella, la cual se conoce con el nombre de *estrella polar*, porque en efecto parece que sirve de punto de apoyo al eje del mundo, viéndose girar alrededor de este astro, que tan importante papel representa en las teorías astronómicas y geográficas, todas las demás estrellas, con giro que no nos cansaremos en calificar de aparente, pues en rigor, como hemos repetido mas de una vez, nosotros somos los que nos movemos, y los movimientos de nuestro planeta son los que sentimos en opuesto sentido, con relacion al sol durante el dia, y con relacion á los astros que pueblan el espacio durante la noche.

Por eso, segun la espresion de un escritor distinguido, la estrella polar viene á ser uno de los quicios del eje imaginario, alrededor del cual la tierra ejecuta su diurna rotacion; y como quiera que el centro de la mayor parte de los círculos generales que llevamos descritos lo forma la línea de este eje, de aquí el que como complemento de la teoría de dichos círculos, que acabamos de ver representados en la esfera armilar, demos á conocer la situacion de la estrella que nos marca el estremo Norte del eje del mundo, enseñando á distinguirla y conocerla en medio de la multitud de puntos luminosos,

que siembran en todas direcciones la bóveda estrellada. Estas nociones en rigor pertenecen al mundo sideral ó de las estrellas; pero siendo de trascendental importancia para la geografía astronómica, no creemos fuera de propósito dedicarla un capítulo especial.

Existe en la parte boreal del cielo un grupo de estrellas, conocido desde los mas remotos tiempos con el nombre de *Osa mayor*: siete estrellas principales, aunque no todas de igual magnitud, constituyen esta constelacion,



que para los estudios astronómicos puede descomponerse en dos grupos. De ellos, el primero, ó sea el que está mas hácia la parte superior, se compone de cuatro estrellas que cierran un cuadrilátero llamado *cuerpo de la Osa*,

mientras las tres inferiores forman lo que ha recibido el nombre de *cola*. A las dos estrellas estremas del cuadrilátero se denominan *guardas*. No son estas las únicas estrellas que forman parte de esta constelacion; pues sin necesidad de instrumentos ópticos, á la simple vista pueden contarse en ella hasta 138 puntos luminosos, de diversas magnitudes; pero aquí solo tratamos de fijar para la aplicacion á nuestros estudios, la forma que marcan las principales estrellas de la Osa mayor, de las cuales las seis son de segunda magnitud, pues únicamente queda entre las de cuarta, la estrella que enlaza el cuerpo de la Osa con la cola ó timon (1).

Ahora bien; si prolongásemos la línea recta que une las *guardas* en direccion al centro de la parte de cielo que marca el dibujo, ó de otro modo, por el lado en que se halla la cola ó timon, á no mayor distancia que la quíntuple de la que media entre las guardas, encontraríamos una estrella brillante de magnitud casi igual á las principales de las que componen la Osa mayor, cuya estrella es la llamada *polar*.

Como en el mismo dibujo aparece, corresponde casi con perfecta exactitud al polo, de manera que claramente se comprende con cuánta exactitud dijimos, que viene á ser como uno de los puntos de apoyo ideales donde gira la línea, ideal tambien, del eje del mundo.

Esta estrella está, segun tenemos indicado, aparentemente inmóvil, conservando la misma altura encima de cualquier horizonte, mientras los demás cuerpos celestes van describiendo alrededor de ella círculos de mayor ó menor estension. Así es, que la Osa mayor de que acabamos de hablar, situada, por ejemplo, á la media no-

---

(1) Esta constelacion es tambien conocida con el nombre de *carro*, y por algunos *carro de David*. Los que así la denominan llaman, á las estrellas del cuadrilátero que forman el cuerpo de la Osa, *las cuatro ruedas*, y á las tres que forman la cola, *el timon*.

che, al oriente del polo, segun la noche vaya acercándose á su fin, irá tambien la constelacion subiendo hácia el zénit, de tal modo, que á las seis de la madrugada se hallará por encima de la polar, cuando á las seis de la noche se encontraba en posicion diametralmente opuesta, cerca del horizonte y debajo del polo.

La estrella polar de que vamos hablando no está aislada, sino que forma parte de otra constelacion, cuya figura tiene grande analogía y semejanza con la Osa mayor. Siete estrellas principales componen tambien este grupo; pero se hallan colocadas, como puede verse en el dibujo, en direccion opuesta á la Osa mayor: el espacio que abarcan es más pequeño, y fuera de la polar, que es la última del timon ó cola, y de las dos que podemos llamar las *guardas de la Osa menor*, las otras cuatro son difíciles de encontrar á la simple vista; dificultad que aumenta, cuando se quieren apreciar las otras veinte estrellas de pequeña magnitud que aun sin telescopio alcanzan á distinguir en esta constelacion, vistas perspicaces y ejercitadas.

La nocion de los cuatro puntos cardinales y de los que entre ellos se fijan, es tan importante para la situacion de los pueblos, al mismo tiempo que para la direccion de los viajes marítimos y otra multitud de aplicaciones científicas, que no es estraño se haya tratado desde la mas remota antigüedad, de fijar sin género de duda esos mismos puntos cardinales, sirviendo de base para todos ellos el Norte ó polo Norte tan claramente determinado en el cielo por la estrella polar; pero sin que entremos á hacer una investigacion histórica sobre este punto, por no ser este trabajo propio de un libro elemental, consignaremos que entre todos estos esfuerzos, el que mas cumplidamente ofreció el resultado apetecido, fué la brújula, instrumento que, aunque en el fenómeno magnético que le sirve de base, ya fué conocido de diversos pueblos y en épocas remotas, en su

forma y aplicaciones, ha hecho célebre el nombre de Flavio Gioja, á quien los italianos atribuyen su descubrimiento (1).

La brújula, pues, consiste en una aguja, ó bien planchuela de acero tocada al imán, y por consiguiente magnetizada, que está puesta en su parte central y en perfecto equilibrio sobre un punto saliente de apoyo, que ocupa tambien el centro de un círculo, cuya circunferencia se encuentra dividida en 360 grados: uno de los estremos de dicha aguja ó planchuela señala el Norte, aunque con alguna diferencia, y de aquí el que ya puedan conocerse y denominarse con exactitud los puntos á que corresponden los diversos pueblos, así como la direccion de los navegantes y demás usos á que la brújula se aplica.

Y hemos dicho que marca el Norte con alguna diferencia, porque en efecto, se nota que hay cierto desviamiento en la aguja misma al indicar el Norte, en mas ó menos grados, al Este ó al Oeste, segun los diferentes paises. En la capital de España este desviamiento llega á unos veinte grados al Oeste. Semejante fenómeno, cuya causa es, hace mucho tiempo, objeto de grandes investigaciones, se conoce en la ciencia por *declinacion de la brújula;* mas como quiera que tambien se haya observado que hay ciertos puntos de la tierra en que cesa semejante declinacion, de aquí el que á la línea que pasa por estos puntos se la llame *línea* ó *eje magnético* (2).

---

(1) En un curioso libro, *El Guerino Meschino*, traducido al italiano á principios del siglo XIV, pero escrito en época anterior, se lee esta notable noticia, que prueba que por lo menos al fin del siglo XIII ya estaba conocida y usada la brújula. «Los navegantes caminan con el *imán*, seguros en el mar, y con las estrellas, y con el auxilio de la carta y con la *brújula de imán*.»

(2) Para conocer el Norte hallándose en tierra á falta de otro instrumento, hay un medio bastante sencillo, siempre que se pudiera tener un reloj bien arreglado con el sol. No habria mas que clavar un baston bien á plomo en el suelo, y la direccion que siguiera la sombra que el baston proyectara en punto de las 12, iria directa al Norte.

Conocidos ya los diferentes círculos ideales necesarios para el estudio de la geografía astronómica que se hallan comprendidos en la esfera armilar, y la teoría para conocer la línea que les sirve de centro, y los diversos puntos cardinales, y los medios de fijarlos, pasemos á estudiar en el capítulo siguiente otros círculos no menos importantes para nuestro objeto, cuyo conocimiento ha de darnos por resultado el de las longitudes y latitudes geográficas.

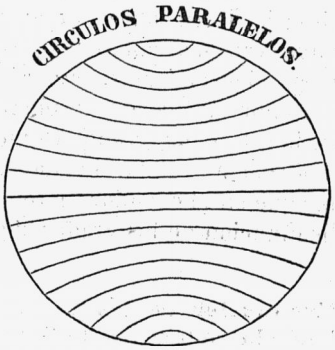
CAPITULO XIII.

Círculos paralelos. — Sus grados. — Correspondencia de tiempo con los grados de paralelo.—Tabla de disminucion de los mismos.—Meridianos.—Diversidad de los meridianos. — Sus causas.—Sus consecuencias. — Ecuacion del tiempo.—Tiempo medio.

Siendo la tierra próximamente esférica, y girando sobre uno de sus diámetros, que le sirve de eje, resulta que todos los puntos de la superficie terrestre irán describiendo círculos, por la constante rotacion del globo. Y como estos círculos, por razon de la esferoicidad de nuestro planeta, no pueden dejar de ser paralelos entre sí, de aquí que han recibido en la ciencia el nombre de *círculos paralelos*. Todos ellos, como fácilmente se comprende, lo son al ecuador, que es el mayor *paralelo* de toda la tierra, así como los menores los puntos Norte y Sur de los dos polos, pues estos en las veinte y cuatro horas de la rotacion terrestre, giran sobre sí mismos, pudiendo decirse que apenas describen círculo alguno.

En el dibujo siguiente pueden verse con toda claridad

los círculos paralelos, y gráficamente la causa de su estension proporcional.



Esta diferencia natural de estension en los círculos paralelos, da orígen á consecuencias de grande importancia, entre las cuales se encuentra la de que, á medida que los paralelos de la tierra sean mayores, los puntos que los determinen caminarán con mas velocidad, y por consiguiente se desenvolverá en ellos una fuerza centrífuga mucho mayor, confirmándose de este modo la teoría que esplicamos acerca del aplanamiento de la tierra y su prolongacion por el ecuador, círculo en el cual la fuerza centrífuga se ha de desarrollar mas que en ningun otro punto, mientras en los polos queda reducida casi á la nulidad (1).

Los círculos todos sabemos que se hallan divididos,

(1) Tambien son importantes y curiosas las siguientes observaciones que, como consecuencia de la mencionada diferencia de paralelos, presentan los autores. El peso ó gravedad de un cuerpo será mayor en las inmediaciones de los polos, en que dicha fuerza centrífuga es casi nula, que en el ecuador, en que siendo la mayor posible, destruye parte de la accion de la gravedad; luego un objeto que en el ecuador pesa dos libras, en los polos pesará mas. Un reló cuyo péndulo marque exactamente segundos de tiempo en Madrid, debe atrasarse trasladado al ecuador, y adelantarse hácia los polos, pues dependiendo en parte su movimiento del peso que cuelga de la varilla, no siendo este igual en todos los puntos de la tierra, tampoco podrá serlo la marcha del reló.

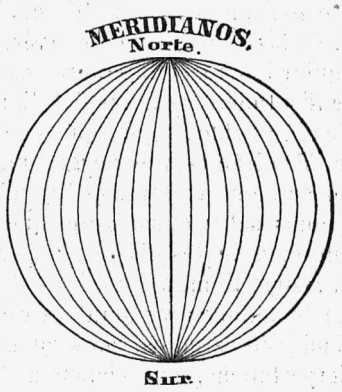
sea cualquiera su mayor ó menor estension, en 360°; pero como la de cada uno de estos grados será mayor ó menor segun el mayor ó menor diámetro del círculo, de aquí, que al girar la tierra sobre su eje en 24 horas, todos los puntos que van marcando los paralelos, y por consiguiente los paralelos mismos, recorrán cada uno sus 360 grados, pero con la diferente rapidez que requiere la diversa estension de cada grado. Quince grados por hora es lo que corresponde andar á cada paralelo, lo mismo en los polares que en el ecuador, pero con diversa rapidez, por la disminucion de los grados que aparece en la siguiente

Tabla de la disminucion de los grados de los paralelos, haciendo la reduccion de 5 en 5 grados.

Grados.	Varas.	Metros.
En el ecuador el grado es de. .	133117	111.273,2437
A los 5°.	132610	110.849,4416
A los 10.	131024	109.523,6943
A los 15.	128581	107.481,5780
A los 20.	125088	104.561,7597
A los 25.	120645	100.847,8311
A los 30.	115281	96.364,0335
A los 35.	109041	91.147,9825
A los 40.	101974	85.240,6376
A los 45.	94127	78.681,2864
A los 50.	85566	71.525,0986
A los 55.	76351	63.822,2284
A los 60.	66558	55.636,2050
A los 65.	56257	47.025,5413
A los 70.	45528	38.057,1102
A los 75.	34449	28.796,1120
A los 80.	23116	19.322,7938
A los 85.	11435	9.558,5805
En el polo. . . .	0	0

En completa oposicion á los círculos paralelos, como que les cortan perpendicularmente, considera la ciencia otros círculos, cuya mitad superior recibe el nombre de *meridiano*, porque cuando se ve al sol perpendicularmente sobre este semicírculo en su punto culminante es medio dia: *antemeridiano*, se llama el otro semicírculo que completa el meridiano, pero que queda al lado opuesto.

Los círculos formados por los meridianos y los antemeridianos son máximos, y pasan por los polos N. y S., como aparece en la siguiente figura.



El meridiano varía tambien para los diversos puntos del globo que se hallen á la derecha ó á la izquierda, al E. ó al O. de otro meridiano, conservando sólo uno mismo, los que se encuentren en la línea del semicírculo, que constituye el meridiano. Y como los pueblos situados en los diversos puntos de la superficie terrestre van viendo al sol sucesivamente unos despues de otros, resulta que los unos tendrán tambien el medio dia antes que los demás.

Como dijimos al hablar de los *paralelos*, en cada

hora anda un punto de la tierra 15°, de donde se infiere que segun estén los pueblos separados mas al E. ó al O. del meridiano que se fije, irán teniendo la sucesion de las horas, anteriores ó posteriores, al punto cuyo meridiano se haya tomado como medio de comparacion. Es causa tambien de esta diferencia, en la antelacion del contar las horas, el lugar que el pueblo ocupe; pues los que se hallen mas al Oriente, tendrán sobre su horizonte al sol antes que los que se encuentren al Oeste, pudiendo establecerse como regla segura que un pueblo contará con mas anterioridad las horas, tantas veces, cuantas 15° se halle situado al Este. No se entienda, sin embargo, por esto, que hay una diferencia arbitraria, por decirlo así, en las horas, para los diversos puntos del globo: en cualquier instante que queramos fijarnos, están transcurriendo todas las horas del dia; pero son diferentes para cada pueblo, segun que se encuentren al Este ó al Oeste. Tendrán, sin embargo, una misma hora todos los pueblos que se hallen bajo un mismo meridiano, aunque en unos salga el sol antes que en otros, por la diferente duracion de los dias, pues para todos ellos es medio dia al mismo tiempo.

De lo espuesto deducen los notables escritores dedicados á este linaje de estudios, consecuencias lógicas y de una gran importancia, que vienen á corroborar los mismos principios de donde las deducen, pues tal es siempre el resultado que ofrecen los verdaderos principios científicos, sólidamente determinados y establecidos. Hállanse entre ellas las de que, si un viajero pudiese caminar con la misma velocidad que la tierra en su rápida rotacion y diese la vuelta al globo en direccion de E. á O., iria encontrando en todos los puntos por donde pasara la misma hora. Que si un buque sale de un puerto dado, y navegando siempre al E. da la vuelta alrededor de la tierra y vuelve al mismo punto por el lado opuesto como es natural, la gente que lleve á su bordo

contará al llegar al puerto un dia mas que los que que daron en tierra, haya durado el viaje mas ó menos tiempo. La razon de esta diferencia es fácil de comprender. La marcha del buque ha sido opuesta en su direccion á la que aparentemente tiene el sol, que todos sabemos marcha hácia el O., ó sea al sitio en que se pone. A cada hora corresponden 15° de paralelo como ya sabemos; por consiguiente marchando el buque siempre al E., tendrá por cada 15° que adelante, una hora antes el medio dia que los que quedaron en el puerto, adelanto que en los 360° del círculo dan un resultado de 24 horas, ó sea un dia, que es el tiempo que los del buque llevaron adelantado á los que quedaron en el puerto cuando el barco arribe al punto de donde salió. Por razon inversa, si saliese en direccion opuesta, ó sea al O., y siempre en esta direccion diese la vuelta al globo volviendo al mismo puerto, habiendo tenido el medio dia por cada 15° una hora despues, los tripulantes, al llegar al mismo puerto, contarian un dia menos que los que realmente contaron los de tierra; observaciones importantísimas hechas antes que en ningun otro país en nuestra España, por la primera espedicion que dió vuelta al globo, desde Setiembre de 1519 hasta igual mes de 1522, en buques españoles al mando de Hernando de Magallanes, y por su muerte, al de Juan Sebastian Elcano, natural de Guetaria, en Guipúzcoa.

Tenemos, pues, que si dos buques saliesen de un puerto en un mismo dia y á una hora dada con direcciones opuestas, uno al E. y otro al O., y cada uno en la direccion emprendida diese la vuelta al globo, al regresar de su viaje al punto de donde salieron, contarian los dos dias de diferencia, y uno con los de tierra en opuesto sentido. Es decir, si en el puerto el dia de la llegada de ambos buques es martes, para la cuenta del buque que siguió constantemente la direccion oriental ó al E., será miércoles, y el que siguió la de Poniente ú O., ten-

drá lunes. O de otro modo. Si al llegar ambas embarcaciones corre el dia 20, por ejemplo, de cualquier mes, el buque que llevó rumbo E. tendrá 21, y el que siguió el opuesto ú O. 19.

Hemos visto en capítulos anteriores, que la tierra en sus dos movimientos de traslacion y de rotacion no guarda constante relacion en todo el año, y que como consecuencia precisa de ambos movimientos, cuando termina una rotacion ya ha andado alguna parte de su órbita. Siendo la direccion de los meridianos de N. á S., por ellos se puede ir marcando y se señala en efecto el tiempo que tarda la tierra en girar sobre su eje; pero aunque solo tarde de las 24 horas el meridiano cuatro minutos en dar la vuelta entera alrededor del eje, como en ese corto espacio de tiempo ya la tierra ha adelantado algo en su movimiento de traslacion, cuando vuelva el meridiano á colocarse directamente bajo el sol, tiene que andar aquel espacio. Si esa diferencia fuese siempre la misma, no era necesaria la operacion científica que vamos á indicar; pero como la tierra recorre una órbita elíptica y no circular, resulta que su movimiento de traslacion tiene que ser en unas ocasiones mas lento que en otras, segun la distancia á que se halle del sol, y de aquí que no siempre sean los *dias solares* de las marcadas 24 horas, sino unas veces de algo mas y otras de algo menos.

No es este el lugar á propósito para examinar minuciosamente todas esas diferencias, contentándonos con establecer que el máximum de todas ellas es de poco mas de 16'. Esas diferencias es lo que constituye la llamada *ecuacion de tiempo*, pues es necesario sumar en unos casos y restar en otros para encontrar el *tiempo medio*. Perfectamente arreglado á él un péndulo, solo se hallará acorde con el sol en los dias 24 de Diciembre de un año, 15 de Abril, 15 de Junio, 1.° de Setiembre, y el nuevo 24 de Diciembre del año próximo, de donde

se deduce el error en que están todos los que deseen hallar un reló que vaya con el sol: á medida que esté mejor construido, tendrá que señalar las doce unas veces ántes y otras despues del medio dia.

A este propósito dice con su acostumbrado acierto el ya citado Sr. Verdejo: «Un péndulo que marque el tiempo medio estará acorde con el sol el 24 de Diciembre. Desde este dia irá adelantando hasta el 11 de Febrero, en que señalará las 12 cuando aun falten 14′ 37″ para ser medio dia. Desde dicho dia irá atrasando hasta el 15 de Abril, en que estará el péndulo acorde con el sol. En seguida atrasará, de modo que el 15 de Mayo marcará las 12 á los 3′ 57″ despues del medio dia; volverá á adelantar, y el 15 de Junio señalará la hora justa. Seguirá adelantando hasta 6′ 9″ que tendrá el 27 de Julio, y retrasando desde este dia, llegará á estar acorde el 1.º de Setiembre. En fin, volverá á atrasarse en términos que el 3 de Noviembre señalará las 12 á los 16′ 17″ despues del medio dia, y adelantándose en seguida, marcará el 24 de Diciembre la hora acorde con el sol. De aquí se puede inferir la buena fé é instruccion de aquellos relojeros que, para exagerar la perfeccion de sus relojes, aseguran que siguen constantemente el movimiento solar.

CAPITULO XIV.

LONGITUDES Y LATITUDES GEOGRÁFICAS.—LONGITUD ORIENTAL.—LONGITUD OCCIDENTAL.—DIFERENTE MANERA DE CONTAR LOS GRADOS DE LONGITUD.—OBJETO PRINCIPAL DEL ESTUDIO DE LAS LONGITUDES.—LATITUDES.—LATITUD NORTE Ó BOREAL.—IDEM SUR Ó AUSTRAL.—OBJETO DE LAS LATITUDES.—DEDUCCIONES.

Una vez conocidos los meridianos y los paralelos, fácil nos será comprender lo que se entiende en Geografía por *longitudes y latitudes*. Ya hemos visto que los meridianos distan entre sí diversas distancias, y como los paralelos cortan perpendicularmente á los meridianos, de aquí el que ningun medio mas seguro de contar esa distancia que los mismos paralelos; y siéndolo estos al ecuador, y este círculo el mayor de la tierra, porque sabemos que nuestro globo está aplanado por los polos y prolongado por el ecuador, de aquí el que á estas distancias se las llame de *longitud*, á diferencia de las que mide el globo de Norte á Sur, que son medidas de *latitud*, siguiendo en esto el tecnologismo usado por los antiguos, pues estendiéndose la parte de tierra que les era conocida mas de E. á O. que de N. á S., dieron el nombre de longitud á la primera y de latitud á la segunda de estas dimensiones.

Se entiende, pues, por *longitud geográfica*, la distancia que hay entre dos meridianos, contada en grados de paralelo ó ecuador; y por *latitud geográfica* de un pueblo la distancia á que se halla su paralelo del ecuador, contada en grados de meridiano. Pero como para contar las longitudes es necesario tomar un punto de partida, de aquí el que todas las distancias de longitud se tomen desde un meridiano dado, el cual por esta causa recibe el

nombre de *primer meridiano*. No en todas las obras de Geografía se sigue sin embargo el mismo, pues varían por lo general, como varían los diferentes observatorios de los estados ó naciones á que pertenece el escritor ó el geógrafo. Hay, sin embargo, algunos, que son los más generalmente seguidos, y que se encuentren con relacion á Madrid á las distancias siguientes: Meridiano de la Isla del Hierro, 13° 38′ O. Del pico de Teyde, en Tenerife, 12° 58′ O. Observatorio de San Fernando, 2° 28′ O. Id. de Cádiz, 2° 34′ O. Id. de París, 6° 2′ E. Id. de Greenwich, 3° 41′ E., é id. de Washington, 72° 55′ O. En las obras españolas debe tomarse y se sigue en efecto como primer meridiano, el de Madrid.

El procedimiento para contar estos grados no puede ser más sencillo; como entre el primer meridiano y el del punto cuya longitud geográfica se trata de medir, ha de mediar indispensablemente un arco de paralelo, los grados que mida este arco será la longitud pedida, pues ya sabemos que toda circunferencia se halla dividida en 360°. Debemos, sin embargo, advertir, que si bien los antiguos contaban, siguiendo el órden de los grados, empezando el uno en el primer meridiano, y dando la vuelta al globo hasta venir á parar al mismo primer meridiano el grado 360, modernamente se ha abandonado este sistema, y se dividen las longitudes en dos clases: *longitud oriental* ó al E., y *longitud occidental* ó al O. Consiste esta diferencia en dividir la circunferencia del paralelo, que sirve para contar la longitud, en dos partes iguales; la una al E. y la otra al O. Es decir, á partir del primer meridiano, se siguen contando los grados hácia la derecha ó al E. hasta llegar á los 180°, mitad de los que comprende la circunferencia: todos estos 180° se llaman de longitud E. ú Oriental; empezando desde el mismo primer meridiano, hácia la izquierda ó al O., se cuentan otros 180°, que se unen naturalmente á los anteriores, al términar el 180, y todos estos grados mitad Oeste de la

circunferencia ó del paralelo, se llaman de longitud occidental ú O.

De este modo las longitudes geográficas prestan un importantísimo é imprescindible servicio á la Geografía, pues sin ellas no pudiera fijarse la situacion de los pueblos, que todos ellos á mayor ó menor distancia del primer meridiano, se hallan colocados en el suyo respectivo al E. ú al O., á escepcion, como ya hemos apuntado, de los que se encuentran en el primer meridiano.

De no menor importancia las latitudes, tienen por objeto señalar lo que un pueblo ó punto dado del globo demora en las direcciones de N. á S.; pero á diferencia de las longitudes, que pueden variar en el órden de contarlas, segun el primer meridiano que se establezca, las latitudes tienen un punto fijo de partida, que es el ecuador, como el mayor paralelo que existe en nuestro globo. Sus grados se cuentan por los arcos de meridiano comprendidos entre el ecuador y el paralelo del pueblo ó punto del globo de que se trata; pero como los meridianos van de Norte á Sur, y el ecuador se encuentra en el centro, de aquí que estas distancias se dividan en estas dos direcciones, llamándose *latitud Norte* ó *Boreal* los grados de meridiano comprendidos desde el ecuador al polo Norte, y *latitud Sur* ó *Austral*, los que se hallan desde el mismo ecuador al polo Sur.

Precisa consecuencia de las teorías que dejamos espuestas es, que todos los puntos del globo colocados bajo el primer meridiano no tengan longitud; porque habiendo de contarse esta por los grados del arco de paralelo comprendido entre dos meridianos, no habiendo en el presente caso mas que el primero, el arco de paralelo no existe, y por consiguiente la longitud tampoco. Por razon inversa, los pueblos que se hallen en el ecuador no tendrán latitud, pues contándose esta por los arcos de meridiano del ecuador al pueblo de que se trata, donde esta distancia no existe, no puede haber grados de lati-

tud que contar; y si el pueblo ó punto dado, se hallase en el preciso lugar donde el primer meridiano corta al ecuador, habiendo carencia en este punto de arcos de meridiano y de paralelo que medir, resultará que tal pueblo ó lugar del globo no tendrá ni longitud ni latitud.

Como el meridiano es un semicírculo que se limita en los polos, los dos hemisferios cuya latitud ha de medirse en grados de meridiano, desde el ecuador á cada uno de los mismos polos, solo medirán en sus arcos la cuarta parte de grados que corresponden á la circunferencia, ó sean 90° de latitud N. y 90 de latitud S., que reunidos formen los 180 grados de la semicircunferencia que forma el meridiano; de donde se infiere que esta latitud estrema de 90 grados, solo podrá encontrarse en los mismos polos.

Con el conocimiento exacto de las longitudes y de las latitudes, pueden colocarse de una manera indubitada los pueblos en el globo, porque conociendo los grados de longitud del pueblo, no hay mas que tirar otro meridiano á la distancia sabida del primero y en la direccion que le corresponda de E. ú O.; y teniendo noticia exacta de los grados de latitud á que se halla el pueblo, marcar su paralelo á esta distancia del ecuador en el hemisferio N. ó S. que le corresponda, y el punto en que se encuentren ambas líneas meridiana y paralela, será el punto exacto donde deba fijarse el pueblo, que se desea colocar en el globo ó mapa.

Pero como no siempre se saben determinadamente las longitudes y latitudes de los diversos lugares del globo, de aquí que la ciencia haya buscado el medio de fijarlas debidamente, y á este fin se han establecido seguras reglas, cuyo exámen y aplicacion habrá de ocuparnos en el capítulo siguiente.

CAPITULO XV.

DIFERENTES MEDIOS PARA DETERMINAR LAS LONGITUDES Y LATITUDES GEOGRÁFICAS.

Hemos dicho en el capítulo anterior, que en cada hora anda un punto dado de la tierra 15°, y esta proposicion indubitada, es la que sirve de base y da orígen á los diferentes medios que se han puesto en práctica por los hombres dedicados al estudio ó la práctica de esta difícil ciencia, para encontrar de una manera indubitada los grados de longitud, que son por ahora los que habrán de ocuparnos, tratando inmediatamente despues de las latitudes.

El medio que á primera vista se presenta como el mas sencillo para encontrar la longitud de un pueblo, es el que puede ofrecer un buen cronómetro, porque conocida la hora en el lugar de donde saliese el observador, y arreglado á ella el cronómetro, con solo hallar la diferencia que existiese entre la hora verdadera que fuese en el pueblo á donde se llegase y la que el cronómetro apuntara, se tendria la longitud, pues ya sabemos que esta corresponde en un número preciso de grados al trascurso del tiempo. Este medio, sencillísimo á la verdad, sería el mas aceptable, si pudiera hallarse un mecánico de tales conocimientos y tal fortuna, que acertase á dar á las máquinas de sus relojes una perfeccion completa; pero como esto casi puede considerarse como imposible, pues la máquina mejor ideada y compuesta sufre algunas alteraciones en su movimiento, de aquí el que se hayan buscado otros medios menos sujetos á error, recurriendo para ello á un reló inalterable y perfecto, como todas las obras de Dios; al firmamento mismo.

Este ingenioso medio consiste en observar desde dos puntos de la tierra, cuyos grados de longitud quieren saberse, un mismo fenómeno celeste, el cual no varía: no puede variar. Sucede en instantes dados. Pero la observacion del fenómeno hecha desde la tierra tiene que verificarse en momentos distintos, por la forma del planeta y por sus movimientos. Comparando, pues, la hora en que el fenómeno celeste se vió en un punto, y en la que se observó en el otro, tendremos una diferencia de tiempo, que por la regla dicha de los 15° por hora, nos dará en resultado la longitud apetecida, ya sea al E. ó al O., segun el rumbo á que se encuentre el pueblo ó lugar de que se trate en relacion con el del primer meridiano.

Como una gran parte de los fenómenos celestes están tan estudiados y conocidos por los astrónomos, de aquí el que existan diferentes libros, ya con los nombres de *Anuarios, Almanaks naúticos* ú otros análogos, en los cuales se determinan los instantes en que dichos fenómenos habrán de verificarse, con relacion al observatorio ó paraje donde el *anuario* ó almanaque se hace: de consiguiente, sin necesidad de hacer las dos observaciones de que hablamos en el párrafo anterior, puede fijarse la longitud, pues basta con observar el fenómeno desde un punto, y comparar la hora con la que aparece en el almanaque ó anuario para el otro punto, cuya diferencia de tiempo en horas ó sus subdivisiones reducidas á grados dan el resultado apetecido.—Para hacer estas deducciones, los fenómenos mas á propósito y los mas seguidos, son los eclipses de sol y luna, los de los satélites de Júpiter, y la aparente ocultacion de las estrellas tras el disco lunar. Tambien se hace midiendo las distancias angulares de la luna á las estrellas ó al sol, para fijar la verdadera posicion del astro, y compararla con la hora que sea en otro meridiano en el momento de la observacion.

Tablas perfectamente calculadas existen para hacer

estas comparaciones; pero debemos advertir que aun en estos medios de hallar las longitudes basados en las observaciones astronómicas, puede encontrarse algunas veces motivo de inexactitud, pues no puede prescindir el observador de los inconvenientes de la *refraccion*, ó sea la desviacion que por una ley física sufre la luz al atravesar medios de diferentes densidades, ni de la *paralage*, ó sea el ángulo que forma entre sí la direccion en que se ve un astro desde la superficie de la tierra, y aquella en que se veria desde el centro. Todo esto se corrige tambien, y las correcciones de la refraccion y de la paralage ya se tienen en cuenta para la formacion de las referidas tablas, á pesar de todo lo que pueden resultar algunas dudas.

Los medios astronómicos, sin embargo, son los mas seguros, y los mas seguidos por consiguiente, para encontrar las longitudes.

A estos diversos medios de hallarlas hay que agregar el de las señales de fuego, conocido por método de Cassiní. Quemando durante una noche oscura al aire libre y sobre una eminencia, una cantidad de pólvora, la viva y súbita claridad que produce, ilumina durante un breve instante el cielo, y desaparece en seguida. Pero esta claridad, á pesar de su rápida existencia, puede percibirse en circunstancias ordinarias, hasta cerca de 100 kilómetros á la redonda; y este hecho es el que sirve de base al método de Cassiní. Para determinar la diferencia de longitud entre dos puntos, aunque se hallen separados por 200 kilómetros, se elige un punto ó altura intermedia, y en ella se quema la pólvora. Dos observadores, provistos de buenos relojes, ó péndulos astronómicos, y colocados en los puntos estremos entre los que se quiera hacer la comparacion, al ver la señal, observan cada uno la hora que es en su reló ó péndulo respectivo, y la diferencia que resulte traducida en grados dará la diferencia de longitud.

El maravilloso descubrimiento de la telegrafía eléctrica, ha venido á convertirse en poderosísimo auxiliar de los trabajos geográficos, para determinar las longitudes. Sabido es que por medio de los hilos eléctricos, las señales se trasmiten con una rapidez de muchos millones de kilómetros por segundo, y que por lo tanto en todos los lugares donde hay establecidas líneas telegráficas, puede trasmitirse casi instantáneamente un signo de una á otra estacion. Ahora bien: viendo la hora precisa á que se recibe en cada estacion el mismo signo, puede marcarse la diferencia de estas longitudes por la diferencia de las horas. Este sistema, empleado no hace muchos años en grande escala en los Estados-Unidos de América, ha dado los mas satisfactorios resultados.

Para encontrar la latitud se emplean tambien diferentes medios, de los cuales vamos á esponer los principales. Fúndase el primero en la altura y declinacion del sol, siendo por consiguiente la primera operacion que debe practicarse, la de tomar esta altura en el momento del medio dia sobre el horizonte del pueblo ó lugar donde se encuentra el observador, valiéndose para ello de un instrumento graduado, y con preferencia del círculo repetidor, aunque tambien algunos la toman por la sombra, medio mucho menos exacto. Conocida la altura, será necesario conocer asímismo la declinacion del sol, ó sea el número de grados en que se ve al astro Rey encima ó debajo del ecuador, el dia en que se están haciendo las observaciones, declinacion calculada de antemano para todos los dias del año, y publicada en los anuarios astronómicos, almanaques naúticos y otras obras análogas. Hallado el número de grados de la declinacion del sol, se suma con la altura solar, si el sol se encuentra á la sazon en los signos meridionales, y si estuviese en los septentrionales, se restará la declinacion de la altura. Pero hágase la suma ó dedúzcase la resta, el resultado que la operacion arroje en cualquiera de los casos, se restará

á su vez de 90°, y lo que quede será la latitud pedida.

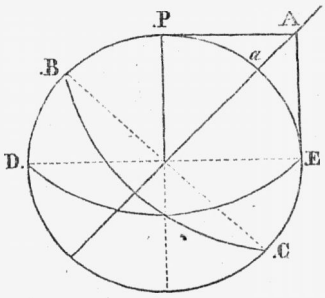
Otro sistema se sigue para obtener el mismo resultado durante la noche. Ya hemos visto y señalado en el cielo la estrella llamada polar, por corresponder su situacion en el firmamento casi al mismo estremo del eje del mundo. Pero la estrella polar, como tambien indicamos, no se halla enteramente al estremo del polo, sino algo separada, cuyo desviamiento con respecto al polo mismo es de 1° 47'. Resulta, pues, de este desviamiento, que la estrella polar tendrá que pasar aparentemente por el meridiano de un punto dado, dos veces, las cuales podrán fácilmente apreciarse en las largas noches del invierno. Ahora bien: para marcar la latitud de un pueblo ó lugar cualquiera, no hay mas que observar las dos alturas de la estrella polar al pasar por el meridiano del lugar en que se halla colocado el observador, sumar el valor de estas dos alturas, y tomar en seguida la mitad, cuya cifra será la latitud pedida.—Tan fáciles son estas operaciones, que no creemos necesario ampliarlas con ejemplos para su mas fácil inteligencia.

La razon en que se apoya este último método para encontrar la latitud de un pueblo, se encuentra en el principio de que la «altura del polo sobre el horizonte de un pueblo, es igual á la latitud del mismo pueblo.» O de otro modo: el polo se encuentra elevado sobre el horizonte racional de un pueblo, tantos grados como dista dicho punto del ecuador.

Fijémonos en la siguiente figura, y se comprenderá mejor esta teoría.

El pueblo de que se trata es A, y por consiguiente su horizonte racional BC: la letra P marca el polo, y DE el ecuador. Tenemos, pues, un arco de circunferencia comprendido entre E, A y P, marcado en la figura con las letras E, *a* y P, cuyo arco es la cuarta parte de la circunferencia y vale por lo tanto 90 grados. Hay otro arco que es, *a* P B, ó sea el comprendido desde el punto

dado hasta su horizonte visible, que comprende tambien la cuarta parte de la circunferencia, ó sean otros 90 gra-



dos. Son, pues, estos dos arcos iguales, y como no puede menos de suceder, quitando el segmento *a* P, comun á ambos arcos, quedará en cada uno de ellos un resíduo que será igual al otro E *a* en el uno, y P B en el otro. E *a*, representa la latitud del pueblo A. B P la altura del polo sobre el horizonte racional del pueblo A. De modo que claramente se ve la exactitud de la proposicion sentada respecto á la igualdad de altura del polo con relacion á la latitud del pueblo de que se trata. De consiguiente, si no hubiera desviamiento ninguno de la estrella polar al polo, resultaria que con solo tomar la altura del polo habríamos hallado la latitud del pueblo ó lugar de que se tratase; pero no correspondiendo exactamente, hay que buscar las dos alturas de la estrella polar, para sumarlas, y despues tomar la mitad equivalente á la latitud que se busca.

Y no se crea que solo puede procederse por este medio á buscar la latitud, pues tambien puede tomarse como punto de comparacion cualquiera otra de las estrellas próximas al polo que no se ocultan bajo el horizonte,

ó que valiéndonos de una espresion mas vulgar, nunca se ponen ni ocultan.

Para hallar la altura del sol ó la del polo respectivamente, se emplea tambien el método de buscar sus distancias al zénit del observador, y una vez conseguido se resta el resultado de los 90 grados que mide la cuarta parte de la circunferencia, y el resíduo que se obtiene es la altura del sol ó del polo que se trataba de averiguar.

Teniendo los diversos puntos de la tierra distintos meridianos, habrán de ser diversas tambien las longitudes que se midan desde cada uno de ellos; y como quiera que con harta frecuencia sea necesario reducir las longitudes de un meridiano á otro, de aquí el que para conseguirlo se hayan establecido diferentes reglas, de las cuales pasamos á ocuparnos en el capítulo siguiente.

CAPITULO XVI.

Reduccion de longitudes de uno á otro meridiano.

La necesidad de reducir las longitudes de uno á otro meridiano, procede, como indicamos en el capítulo XIV, de no seguirse en todos los observatorios, ni por consiguiente en todos los escritos de los diversos estudios que tienen necesidad de hacer constante uso de las longitudes geográficas, un primer meridiano que fuese siempre el mismo. Como esto ofrece tantas y tales dificultades, que el uso de un solo primer meridiano, puede considerarse como imposible, de aquí el que haya que reducir las longitudes de otros lugares de observacion al primer meridiano, del punto donde se observa ó escribe.

Y como los demás meridianos se encuentran ya al E. ya al O. del primero, ó los pueblos de que se trate pueden estar entre ambos meridianos á los dos que sirven de comparacion, ó fuera completamente de uno y de

otro, de aquí que en cada uno de estos casos haya necesidad de proceder de diverso modo, para conseguir el resultado apetecido.

Para comprender mejor esta teoría, de inmediata aplicacion, fijemos el meridiano á que vamos á hacer las reducciones en el de Madrid, capital de nuestra patria, y como meridiano de comparacion el de París.

Si se tratase de un pueblo que estuviese situado en grados de longitud E. al meridiano de París, ó sea al que sirve de punto de comparacion, y al E. tambien se encontrase el pueblo mismo del meridiano á que se quiere reducir la longitud, no habria mas que sumar los grados de longitud de París, tomada desde Madrid en el caso propuesto, con los grados del pueblo, contados desde París, y el resultado sería la reduccion pedida.

A. Ejemplo. Queremos reducir la longitud de Moscou, contada desde el meridiano de París á la de Madrid. Buscaremos primero la longitud de Moscou desde el meridiano de París, y hallaremos que es de 35° 12′ 45″ E. Encontraremos despues la de París tomada desde el meridiano de Madrid, que es la de 6° 2′ E., y sumándola con la anterior nos dará un resultado de 41° 14′ 45″ E, que es la longitud de Moscou tomada desde Madrid.

La razon de proceder de este modo, es que como ambos pueblos caen al E. de nuestro meridiano, y los grados de longitud se cuentan por los arcos de paralelos, hallándose todos estos divididos en igual número de grados, con tener las distancias de uno y otro pueblo en grados y sumarlas, tenemos la reduccion apetecida.

Pero al hacer el cálculo en la forma indicada, pudiera darnos por resultado una cifra que escediese de los 180° que corresponden á la semicircunferencia, pues como ya indicamos, los 360° que contiene un paralelo, para contar las longitudes, se dividen en dos mitades, y se cuentan 180° al E. ó de longitud oriental, y 180° al O. ó de longitud occidental.—Ahora bien. Cuando la suma

obtenida pasase de los 180°, se restará el resultado de la suma de los 360° que componen todo el paralelo, y el resultado variándole el rumbo, es decir, si estaba al E. poniéndole al O., dará la reduccion buscada.

B. Ejemplo. El cabo N. de la Nueva Zelanda dista en grados del meridiano de París 176° 41′ E. París ya hemos visto que está de Madrid á los 6° 2′ E. Sumadas ambas longitudes, obtendremos 182° 43′ E. Pero como esta medida es imposible, porque cualquiera de ambas longitudes, oriental ú occidental, no cuentan mas de 180°, habrá necesidad de restar la suma obtenida de los 360° que componen juntas las dos longitudes, y el resultado 177° 17′, será la longitud del cabo N. de Nueva Zelanda, reducida al meridiano de Madrid. Pero todavía con esto no tenemos la operacion completa. La longitud que se trataba de reducir, era con respecto al meridiano de París, longitud E. ú oriental; mas como la suma obtenida ha pasado de los 180° de esta longitud, para el meridiano de Madrid á que se ha hecho la reduccion, queda convertida en longitud O. ú occidental.

Todavía puede ocurrir otro caso: el pueblo cuya longitud trata de reducirse á nuestro meridiano, puede hallarse, no más al E. del que sirve de término de comparacion, sino colocado entre ambos meridianos. Cuando tal sucede, el punto de que se trata, si está al E. del meridiano á que se están reduciendo las longitudes, ha de encontrarse precisamente al O. del otro meridiano que nos sirve de término de comparacion. Por consiguiente no hay mas que restar de la longitud sabida del meridiano con que comparamos, la longitud del pueblo de que se trata á este mismo meridiano, y la diferencia será la longitud del pueblo en cuestion reducida al meridiano que se desea.

C. Ejemplo. Alicante está á 2° 46′ O. del meridiano de París: la longitud de París desde el de Madrid es de 6° 2′ E.; restando de esta los 2° 46′, tendremos 3° 16′ E.,

longitud de Alicante contada desde el meridiano de Madrid.

Otro caso. El pueblo cuya longitud haya de reducirse, puede caer al O. de los dos meridianos, el del punto á que se quiere hacer la reduccion y el del lugar con que se compara. Cuando esto sucede, en vez de sumar las dos longitudes, como en el primer caso propuesto, se restará de la longitud del pueblo dado, la del punto de comparacion, tomada desde el meridiano á que se están haciendo las reducciones, porque en tal caso, este es el que cae en medio de los opuestos meridianos.

D. Ejemplo. El cabo de Hornos se encuentra á los 69° 41′ 30″ longitud O. ó de Poniente de París: la de París desde Madrid es 6° 2′ E. Se resta de la primera la segunda, y el resultado 63° 39′ 30″ será la longitud O. del cabo de Hornos, reducida al meridiano de Madrid.

Para terminar este capítulo, deberemos añadir, que como quiera que en algunas obras se sigue el método antiguo de contar los 360°, sin dividirlos en los 180 de longitud oriental, y los 180 de longitud occidental, cuando tal acontece, y la longitud no pasa de 180°, se procederá del mismo modo que lo hemos hecho en los ejemplos A, C y D; pero si pasase de los 180°, se hará como queda propuesto en el caso B.

Los ejemplos presentados lo han sido para la mas fácil inteligencia de la teoría; pero lo mismo pueden hacerse las reducciones á cualquier meridiano que se quiera, sin mas que conocer los términos de comparacion, fijando el sitio ó paraje á que quieren hacerse las repetidas reducciones.

CAPITULO XVII.

Divisiones astronómicas de la tierra.—Zonas.—Climas.—Su variedad, latitud y estension.—Division de la tierra con respecto á sus habitantes.—Esfera recta.—Esfera oblícua.—Esfera paralela.—Periecos.—Antecos.—Antípodas.—Ascios.—Anfiscios.—Heteroscios.—Periscios.

Despues de haber tratado de las longitudes y latitudes geográficas, parecia natural que nos ocupásemos en dar á conocer los globos y mapas ó cartas geográficas, medios materiales de estudio, inventados por los hombres dedicados á la ciencia, para señalar determinadamente los contornos de la parte sólida y líquida de nuestro globo, las diferentes superficies terrestres y los pueblos que en ellas han establecido los hombres. Pero antes del estudio práctico de los globos y mapas y de su formacion, así como de los diferentes problemas que con estos medios se resuelven, cremos oportuno presentar otras nociones no menos importantes para la Geografía, y cuyo prévio conocimiento es necesario para comprender mejor el uso y manejo del globo y de las cartas.

Nos referimos á las divisiones astronómicas de la tierra, y á las que resultan de la diferente posicion que en ella ocupan sus habitantes.

En cuanto á lo primero, desde el momento en que establecimos y esplicamos lo que por ecuador se entendia, vimos que por esta línea la tierra quedaba dividida en dos hemisferios, ó sea el del Norte ó Boreal y el del Sur ó Austral. Pero al examinar despues los diferentes círculos de la esfera, encontramos que habia dos trópicos y dos círculos polares, entre cada uno de los cuales se halla comprendida una parte del globo, cuyos espacios ó

fajas circulares, han recibido el nombre de *zonas*. La primera y mayor de ellas, como se ve en el dibujo adjunto,

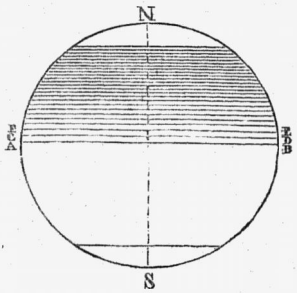
es la comprendida entre los dos trópicos, que á causa de la mayor perpendicularidad con que el sol la hiere, y que produce en ella escesivos calores, recibe el nombre de *zona tórrida* ó ardiente, comprendiendo un espacio de cerca de 47° de anchura, ó sean mas de 940 leguas, y hallándose atravesada en su mitad, y en sentido horizontal, por el ecuador. A un lado y otro de esta línea, ó sea en cada uno de los dos hemisferios N. y S., quedan otros espacios comprendidos entre los trópicos y los círculos polares, que reciben el nombre de *zonas templadas*, porque recibiendo los rayos del sol mas oblícuamente, la temperatura en ellas es mas agradable. Estas dos zonas, casi es escusado decir, que segun el hemisferio en que se encuentran, reciben el nombre de zona templada del Norte, ó zona templada del Sur. Miden una y otra 43° de anchura, equivalentes á 860 leguas; y desde el punto en que terminan, ó sea desde los círculos polares á los polos, resultan otros dos espacios que se denominan *zonas glaciales*, por el escesivo frio que en ellas se experimenta, á causa de la estremada oblicuidad

con que llegan hasta ellas los rayos del sol, y de la escesiva duracion de sus noches; zonas llamadas tambien, á semejanza de las anteriores, *zona glacial del Norte*, ó *zona glacial del Sur*, segun el hemisferio á que pertenecen: 23° y medio miden de ancho cada una, equivalentes á 470 leguas.

Resulta, pues, que los trópicos y círculos polares dividen á la tierra en cinco zonas, ó sean la tórrida, las dos templadas y las dos glaciales.

Pero todavía, los movimientos de la tierra y su forma esférica, producen una grande y graduada variedad en la duracion de los dias, lo cual ha dado orígen á que siguiendo estas ordenadas diferencias, se divida la superficie del globo en *climas*, division tambien en el mismo sentido del ecuador, y que llega á contar hasta sesenta fajas ó sean *climas astronómicos*. Estos climas empiezan á contarse desde el ecuador, donde hemos visto que el dia es de 12 horas, y va aumentándose la diferencia por medias horas hasta llegar al círculo polar, donde se suceden naturalmente con mas rapidez, y desde cuyo punto se cuentan por meses.

Para comprender bien esta teoría, fijemos la atencion en el siguiente dibujo.



En él vemos marcado el ecuador por la línea A B. Subiendo en direccion al Norte (y lo mismo decimos ba-

jando al Sur), el dia va en aumento, por lo cual en llegando al punto donde cuente 12 horas y media, se fija otra línea C D paralela al ecuador, y la faja comprendida entre dicha línea y el ecuador, es el primer clima de media hora. En el punto en que el dia cuenta 13 horas, F E, se marca otro círculo imaginario, y el espacio comprendido entre la anterior y esta línea, es otro clima de igual medida: de este modo se continúa hasta el círculo polar, en que el dia es de 24 horas, y hallamos como consecuencia precisa de este aumento gradual, 24 climas de medias horas, desde el ecuador á cada uno de los círculos polares, ó sean 48 climas de medias horas.

En el espacio comprendido entre los círculos polares y los polos, se cuentan diferencias graduales en la duracion de los dias, á cuyas diferencias sirve de base un mes como á las anteriores media hora, y de este modo van subiendo desde uno á seis meses, lo cual da un resultado de seis climas de un mes en cada hemisferio. Tenemos, pues, dividida de esta suerte la superficie de nuestro globo en 60 climas, 48 de media hora y 12 de mes, segun resulta en el siguiente cuadro, donde tambien se encuentra la latitud y estension de cada uno de los referidos climas (1).

---

(1) Téngase presente que para estas divisiones, prescinden los geógrafos de la mayor duracion del dia, producida por la refraccion, que va aumentándose á medida que nos acercamos á los polos. Estos crepúsculos, en rigor, no son el dia astronómico, sino un efecto accesorio de una ley física, de la que con mas estension nos ocuparemos en el tratado de *Geografía física*.

Cuadro demostrativo de los climas astronómicos, la diferencia de sus dias y de su latitud y estension.

	Número de los climas.	Dias mas largos del clima en horas y minutos.		Latitud.		Anchura.	
		Horas	Mtos.	Grads.	Mtos.	Grads.	Mtos.
	Ecuador.	12	»	0	0	»	»
	1	12	30	8	34	8	34
	2	13	»	16	43	8	9
	3	13	30	24	10	7	27
	4	14	»	30	46	6	46
	5	14	30	36	28	5	42
	6	15	»	41	21	4	53
	7	15	30	45	29	4	8
	8	16	»	48	59	3	30
	9	16	30	51	57	2	58
	10	17	»	54	28	2	31
Climas de	11	17	30	56	36	2	8
media hora.	12	18	»	58	25	1	49
	13	18	30	59	57	1	32
	14	19	»	61	16	1	19
	15	19	30	62	24	1	8
	16	20	»	63	20	0	56
	17	20	30	64	8	0	48
	18	21	»	64	48	0	40
	19	21	30	65	20	0	32
	20	22	»	65	46	0	26
	21	22	30	66	6	0	20
	22	23	»	66	20	0	14
	23	23	30	66	28	0	8
	24	24	»	66	32	0	4

	Número de los climas.	Dia mas largo del clima en meses.	Latitud.		Anchura.	
			Grads.	Mtos.	Grads.	Mtos.
Climas de meses.....	1	1	67	25	0	51
	2	2	69	50	2	27
	3	3	73	39	3	49
	4	4	78	31	4	52
	5	5	84	5	5	34
	6	6	90	0	5	55

Esta division astronómica de la tierra, usada mas por los antiguos que por los modernos geógrafos, pero no por eso menos exacta é importante, no es la única que de nuestro globo se hace, pues además se distinguen otras segun las diferentes posiciones que los habitantes de la tierra pueden ocupar en ella, las cuales se comprenden en las tres denominaciones de *esfera recta*, *esfera oblícua* y *esfera paralela*.

Se dice esfera recta, cuando la línea del ecuador es perpendicular á los habitantes de la tierra que se encuentran en esta esfera, lo cual como fácilmente se concibe, solo puede suceder á los que se hallen en el mismo ecuador. El dia para ellos es por esta razon igual siempre á la noche, ambos polos celestes parecen tocar á su horizonte respectivo, y las estrellas y constelaciones del cielo pasan ante ellos sucesivamente durante las 24 horas del dia.

En los que tienen la esfera oblícua, el ecuador corta oblícuamente su horizonte; y tal acontece, con mayor ó menor abertura del ángulo formado por dicho horizonte y el ecuador, á todos los paises situados entre el mismo ecuador y los polos. Para ellos, el polo de su hemisferio se ve mas cercano, y elevado sobre el horizonte, á los mismos grados de latitud que corresponde al lugar habitado por los que tienen la esfera oblícua. Estos no pueden distinguir el polo del otro hemisferio, y sus

dias y sus noches son mas desiguales, á medida que el lugar de la observacion se va separando de la línea ecuatorial.

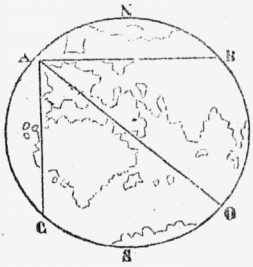
Por último, la esfera paralela la tendrian los pueblos en que el ecuador fuese paralelo á su horizonte; y decimos la tendrian, porque semejante esfera solo puede concebirse en los polos, y en tan remotos puntos de la tierra no se conocen habitantes. Desde estos parajes, por el paralelismo de su esfera, solamente podria distinguirse la mitad del cielo, las estrellas de su firmamento sin oriente y sin ocaso girarian en círculo de 24 en 24 horas alrededor de la estrella polar, fija en su zénit, y el sol elevado apenas sobre su horizonte, les enviaria sus oblícuos resplandores durante un largo dia de seis meses, estando privados de su benéfica influencia en una triste y larguísima noche de igual duracion.

Colocados los habitantes de la tierra en diferentes puntos de ella, pueden encontrarse en las siguientes posiciones; ó en un mismo paralelo, pero en meridianos diametralmente opuestos, ó bajo un mismo meridiano, pero en opuestos hemisferios, aun cuando á igual distancia unos y otros del ecuador: ó á los contrapuestos extremos de un diámetro terrestre. En el primer caso se llaman *periecos*, en el segundo *antecos*, en el tercero *antípodas*.

Periecos serian los habitantes que ocupasen, estando la tierra representada en el dibujo adjunto, los lugares marcados por las letras A y B: sus respectivas situaciones serian las mismas, pues uno mismo es tambien su hemisferio; pero por el movimiento natural de la tierra sobre sus polos, las horas de unos y otros están encontradas, siendo las del dia para los unos, y las de la noche para los otros.

Antecos son los puntos A y C, cuyas horas son las mismas; pero con encontradas estaciones; y por último, antípodas son A y D, con sus horas y sus estaciones dia-

metralmente opuestas. De modo que en los periecos tenemos igualdad de estaciones y horas encontradas, en



los antecos, horas iguales y estaciones opuestas, y en los antípodas una y otra cosa, opuestas tambien.

Todavía los geógrafos han dividido los habitantes de la tierra, por la proyeccion de las sombras que estos marcan sobre ella, en *periscios, heteroscios, anfiscios* y *ascios*.

Periscios son aquellos cuya sombra da una vuelta entera á su alrededor durante 24 horas, lo cual solo puede suceder á los habitantes de las zonas glaciales, que tienen ya por lo menos 24 horas seguidas sobre su horizonte al astro del dia.

Heteroscios son aquellos, que al medio dia siempre tienen su sombra inclinada hácia el polo mas inmediato, lo cual acontece á todos los habitantes de las zonas templadas.

Anfiscios, aquellos cuya sombra se inclina una parte del año al Norte y otra al Sur, lo cual sucederá á los habitantes de la zona tórrida; y ascios, por último, los que en algun dia del año no tienen sombra al medio dia por pasar precisamente por su zénit el Sol, en cuya situacion solo pueden encontrarse los habitantes del ecuador dos dias al año todo lo más, el 21 de Marzo y el 21 de Setiembre, si se hayan perfectamente en la línea ecuatorial.

Esta distancia puede acortarse á medida que el habitante de la tierra se encuentre situado con mayor proximidad á uno de los trópicos; pero si se encontrase en el trópico mismo, solo podria ser ascio un solo dia, 21 de Diciembre ó 21 de junio, segun el hemisferio, ó mejor dicho trópico, en que el habitante se encontrase.

Presentadas ya las divisiones en zonas, climas, esferas y demás espuestas en este capítulo que de la tierra y de sus habitantes se hacen, pasemos á ocuparnos de los medios materiales que la ciencia ha inventado para hacer perceptibles sus verdades, y las varias y múltiples aplicaciones que tienen para la Geografía.

CAPITULO XVIII.

GLOBO TERRESTRE ARTIFICIAL —SU DESCRIPCION.—SUS DIFERENTES USOS.—PROBLEMAS GEOGRÁFICOS QUE CON EL MISMO SE RESUELVEN.

Entre los ingeniosos medios inventados para hacer palpables los importantes principios y aplicaciones de la ciencia geográfica, pocos mas conocidos que el globo terrestre artificial, pero no por eso menos importante y de mas difícil manejo. En su forma se ha prescindido de la esferoidal que la tierra tiene, para facilitar su estudio, y se le ha dado la de una esfera que se hace indistintamente de carton, madera, ó cualquiera otra materia, dibujando en su curva superficie todos los puntos del globo con sus propios contornos, ya sean de superficie terrestre, ya marítima, marcando tambien los polos, el ecuador, los trópicos, la eclíptica dividida en sus doce signos, los círculos polares, los paralelos y los meridianos. Este globo, así dibujado en su superficie, está colocado dentro de un gran círculo, que sirve de meridiano, el cual en los modernos se hace, con buen acuerdo, de bronce, á

cuyo meridiano está sujeto el globo por dos pernos de metal colocados en los puntos polares, y que representan los polos mismos, cuyos dos pernos, atravesando el meridiano, hacen que el globo pueda girar sobre sí mismo á cualquier lado, pudiéndose colocar por este ingenioso cuanto sencillo medio, cualquier paraje del globo que se quiera debajo del meridiano. El perno que representa el polo norte atravesando completamente el meridiano, lleva á su punta una saeta ó aguja en sentido horizontal, y sujeta al dicho eje, la cual por lo tanto sigue el movimiento que se imprime al globo, y va señalando cada una de las 24 horas en que se halla dividido un pequeño círculo colocado alrededor del polo, sirviéndole este de centro, cuyo círculo está sujeto á el meridiano por la parte esterior (1). Este círculo, que suele estar formado de carton, pero que mejores resultados ofrece siendo de metal, recibe el nombre de *círculo horario*.

Para que los diferentes puntos del globo puedan colocarse en diverso horizonte, el meridiano que como hemos visto contiene al globo, se halla encajado dentro de otro círculo perpendicular al anterior, cuyo círculo está destinado á servir de horizonte racional, recibiendo al meridiano en dos ranuras interiores que le sujetan, pero que permiten sin embargo pase libremente por ellas de arriba abajo y de abajo arriba. Por medio de este círculo destinado á servir de horizonte, fijo por curvas de madera al pié del aparato, se puede poner el globo todo lo oblícuo que se quiera, de modo que no haya punto de la tierra en que el horizonte que contiene al meridiano deje de ser su horizonte racional. Este círculo tiene una anchura bastante á contener tres divisiones, de las cua-

(1) En algunos globos, este círculo en vez de estar colocado en la parte esterior del meridiano, se halla en la interior, ó sea en la que media entre el meridiano mismo y la superficie del globo, hallándose tambien la aguja en esta parte, para evitar así que estorbe dicho círculo, cuando se trate de colocar el globo bastante inclinado sobre el horizonte.

les la una marca los signos de la eclíptica divididos en grados, la otra los meses en que el sol se ve por estos signos divididos en dias, y la última los cuatro puntos cardinales y sus subdivisiones.

El siguiente dibujo da una idea bastante aproximada del globo terrestre artificial.

Por medio de este aparato, que es necesario esté hecho con toda exactitud para que los resultados que su uso ofrece tengan la precision necesaria, puede hallarse la longitud y latitud de los pueblos; la posicion de cualquiera de ellos en el globo, conociendo su longitud y latitud; la distancia que hay entre dos puntos diferentes; ponerse el globo horizontal para un pueblo; orientar el globo, y otras varias investigaciones, que forman la resolucion de otros tantos problemas, que vamos á ir examinando separadamente.

Sea el primero el que dejamos indicado, de hallar la longitud y latitud de un pueblo. El procedimiento es bien sencillo. No hay mas que dar vuelta al globo hasta que el pueblo propuesto caiga debajo del meridiano, y como este está graduado, contando en el meridiano mismo los grados que hay desde el pueblo en cuestion hasta el ecuador, tendremos la latitud; y la longitud nos la señalará el número de grados que marque el ecuador, en el punto en que le encuentre el meridiano. Dicho se está que esta longitud será oriental ú occidental, segun la situacion que el pueblo ocupe con relacion al primer meridiano establecido, debiendo advertir, como ya hemos indicado, que el Este cae á la derecha, y el Oeste á la izquierda.

Pero si una vez conocida la longitud y latitud de un pueblo, quisiéramos hallar la posicion de este en el globo, no tendríamos mas que colocar bajo del meridiano, haciendo girar al globo mismo, el punto del ecuador en que estuviese el número de grados de longitud conocida, y así colocado y sin movimiento el globo, ir contando sobre el meridiano los grados de latitud, hasta encontrar la que se nos habia dado, y hallaríamos bajo de este grado, un pueblo ó lugar, que sería el que deseábamos encontrar.

No ménos sencilla es la manera de proceder, cuando se quiere colocar el globo horizontal para un pue-

blo, de tal modo, que el horizonte del globo venga á ser el del pueblo dado. Para conseguirlo, no hay mas que colocar el pueblo propuesto debajo del meridiano: hallar en seguida su latitud: bajar despues el meridiano por el lado opuesto al del pueblo dado, hasta que el polo del hemisferio en que se encuentre, se halle sobre el horizonte á tantos grados como mide de latitud el pueblo mismo, en cuyo caso, este resultará en la parte superior del globo, y el horizonte del globo mismo será el del pueblo.

Para orientar el globo, ó sea fijar sus cuatro puntos cardinales, no hay mas que ponerle horizontal, segun acabamos ver en el párrafo anterior, y en seguida colocándole por medio de una brújula (hechas las convenientes deducciones de la declinacion), de tal modo que el polo ártico corresponda exactamente al Norte, tendremos el globo orientado, pues al extremo opuesto situaremos el Sur, y en los dos puntos intermedios y en la mitad respectiva de la semicircunferencia de uno á otro polo, el Este y el Oeste.

Otro de los mas importantes problemas que con el globo artificial pueden resolverse, es el de encontrar el rumbo del horizonte hácia el que cae un pueblo dado, con respecto á otro conocido tambien. Cuando esta averiguacion quiere hacerse, se debe poner el globo horizontal para el pueblo con respecto al que se trata de buscar el rumbo de otro. Una vez hecho así y el primer pueblo bajo del meridiano, se aplica á la superficie del globo una estrecha tira de papel, cortado en línea recta, que hace las veces de esta, cuya tira debe pasar por las dos poblaciones de que se trata, y continuarla hasta llegar al horizonte del globo. Como en una de las divisiones de este horizonte, segun dijimos al principio, están marcados los puntos cardinales y sus intermedios, resultará que la tira de papel encontrará en el horizonte alguna de estas divisiones, y la que se halle en dicho punto de confluencia entre la tira y el horizonte, será el rumbo que se

busca (1). Este problema es muy importante en la práctica, pues como quiera que no todos los pueblos se encuentran en un mismo paralelo, ni en un mismo meridiano, y cada uno tiene diverso horizonte, los rumbos no pueden seguirse constantemente, pues de hacerlo así, se describiria una espiral interminable, conocida en la ciencia con el nombre de *loxodrómica*.

Tambien por medio del globo artificial, puede conocerse la longitud del dia mayor para todos los puntos de un hemisferio: sea, por ejemplo, el septentrional. Para conseguirlo, se colocará el meridiano de modo que el estremo del círculo polar ártico, toque con el horizonte del globo, y de este modo, el horizonte corresponderá al círculo de iluminacion. Habiendo fijado en el meridiano un punto cualquiera del hemisferio dado y poniendo la aguja del círculo horario en las 12, se hará girar al globo hácia el Este, hasta que el punto dado, éntre en el horizonte, y en este caso, la aguja marcará la hora en la que este punto pasa de la parte iluminada á la oscurecida. Obtenido este resultado, el número de horas que ha ido marcando la aguja en el círculo horario, será la mitad de la duracion del dia que se busca. Pero si se baja todavía mas el polo hasta acercarle al horizonte, este círculo ocupará la posicion que tenia el de iluminacion, en las épocas que preceden y subsiguen á los solsticios, y podrá conocerse por este sencillo medio la longitud del dia en cada país. En esta posicion el globo, todos los puntos que se encuentren en el estremo occidental del horizonte verán al sol salir ó levantarse en el instante mismo; y los que se hallen en el estremo oriental, le verán ponerse.

De igual manera, conociendo la hora que es en un pueblo, podemos saber la que al mismo tiempo está trans-

(1) Para evitar el tener que valerse del referido liston de papel, en algunos globos se encuentra un arco de círculo que adaptándose á su superficie, sirve para el uso indicado.

curriendo en cualquiera otro. Para ello no hay mas, que colocar al pueblo, cuya hora es conocida, debajo del meridiano, y poner la aguja del círculo horario en la hora dada. En seguida se va dando vuelta al globo hasta que venga á caer el pueblo cuya hora tratamos de averiguar, debajo del meridiano, y la aguja nos señalará en el círculo, la hora que sea en el referido pueblo. Debemos advertir que para la completa resolucion de este problema, es necesario conocer tambien la situacion al Este ó al Oeste del pueblo cuya hora se averigua, con respecto á aquel cuya hora se sabe, pues si se halla al Oriente, la hora encontrada corresponderá al medio dia, á la tarde, á la mañana ó á la noche, siguiendo el mismo curso del dia que está transcurriendo para el pueblo cuya hora es conocida, y si es al Oeste, resultará naturalmente invertido el órden.

Del mismo modo, y por medio del globo terrestre artificial, puede venirse en conocimiento, dada la hora de un pueblo, de todos los puntos de la tierra que tengan el medio dia en aquel instante. Para esto no hay mas que colocar al pueblo bajo el meridiano del globo, la aguja del círculo horario en la hora conocida, y despues hacer girar el globo hasta que la aguja señale en el círculo las doce; y cuando el globo esté así colocado, todos los pueblos que se hallen bajo el meridiano tendrán el medio dia.

Pero si todavía quisiéramos llevar mas adelante nuestras investigaciones, y tratásemos de conocer los puntos del horizonte por los cuales, segun la espresion vulgar, sale y se pone el sol en un lugar y en un dia dados, el modo de proceder presentaria alguna mas complicacion; sin embargo, es bien fácil de comprender. Debe empezarse por colocar el globo horizontal para el pueblo de que se trata, lo cual ya dejamos espuesto cómo se verifica. En seguida se buscará en el círculo de meses, que como hemos visto, se encuentra en la faja del globo artificial, el signo de la eclíptica en que se halla el sol el dia de que

se trata. Encontrado y el grado que le corresponda, se buscará el mismo signo en la otra eclíptica, que dijimos se halla pintada en la superficie del globo; y haciendo en seguida rodar á éste hasta que el signo hallado toque por un lado y otro, ó sea á derecha é izquierda, con el horizonte, tendremos en estos dos puntos aquellas por donde sale y se oculta el sol en el pueblo y dia determinados.

Tambien podremos encontrar los puntos de la tierra que en un dia dado herirá el sol perpendicularmente al medio dia, así como determinar los dias en que el sol pasa perpendicularmente por encima de un pueblo.—Para lo primero, se busca en la division de meses, que dijimos se encuentran en el círculo del horizonte, el signo y grado en que se halle el sol en el dia establecido, y buscando uno y otro en la eclíptica del globo, todos los pueblos que se encuentren en el paralelo del punto donde hallemos el signo y grado referidos, recibirán el sol perpendicularmente en el dia propuesto.—Para el segundo caso, debe empezarse por conocer la latitud del pueblo dado: despues se hará girar el globo, para ver qué puntos de la eclíptica pasan por el grado de latitud del pueblo, que se habrán buscado y fijado en el meridiano del globo mismo. Ya encontrados los puntos de la eclíptica que pasan por los grados antedichos, se buscará en el círculo de meses del horizonte, á qué dias corresponden los signos buscados y el grado en que se encuentren, y estos dias serán los que en el pueblo propuesto, se recibirá al sol perpendicularmente al medio dia. Como fácilmente se comprende, esto solo puede tener lugar en los pueblos situados entre los trópicos.

Si se quisiera conocer la hora á que sale y se pone el sol para un pueblo en determinado dia, no hay mas que poner el globo horizontal para el pueblo dado, buscar en seguida en el horizonte á qué signo corresponde el dia dado tambien, y despues de encontrarle, buscarlo igual-

mente en la eclíptica del globo y colocándole bajo el meridiano, volver la aguja horaria y fijarla en las doce. En volviendo el globo en la direccion en que el sol sale, ó sea hácia el E., hasta que el signo buscado de antemano llegue en los grados que le correspondan al horizonte, la aguja marcará una hora en el círculo, que será la que corresponda á la salida del sol; y haciendo girar al globo en direccion contraria ó al O., la misma aguja señalará en el círculo horario la hora de ponerse el sol.

Tambien, y conocida la hora en que sale ó se pone el sol un dia dado en un pueblo, puede averiguarse la latitud del mismo, para lo cual se verá ante todo el grado del signo que corresponde al sol en la eclíptica el dia dado, y poniéndolo bajo el meridiano y la aguja horaria á las doce, se hará girar el globo, hasta que la aguja señale la hora de la salida del sol, si es esta la sabida, ó la de la ocultacion del mismo, si ella es la que se conoce, y sin dejar que vacile el globo ni se aparte de esta posicion, se hará ir bajando el meridiano hasta que el signo y grado que primeramente se buscaron, toque con el horizonte. Hecho esto, se cuentan los grados que desde tal punto queda elevado el polo, y esta será la latitud del pueblo que se buscaba.

Igualmente, con auxilio del globo artificial, puede calcularse la distancia que hay entre dos pueblos, tomando dicha distancia con un compás y aplicando su abertura sobre el meridiano. No hay mas que contar los grados comprendidos entre una y otra punta, y dando á cada grado 20 leguas (que por esta razon se llaman de 20 al grado), tendremos la distancia apetecida, pudiendo despues, si se quiere reducirlas á kilómetros, ó á cualquiera otra medida con arreglo á las tablas de reduccion, que pueden verse en el apéndice II.

Si se tratase de hallar la duracion del dia y de la noche en un dia determinado, se empezará poniendo el globo horizontal para el pueblo de que se trate, y viendo

en seguida el signo que corresponde al dia dado, se hallará en la ecliptica del globo: se hará girar hasta que el grado toque al horizonte por el E. ó á la derecha, y se pondrá la aguja del círculo horario en las doce. En seguida se dará vuelta al globo en sentido inverso, ó sea al Occidente, hasta que el signo encontrado toque con el horizonte, tambien al Oeste, ó sea á la izquierda, y las horas que corra la aguja aumentadas á las doce, en que se puso, será la duracion del dia, correspondiendo á la noche lo que quede desde esta suma hasta 24, total del dia en absoluto.

Como continuacion del problema anterior, puede considerarse el de buscar la duracion del dia mas largo y mas corto del año, para un pueblo cualquiera, pues basta para ello determinar la estension del dia 21 de Junio, ó sea el del solsticio de verano, que será el mas largo, y la diferencia de sus horas hasta 24, será la duracion del dia mas corto, que habrá de tener lugar hácia el 21 de Diciembre, en el solsticio de invierno.

Continuando este problema, puede fijarse el clima en que se halle un pueblo, pues encontrada la relacion del dia mayor para dicho pueblo, restando del número de sus horas doce, término medio del dia, duplicando el producto de la resta, el número que resulte será el correspondiente al clima del pueblo.

La declinacion del sol en un dia dado es otro problema que puede resolverse por medio del globo artificial. Para ello deberá averiguarse ante todo el punto de la eclíptica en que se ve el sol en dia determinado, y colocando dicho punto debajo del meridiano, los grados que se cuenten, desde el punto mismo hasta el ecuador, nos darán la declinacion del sol, ya hácia el Norte, ya hácia el Sur, segun que el punto dicho de la eclíptica esté á uno ú otro lado del ecuador.

De análoga manera se procederá cuando tratemos de averiguar el total de grados á que llegará el sol en el

medio dia para un pueblo y dia fijos. Puesto el globo horizontal para el pueblo, y encontrado el signo y grado de la eclíptica en que tal dia se verá el sol, se pondrá este punto bajo el meridiano, y los grados que haya desde el punto hasta el horizonte, serán los mismos que cuente de altura el sol en el momento del medio dia.

Tambien podremos desde el retiro de nuestro gabinete y sin mas auxilio que el del globo terrestre artificial, contar los dias en que cualquier punto de las remotas zonas glaciales están viendo al sol sin ocultarse sobre su horizonte, el largo espacio de tiempo que ha de durar tambien su larga noche, y cuándo saldrá el sol y se ocultará para aquellos remotos paises. Conocido el punto acerca del cual queremos hacer nuestra investigacion, se colocará debajo del meridiano, y vistos los grados que dista de su polo, se contarán sobre el meridiano otros tantos grados desde el ecuador, señalando en el meridiano mismo el punto á donde terminen. Hecho esto, se hará girar al globo para ver los signos y grados de la eclíptica que pasan por el mencionado punto, y como estos serán dos, por la equivalencia de cada uno de ellos con el dia del mes que les corresponde, tendremos que el primero nos marcará el dia de la salida del sol para el paraje dado, y el segundo el dia de su ocultacion; y el espacio de tiempo que media entre uno y otro, será la duracion del dia para aquel remoto paraje, cuya noche habrá de tener necesariamente igual medida.

Últimamente, y para terminar este capítulo, consignaremos los medios de hallar con el globo terrestre artificial los antípodas, los periecos y los antecos de un pueblo. Para lo primero, colocado este bajo el meridiano, se hará subir ó bajar el meridiano mismo hasta que el pueblo dado toque con el horizonte. Los habitantes del punto diametralmente opuesto en que se toquen el meridiano y el horizonte, serán los antípodas. Colocado tambien el pueblo bajo el meridiano y haciendo una señal en el mis-

mo del punto á donde el pueblo llegue, se hará girar al globo hasta que el pueblo rase con el meridiano por el opuesto lado; y los lugares que al terminar esta operacion queden bajo la señal anterior, serán los periecos del pueblo dado. De igual manera, colocado el pueblo bajo el meridiano, se buscarán sus grados de latitud, y haciendo que el globo permanezca sin movimiento, se contará igual número de grados al lado opuesto del ecuador, y allí donde termine el último grado tendremos el anteco que se buscaba.

Examinados ya los diferentes usos y problemas á que puede aplicarse el globo terrestre artificial, pasemos á ocuparnos en el capítulo siguiente de otro ingenioso medio inventado para facilitar mas todavía el estudio de la superficie de la tierra, cuyo ingenioso medio no es otro sino el de la formacion de las cartas geográficas.

CAPITULO XIX.

MAPAS Ó CARTAS GEOGRÁFICAS.—SU DIVISION.—PROYECCIONES.—SUS DIFERENTES CLASES.—FORMACION DE LAS CARTAS.

Como el representar la tierra por medio de esferas ó globos, no puede responder á todas las necesidades de la ciencia, pues para que estuviesen dibujados con toda exactitud en la superficie del globo hasta los menores detalles de él, sería necesario el uso de esferas de colosales dimensiones, de difícil transporte y manejo por esta causa; de aquí el haberse recurrido á representar en superficies planas, ya toda la tierra, ya una parte de ella, ó bien una sola region. En el primer caso la carta geográfica recibe el nombre de *universal* ó *mapa-mundi*, que generalmente se representa en dos círculos llamados *planisferios*: en el segundo, ó sea cuando representa una parte del gobo, como por ejemplo, Africa, se llaman

mapas ó cartas generales; y en el tercero, ó sea cuando contienen solo un estado ó region, v. gr. Marruecos, España, etc., reciben el nombre de cartas *particulares* ó *especiales*. Si todavía se limita mas el objeto de la carta concretándose á una sola provincia ó departamento, se llaman *planos*, *mapas* ó *cartas corográficas*; y si se reduce solo á una poblacion, ó un terreno, trazando sus varios pormenores, sus puntos culminantes, caminos, rios, etc., reciben la denominacion de *mapas* ó *cartas topográficas*.

Todavía puede admitirse, y se admite en efecto, otra division mas genérica, llamando *mapas geográficos* á los que representan las tierras y los mares, ó una porcion de tierra, y *mapas hidrográficos* ó *náuticos* á los que fijándose poco en los pormenores de la superficie terrestre, tienen por principal objeto describir con prolija exactitud las costas de las islas y continentes, los escollos de los mares, la diversa profundidad de las aguas, los rios, sus riberas, su curso, sus varias ramificaciones y sus tributarios y afluentes.

Cuando las diversas cartas ó mapas forman un cuerpo de doctrina de que cada uno de los mapas puede considerarse como un capítulo especial, esta coleccion recibe el nombre de *atlas*.

Además se conocen otras varias cartas para diversos usos especiales, sean *eclesiásticos*, *políticos*, *físicos*, *mineralógicos*, *botánicos*, *forestales*, *militares*, etc., de los cuales algunos, mas que mapas, pueden considerarse como cuadros; y los últimos, ó sean los *militares*, como minuciosas cartas topográficas para las diversas operaciones de los ejércitos.—Como medio auxiliar de la historia, tambien se conocen los *mapas históricos*, que tienen por objeto dar á conocer las diversas marchas de la humanidad para poblar el globo, las variaciones que han sufrido al estar sujetas á dominaciones diferentes las varias partes ó regiones de la tierra, y otros análogos.

Mas como quiera que el representar gráficamente la superficie terrestre sobre un plano ofrece graves dificultades, por oponerse á ello la forma esférica de nuestro globo, de aquí el que se haya recurrido á diversos medios mas ó menos ingeniosos, mas ó menos acertados, para representar en las cartas, si no con toda exactitud, por lo menos de la manera mas aproximada posible, los diversos lugares del globo, sus distancias, la extension relativa de las regiones, y la relacion mútua de cada una de ellas. Estos medios son los que reciben en la ciencia el nombre de *proyecciones*, de las cuales vamos á dar una idea, aunque sucinta, todo lo mas cabal posible.

Las *proyecciones*, nombre que en general se aplica á los dibujos que indican sobre un plano las dimensiones del espacio y de los cuerpos que encierra, son de dos clases: ó *verdaderas perspectivas* del globo, ó de las partes de la superficie, tomadas de diversos puntos de vista, y sobre varios planos, como acertadamente las describe Malte Brun, ó bien términos adecuados ó relaciones dadas que quieran conservarse con algun objeto especial. Pero circunscribiéndonos á la esfera, las dos principales *proyecciones* que debemos examinar son: la *ortográfica* y la *estereográfica*.

En la proyeccion *ortográfica*, la superficie de la esfera está representada por un plano que la corta por su mitad, considerando que la vista se halle verticalmente sobre el globo, á una distancia infinita de ambos hemisferios; esta distancia infinita es necesario suponerla tal, para que resulten todos los rádios visuales paralelos; y como quiera que todos estos rádios han de caer perpendiculares al plano de proyeccion, de aquí que los lados de la esfera tengan que irse presentando cada vez mas oblícuos al mismo plano, produciendo el efecto de que los espacios del centro van disminuyendo á medida que se acercan á la circunferencia. Por eso en un planisferio en que se haya seguido la proyeccion ortográfica, tiene que

resultar, por razon de perspectiva, muy desfigurado el verdadero aspecto de la tierra, ofreciendo grandes inconvenientes para muchas aplicaciones geográficas.

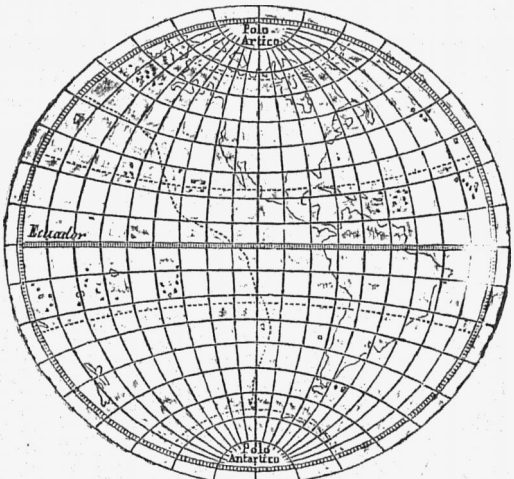
Esta proyeccion, que puede ser *polar, ecuatorial* y *horizontal*, segun el diferente sentido en que se coloque el plano de proyeccion, recibe el nombre de planetaria por su principal objeto, que no es otro sino el de presentar en completa demostracion la imágen directa de la mitad del globo, por lo cual tiene que suponerse la vista á una distancia infinita, para que pueda resultar, como ya hemos indicado, el paralelismo de los rayos visuales.

La proyeccion *estereográfica* es aquella, segun la exacta definicion de Malte Brun, por la que se representa la superficie de la esfera sobre el plano de uno de sus grandes círculos, suponiendo la vista fija en el polo de este círculo. En esta proyeccion se considera al globo como un sólido transparente. El hemisferio representado es el opuesto al otro hemisferio, en el que se supone fija la vista.

Lo mismo que en la anterior, las proyecciones estereográficas pueden ser de tres clases: la una llamada *polar*, en la cual se considera á la tierra cortada por un meridiano en el sentido de sus polos, meridiano que generalmente es el de la isla del Hierro, que corta el globo en dos hemisferios, comprendiendo en el uno las tres partes del antiguo mundo Europa, Asia y Africa, y en el otro la América: la proyeccion ecuatorial, ó sea la que suponiendo dividida á la tierra por el plano del Ecuador, deja á cada polo como centro del círculo que marca los límites de su hemisferio, resultando como rádios del mismo que arrancan del polo, los meridianos; y últimamente, la proyeccion horizontal, que es aquella en que el globo se representa cortado por el horizonte racional de un pueblo, en cuyo caso los polos quedan en un punto intermedio entre la circunferencia y el centro de los círculos en que se dibuja cada hemisferio, y en el centro de

uno de ellos se ve el pueblo por cuyo horizonte se ha hecho la division (1).

Los siguientes dibujos harán todavía mas comprensibles estas tres clases de proyecciones.

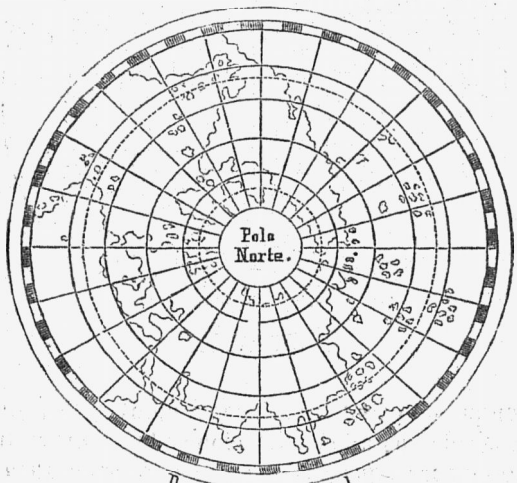


Proyeccion polar.

Aunque no exenta de inconvenientes la proyeccion estereográfica para las aplicaciones de la Geografía, son mucho menores que los que ofrece la ortográfica. El inconveniente principal consiste, en que los cuadriláteros que forman los meridianos y los paralelos, van aumentando en estension á medida que se alejan del centro á la circunferencia, resultando de este hecho, producto preciso de la oblicuidad visual al irse separando del eje óp-

(1) Como en otros varios puntos, seguimos en esta esplicacion de las proyecciones, la sencillísima cuanto exacta esplicacion del sábio geógrafo español D. Francisco Verdejo, por ser entre todos los autores que hemos consultado el que de una manera mas clara, fácil y precisa presenta la teoría capital de estas tres proyecciones.

tico, que á medida que las partes de la superficie caigan dibujadas, en los cuadriláteros mas lejanos, aparecerán con mayor estension que en la que en realidad les corresponde, pudiendo de aquí deducirse gravísimos errores, pues como dice con razon Malte Brun, poniendo un ejemplo, la punta del Africa austral parece mucho mas largo en un mapa así dispuesto, que en el globo artificial, y en la Nueva Zembla, las distancias Sur y Norte se dilatan en dos espacios mas grandes de los que son las mis-



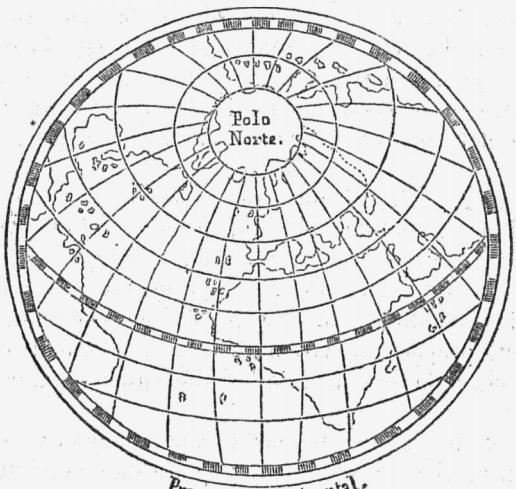
Proyeccion ecuatorial.

mas distancias en la India. Pero tal inconveniente es fácil de evitar, teniendo ante todo en cuenta este error de óptica, y comparando las medidas que arrojan las proyecciones polares, ecuatoriales y horizontales, pues en esta comparacion, el geógrafo entendido vendrá siempre á encontrar el verdadero medio.

Todavía existe una tercera proyeccion llamada *central*, lo cual coloca el punto de vista en el centro de la

esfera, y toma para cuadro un plano tangente á la superficie: pero apenas aplicada á la Geografía, y limitado su uso á los cuadrantes solares, nos contentamos con esta ligera indicacion acerca de ella.

Además de las proyecciones de que va hecho mérito, se han buscado de todos los cuerpos, que mas exactamente pueden ser trazadas sobre un plano, aquellos que tengan mas conexion con la esfera, y encontrando que son el



Proyeccion horizontal.

cono y el cilindro, de ellos se han tomado otras proyecciones para los mapas geográficos especiales, y aun para regiones de considerable estension. De estas dos proyecciones, la cónica ofrece mayores ventajas por lo poco que difiere una pequeña zona cónica de otra esférica.

Como fácilmente se concibe, en las proyecciones cónicas, los paralelos son arcos del círculo, cuyo centro comun está en el vértice del cono, y los meridianos son los rádios que parten desde este mismo centro.—Tam-

bien se usan, segun queda indicado, las proyecciones que tienen por base la manifestacion de un cilindro, esté inscrito ó circunscrito en la zona esférica á que sustituye, pero coincidiendo su eje con el del globo; á los mapas formados por esta proyeccion se les denomina *mapas llanos*; y así estos como otros que se llaman *reducidos*, y que tambien se denominan de la *proyeccion de Mercator*, tienen los meridianos en línea recta que cortan perpendicularmente, y en angulos rectos asímismo, los paralelos. Esta clase de cartas son usadas mas especialmente por los marinos, que tienen necesidad para trazar su rumbo, de determinar en él la longitud y direccion; pero en dichas cartas los intervalos que van separándose del ecuador, crecen segun que se acercan á los polos.

Para marcar la relacion que tiene una carta ó mapa con el tamaño real del globo, se ha inventado la *escala*, la cual no es otra cosa que una línea graduada, cuyos espacios corresponden á una cantidad de leguas, millas, ó cualquiera medida. Por este medio convencional, pero de exacta proporcion matemática, se pueden calcular la estension, ó la distancia de los diferentes lugares de la tierra.

En el dibujo de las cartas geográficas se siguen tambien medios convencionales, para indicar si un país es llano ó montañoso, si erial ó cubierto de vegetacion, si lleno de pantanos, ó seco. Para esto se siguen las reglas de perspectiva á vista de pájaro; pero es necesario guardar una exacta proporcion segun las alturas y accidentes del terreno, para que no resulten confusiones que induzcan á error. Igualmente se usan en las cartas otros signos convencionales, cuya aplicacion debe colocarse á un lado del mapa, para marcar la diferente importancia de los pueblos, las líneas de los arroyos, rios tributarios, rios principales, canales de navegacion, idem de riego, caminos ordinarios, ó de hierro, límites de regiones ó pro-

vincias, y todos los demás detalles necesarios para la mayor exactitud y fácil inteligencia del mapa. Los colores tambien suelen emplearse con este mismo objeto, y es digna de imitacion la costumbre que siguen algunos geógrafos de dar á cada region, departamento ó provincia una media tinta general, que la comprenda toda, si bien debe cuidarse cuando así se haga, de que el color empleado no sea tan terroso ú oscuro, que haga difícil la lectura de nombres de los diversos pueblos, rios, montañas, etc., comprendidos en aquella demarcacion. Las líneas del litoral ó de costa se marcan con un sombreado bastante perceptible.

Réstanos, para terminar los diferentes puntos que abraza este capítulo, dar una idea, siquiera sea sucinta, como cumple á una obra elemental, de la manera de hacer una carta ó mapa.

Para ello debe empezarse por conocer los grados de longitud y de latitud entre los cuales se encuentra comprendido el país que va á dibujarse geográficamente; y una vez con esta noticia, y marcadas las líneas que cierran el cuadro en que ha de delinearse la carta, se fijará el Norte en la parte superior, el Sur en la inferior, el Este ú Oriente á la derecha, y el Oeste ú Occidente á la izquierda. Esta fijacion de los cuatro puntos cardinales tiene una gran importancia, porque si la latitud dada es Norte, ya sabemos que habrán de ir colocados los grados de abajo arriba; y si Sur al contrario, ó sea buscando su rumbo; y lo mismo decimos de la longitud en la direccion de derecha ó izquierda, segun sea dicha longitud de Este ú de Oeste. Figurémonos que los grados de latitud en que el país se halla comprendido son de latitud Norte: en tal caso dividiremos los lados de la carta en tantos espacios iguales como grados haya, por medio de líneas paralelas; y empezando la numeracion por la base ó sea la línea inferior que es tambien un paralelo, iremos poniendo á cada uno de estos el número que le correspon-

de: así, por ejemplo, si el país que tratásemos de dibujar estuviese comprendido entre los grados 50 y 54 de latitud Norte, dividiríamos la parte comprendida entre la línea superior é inferior del mapa en cuatro espacios por medio de tres líneas paralelas á la base de la carta, y pondríamos los números de los grados de este modo: 50 á la parte esterior, pero en el lugar correspondiente al paralelo inferior, que limita por esta parte el cuadro del mapa. En la misma forma y correspondiendo con la segunda línea subiendo al Norte, pondríamos 51, en la que subsigue 52, en la inmediata 53, y en la última, que por la parte superior cierra el cuadro, ó sea su último paralelo, 54. Si los grados de latitud fuesen Sur, se procederia en sentido opuesto.

De este modo, tendríamos ya marcados los paralelos.

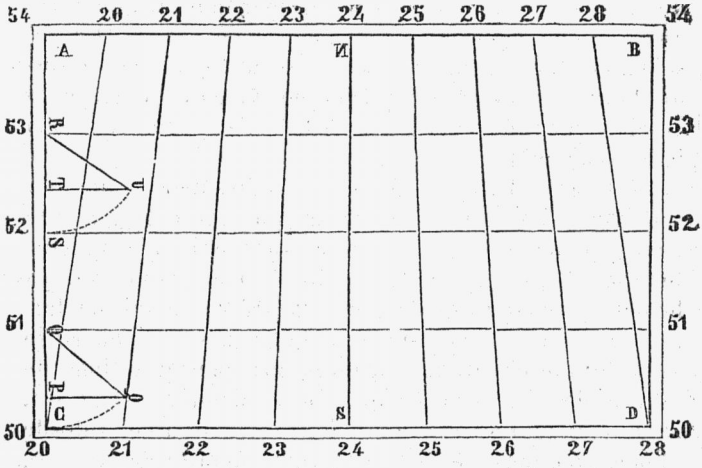
Mas, para determinar los meridianos, se necesitan operaciones algo mas complicadas, por la diferente dimension de los grados de paralelo. De aquí el que sea necesario proceder del siguiente modo. Sobre la línea que marca la estension en longitud del primer grado de meridiano se levanta un ángulo cuyo número de grados sea igual al del grado en cuestion: de manera, que si este es el grado 50, será el ángulo de 50 grados, si el grado es de 60, de 60, y así de los demás. El vértice de este ángulo debe estar en el punto en que termina la línea longitudinal del grado de medida. Colocado un estremo del compás sobre este vértice, y el otro en el punto opuesto en que termina dicha línea longitudinal del grado, se tirará un arco que naturalmente habrá de encontrar á la otra línea del ángulo. Desde el punto de union de esta línea y el arco, se baja una perpendicular sobre la base del ángulo, y el espacio comprendido entre el vértice y el punto de dicha última línea á donde pare la perpendicular, será el espacio ó anchura del grado de paralelo en la línea inferior que encuadra ó limita el mapa ó carta geográfica. Conocido ya este importante dato, se tira una línea exacta-

mente por la mitad del mapa, perpendicular á la línea inferior y superior, de modo que venga á ser el *eje* del mapa mismo; y sabiendo el número de grados de longitud entre los que se haya comprendido el país que vamos á dibujar en la carta, se pondrá la mitad á cada lado de esta línea con la abertura de compás correspondiente á la medida del grado, segun el procedimiento dicho, y en cada punto de donde ha de arrancar cada uno de los meridianos, se irá poniendo el número de grado que le corresponda en la direccion de Este ú Oeste, segun sea la longitud dada. De manera, que si los grados de longitud fueren entre los 20 y 28 E., empezaríamos por la izquierda, y pondríamos 20 en el primer punto, que sería aquel en que empieza la línea inferior del mapa; 21 en e segundo, 22 en el tercero, 23 en el cuarto, 24 en el quinto, 25 en el sesto, 26 en el séptimo, 27 en el octavo y 28 en el noveno, ó sea el punto estremo de la misma línea inferior del marco.

El tamaño de los grados del paralelo superior, que por esta parte cierra el mapa, tiene que ser naturalmente mas pequeño, y para hallarlo se procederá en la siguiente forma. Sobre otro de los grados de meridiano, que ya hemos visto son iguales, se trazará en la misma forma acabada de indicar un ángulo; pero su abertura será de tantos grados cuantos marque el último de latitud dada, de modo que en el ejemplo propuesto, será un ángulo de 54 grados. Se trazará un arco, y desde el punto en que este corte á la línea superior del ángulo, se bajará una línea perpendidular á su base, y el espacio que resulte entre esta perpendicular y el vértice del ángulo, espacio medido por la misma línea de base, será el ancho que los grados deban tener en el referido paralelo superior. Dijimos que los grados eran entre el 20 y 28, luego pondremos á cada lado del eje 4 grados, que iremos marcando con la abertura de compás de la medida indicada, y desde estos puntos bajaremos líneas á los

otros que marcamos en el paralelo inferior, y nos resultará formada la cuadrícula. En cada uno de los puntos de donde arrancan los meridianos en la parte superior, iremos tambien poniendo el número de grados correspondiente en direccion al Este, que es la que aquí hemos marcado.

El siguiente dibujo hará comprensible esta teoría, habiendo señalado en él con letras las líneas, ángulos y arcos para que pueda prácticamente hacerce la operacion, y se vea la exactitud de la teoría espuesta (1)



(1) La razon matemática en que se funda esta práctica, está perfectamente condensada en la siguiente nota que transcribimos de la citada obra del Sr. Verdejo y Paez, pues aunque tambien se encuentra la misma demostracion en algunos otros autores, se halla mas fácil de comprender en el libro del geógrafo español. «Esta práctica se funda en una proporcion que dice: el radio de las tablas es el coseno de la latitud de un paralelo, como 20 leguas, tamaño de un grado del ecuador, es al de un grado del citado paralelo. Luego si quisiéremos hallar por cálculo la mag-

Terminada de este modo la cuadrícula de la carta, en las líneas de los paralelos inferior y superior y en las de los meridianos E. y O., cada uno de los grados de meridiano ó de paralelo, que ya hemos visto cómo se marcan, se dividirán en 60 partes, ó sean los minutos en que se divide el grado, y aunque algunas veces por las cortas dimensiones del mapa, se dividen en grupos de cinco en cinco, de diez en diez, etc., debe siempre procurarse que se puedan apreciar con toda claridad los sesenta minutos de cada grado.

La manera de formar la cuadrícula para poder en seguida fijar los pueblos en ella, responde perfectamente á las necesidades de la práctica cuando se trata de dibujar geográficamente un territorio de escasa estension; pero los meridianos y paralelos tienen necesidad de tomar su curvatura, cuando se trata de describir una gran region, una parte de la tierra, ú otros espacios superficiales análogos.

Para conseguir esta curvatura en unas y otras líneas, el procedimiento es bastante sencillo. Sabidos los puntos desde donde han de arrancar y en donde han de terminar los paralelos y los meridianos, se prolonga la línea central ó *eje* hasta que su prolongacion mida tantas partes, de igual dimension á la de un grado de meridiano de la carta, como grados haya desde el último número del paralelo superior hasta los 90. En el punto á donde lleguen, se colocará un estremo del compás, y por los pun-

---

nitud de un grado de paralelo de 50°, que es el de que se trata, diremos:

Analogía... R : coseno 40° :: 20 leguas : x.

Resolucion.
- Coseno de 50°. 9.808067
- Logaritmo de 20. . . . 1.301030
- Suma. . . 11.109097
- Logaritmo de R. . . 10
- Resta. . . 1.109097 logaritmo que corresponde á 12 $^{9}/_{10}$ leguas, que es próximamente la magnitud del grado del paralelo 50°.

tos marcados en la parte esterior de los meridianos E. y O. del cuadro que comprende el mapa, se irán trazando arcos de circunferencia, que serán los paralelos.

Para hallar la curvatura de los meridianos, se buscará la magnitud de los grados de paralelo, así del inferior como del superior, y de todos los que resultan en el centro del mapa: se irán marcando los puntos que en cada uno de los paralelos tenga la magnitud de los grados, y por estos puntos se irán bajando las líneas de los meridianos, que de este modo resultarán tambien con la curvatura que les corresponde.

Esplicadas ya las cartas geográficas, sus diferentes clases, las varias proyecciones que pueden seguirse, y dada una idea de la manera de formarlas, debemos esponer la manera de situar los pueblos en los mapas y el uso de los mismos, para completar así esta parte práctica de nuestros estudios.

CAPITULO XX.

REGLAS PARA SITUAR LOS PUEBLOS EN LAS CARTAS.—USO DE LAS MISMAS.—PROBLEMAS QUE CON ELLAS PUEDEN RESOLVERSE.

Como el principal objeto de las cartas ó mapas, es representar en una superficie plana los diferentes parajes del globo, ó los pueblos que han formado los hombres, de aquí que, una vez estendida la cuadrícula, se proceda á ir colocando dichos pueblos ó parajes en el punto que debe corresponderles, con arreglo á las teorías que dejamos esplicadas.

Para conseguirlo no hay mas que conocer los grados de longitud y latitud en que el pueblo se halla. Se buscan en la línea ó paralelo superior del mapa y en la inferior, el grado, minutos y segundos de longitud á que el pueblo sabemos se encuentra, y se tira de un punto á otro

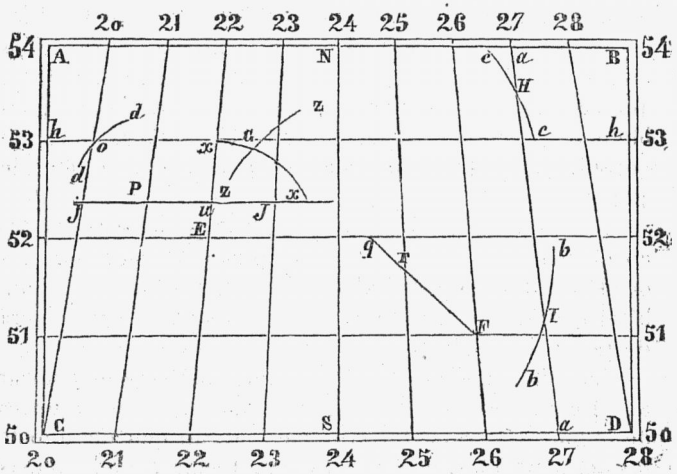
una línea, que resultará ser un meridiano, y por consiguiente el meridiano del pueblo de que se trata. En seguida se busca igualmente en las líneas estremas laterales del mapa, que son los últimos meridianos E. y O. del mismo, el número de grados, minutos y segundos de latitud que sabemos tiene el pueblo, y de uno á otro de los puntos en que encontramos dicha cifra, se tira otra línea, que cortará á la anterior, y que será el paralelo del pueblo dado. Ahora bien: el punto en que ambas líneas se cortan, es el que debe ocupar en el mapa el referido pueblo.

Este método es el mas exacto, y hasta pudiéramos decir el mas científico; pero se emplean además algunos otros, sobre todo para ir determinando los lugares ó pueblos mas secundarios, cuyos sistemas no creemos fuera de propósito esplicar.

Cuando conocidos ya dos pueblos se trata de colocar un tercero, del cual solo se sabe que está á un número de leguas determinadas al Norte ó al Sur de cada uno de los dos conocidos, no hay mas que tomar con el compás el espacio de grados que contengan las leguas, cuyos grados deben tomarse en las líneas estremas laterales del mapa, que no son mas que meridianos graduados, y colocando con esta abertura una punta de compás en uno de los dos dichos pueblos ya situados en el mapa, y trazando un arco de círculo en la direccion Norte ó Sur á que el nuevo pueblo sabemos se encuentra, y haciendo igual operacion con la distancia del otro pueblo, el punto en que se corten ambos arcos será en el que debamos colocar al pueblo dado. Pongamos un ejemplo para facilitar esta teoría, teniendo á la vista el siguiente dibujo:

Está conocida la situacion de los dos pueblos E y F, y queremos colocar un tercer pueblo, del cual solo sabemos que se encuentra á veinte leguas hácia el Norte de E, y á sesenta al Norte tambien de F. Como cada grado he-

mos dicho que tiene veinte leguas, para las veinte dadas tomaremos un grado de la línea ó meridiano A C, ó bien del B D, y haciendo centro en E con la abertura de com-



pás de un grado ó veinte leguas, trazaremos un arco de círculo x x. En seguida, y en la misma línea ó meridiano, tomaremos con el compás tres grados, ó sean sesenta leguas, y haciendo centro en F, trazaremos el arco z z, que cortará al x x en G, y en este punto será donde debamos colocar al pueblo de que se trataba y cuya verdadera situacion nos era desconocida.

Pero si en lugar de conocer ambas distancias solo tuviéramos noticia de una de ellas, y de la longitud del pueblo que deseamos fijar en la carta, el procedimiento es tambien bastante sencillo. Lo primero que deberá hacerse, buscando en las líneas superior é inferior el número de grados de longitud á que el pueblo se halla, es tirar su meridiano; y una vez hecho esto, tomar la distancia conocida, de la misma manera que lo hicimos en el

problema anterior, y haciendo centro en el pueblo desde que la distancia se sabe, trazar un arco que cortará naturalmente al meridiano referido, en cuyo punto de interseccion será donde deberá colocarse el pueblo de que se trata. Ejemplo: Vamos á colocar en la carta un pueblo del cual solo sabemos que dista de E setenta leguas, y que se encuentra á los veintisiete grados de longitud oriental. Lo primero trazaremos el meridiano de dicho pueblo, y hallaremos que es la línea *a a*, ó sea del grado veintisiete del paralelo superior, al veintisiete inferior. En seguida tomaremos en la línea lateral A C, ó en la B D, tres grados y medio que equivalen á las setenta leguas, y haciendo centro en E trazaremos el arco *c c*, y el punto H en que el arco corta al meridiano será el lugar en que deba colocarse el pueblo. Esto si supiéramos que caia al Norte, que si correspondiese al Sur, trazaríamos el arco *b b* buscando aquella direccion, y el punto I sería en el que el pueblo habria de fijarse.

Si en lugar de ser conocida la longitud solo supiéramos la latitud y la distancia, el procedimiento para situar el pueblo es análogo al anterior.

Figurémonos que se trata de un pueblo que está á cincuenta y tres grados en la latitud Norte y á treinta leguas de distancia del pueblo E. Buscaremos en las líneas laterales el grado cincuenta y tres, y nos encontraremos, sin necesidad de tirarlo, con el paralelo *h h*. (Cuando no se encuentra así, se tira en el sitio que corresponda.) En seguida tomaremos con el compás treinta leguas, y trazando el arco *d d* sobre el paralelo *h h*, en el punto en que le corte, O, tendremos la situacion del pueblo dado, si este cayese al Oeste, pues si supiéramos que estaba al Este, el arco le tiraríamos sobre el paralelo á la derecha.

Nuestras noticias acerca del lugar en que cae un pueblo que debemos colocar en la carta, pueden ser todavía mucho mas escasas, pues pueden reducirse á saber que se halla al Norte de uno conocido y al Este de otro cono-

cido tambien; y sin embargo de tan escasos datos, el pueblo puede colocarse fácilmente en la carta. Figurémonos que los dos conocidos son E y P. Tiraremos la línea Norte y Sur de E, que en el caso presente será el meridiano veintidos y veintidos; en seguida tiraremos la línea E. O. de P, que será *j j*, y el punto en que corta á la anterior, *u*, será la situacion del pueblo.

Pongamos otro ejemplo de caso diferente. Se trata de un pueblo que queremos colocar en la carta y acerca del cual solo sabemos que está veinte leguas de F y en la direccion N. O. Lo primero será buscar el rumbo N. O. de F, y hallaremos que es la línea F Q, y tomando en seguida las veinte leguas, las aplicaremos á esta línea, y en donde terminen, que es en R, será la situacion pedida.

Pero si en lugar de esto supiésemos la latitud del pueblo y el rumbo á que se halla de otro, no hay mas que trazar desde este último dicho rumbo, y en seguida el paralelo que corresponde á la latitud dada, y el punto en que ambas líneas se corten, será en donde deberemos colocar el pueblo.

Cuando lo que conozcamos sea la longitud de un pueblo y el rumbo en que está con respecto á otro, se tirará tambien desde este el rumbo conocido; en seguida se trazará el meridiano por los grados de longitud, y el punto en que tambien se cortan ambas líneas nos dará el lugar en que debemos establecer en la carta, el pueblo que deseamos colocar en ella.

Esplicados ya los diferentes medios de situar los pueblos en los mapas, pasemos ahora á examinar los diversos problemas geográficos que con los mismos podemos resolver.

Sea el primero hallar un pueblo en una carta, conociendo su longitud y latitud. Para ello no hay mas que trazar imaginariamente, si no se quiere manchar el mapa, el paralelo y el meridiano que corresponden á los grados

de longitud y latitud sabidas, y en el punto en donde ambas líneas se encuentren hallaremos indefectiblemente el pueblo.

Si quisiéramos averiguar la diferencia de longitud que existe entre dos pueblos situados en una carta, no habria mas que buscar sus dos meridianos, y el número de grados que entre uno y otro hallásemos, contados por las líneas ó paralelos superior ó inferior, nos dará la diferencia que buscábamos.

Para determinar la latitud de un pueblo situado en una carta, se trazará mentalmente su paralelo, y viendo la distancia que hay desde este al paralelo cercano de la cuadrícula en la direccion de abajo arriba, segun se busque la latitud Norte ó la latitud Sur, sumando el número de grados del paralelo de la cuadrícula con los minutos y segundos que resultan desde este hasta la línea del paralelo del pueblo, uniendo ambos guarismos tendremos la latitud en grados, minutos y segundos, Norte ó Sur, del pueblo propuesto.

Por un medio análogo se encuentra la longitud de cualquier pueblo. Lo primero que se hace es trazar su meridiano, ó sea una línea que vendrá á caer en el paralelo superior del mapa, y en el inferior á la misma distancia en minutos y segundos, y unidos al número de grados de longitud que marca este mismo meridiano de la cuadrícula, tendremos la longitud en grados, minutos y segundos del pueblo dado, la cual será de Este ó de Oeste, segun al lado que caiga del meridiano de la cuadrícula el meridiano del pueblo.

Tambien por medio de las cartas puede averiguarse la hora que es en un pueblo dado, sabiendo la de otro pueblo situado en la carta misma. Para ello, lo primero que debe hacerse es buscar la diferencia de longitud entre ambos pueblos, y como ya sabemos que á cada hora corresponden quince grados, sumando los grados reducidos á horas, tendremos la que será en el pueblo á que nos

referimos, si este se encuentra al Oriente del pueblo en que la hora nos es conocida, ó se restarán si el referido pueblo cayese al Oeste. Tambien podia resultar que al hacer la suma nos diese un resultado mayor de doce horas, en cuyo caso se restarán las doce de la suma total obtenida, y el resíduo será la hora que buscamos.

Dijimos en el capítulo anterior que en los mapas se acostumbra á poner una escala para tomar con mayor facilidad las medidas, y la manera de construirla es bien sencilla. No hay mas que tomar de las líneas laterales de la carta los grados que se quieran, tirar una línea de igual estension á la que abrazan los grados que se han fijado, dividir cada uno de estos en leguas á razon de veinte por cada uno, y resulta formada la escala.

De este modo, y aun cuando no hubiera escala en la carta, por medio de los grados es muy sencillo averiguar la distancia que hay de un punto á otro, sin mas que tomar con el compás dicha distancia y aplicarla á la escala, si la hay, y si no á los grados cuya equivalencia en leguas ya hemos visto.

Esta distancia, sin embargo, será la mas corta en línea recta, pues si quisiéramos averiguar la itineraria ó de camino, habria que ir tomando todas las líneas de este en sus diferentes vueltas y las distancias de los pueblos intermedios, para obtener, sumándolas, la distancia total. Para que esta sea exacta es necesario que el mapa esté perfectamente detallado, pues las curvas y accidentes del terreno pueden aumentar ó disminuir la distancia y no ser el resultado exacto.

Por cálculo aproximado, algunos, tomando la distancia en línea recta de dos puntos, aumentan una quinta parte, y creen haber hallado la distancia itineraria; pero este cálculo es muy inexacto.

Por último, y para terminar este capítulo, diremos que en las cartas puede fijarse la estension superficial de un país dado en leguas cuadradas ó en cualquiera otra

medida. Para ello se tira desde el estremo superior al inferior de la carta, una línea vertical en su mayor estension. Se ven las leguas que comprende esta línea, y se dividirá por medio de otras perpendiculares á la anterior en tantas partes como leguas encontremos en la línea vertical referida. Dichas líneas perpendiculares irán terminando en la línea que límite la periferia del país; se verá el número de leguas que cada una de estas líneas contiene, y sumadas todas ellas, el resultado será el número de leguas cuadradas del país que se queria medir.

Aquí terminamos el presente capítulo y con él estos estudios elementales; á los que, sin embargo, subsiguen dos apéndices que hemos creido podrán ser útiles á los lectores de la Biblioteca.

APENDICE PRIMERO.

BREVES NOCIONES ACERCA DEL MUNDO SIDERAL Ó DE LAS ESTRELLAS.

Decíamos al empezar el capítulo segundo de estos estudios elementales, que nada eleva tanto el espíritu del hombre á la concepcion de la idea de lo infinito, como el espectáculo sorprendente que ofrece al observador la bóveda celeste en una noche serena, con sus millones de estrellas, destacándose brillantes, resplandecientes, sobre el azul oscuro del firmamento.

El grandioso espectáculo que ofrece esta aglomeracion de mundos, que podemos considerar como infinita para la limitada inteligencia humana, en vez de arredrar á los hombres de ciencia, les ha hecho dedicarse con creciente ardor al descubrimiento de las leyes que gobiernan esa pluralidad de soles y planetas; y aunque hallando con harta frecuencia inútiles sus afanes, han conseguido levantar la astronomía á una altura, como nunca, puede asegurarse, se ha encontrado en la historia de la humanidad.

Pero procuremos reducir el círculo de las ideas que ha de contener este apéndice, escrito solo para dar á nuestros lectores una ligera idea del mundo sideral ó de las estrellas.

Lo primero que en estos cuerpos brillantes hiere la

imaginacion del observador, es el constante centelleo que en ellos se nota, centelleo incesante y rapidísimo á que han dado los franceses el acertado nombre de *scintillation*. Este fenómeno, que va acompañado muchas veces de variaciones súbitas de color y de luz, es debido, segun Arago, á la diferente velocidad con que los rayos de diversos colores atraviesan las capas atmosféricas, que tienen tambien diversa densidad, diversos grados de humedad y de calor. Y esta conjetura del sábio astrónomo, halla su completa confirmacion en las regiones tropicales, donde siendo las capas atmosféricas mas homogéneas, apenas se encuentra centelleo en las estrellas.

En todos los cuerpos celestes nótase este centelleo ó scintillation; pero en los planetas apenas se percibe. Marte, Vénus y Mercurio tienen alguno; Saturno y Júpiter muy poco; pero aun en los que se observa algun ligero centelleo, siempre es tan poco vivo, tan opaco, por decirlo así, que bien se conoce la diferencia de impulso de su luz enviada á nosotros por reflexion, comparada con la de los soles ó astros que irradian en el espacio una luz propia y emanada de su misma naturaleza.

Otro de los caractéres que sorprende al observador en ese innumerable agrupamiento de puntos luminosos, es la variedad de su aparente estension, lo cual ha hecho que se las divida en diferentes magnitudes, que van aumentando su número á medida que la estrella se ve mas pequeña, proporcion que en las seis primeras magnitudes nos indica el siguiente dibujo.

Debemos advertir, que en esta progresion que pudiéramos llamar descendente, se juzga por las dimensiones que presentan las estrellas, mas que por su intensidad, pues la luz de Sirio, por ejemplo, está valuada como cua-

tro veces la de la estrella Alfa (1), de la constelacion de Centauro; y sin embargo, la una y la otra se enumeran por los astrónomos entre las de primera magnitud.

Y es circunstancia digna de notarse, que á medida que se desciende en la escala de las intensidades ó de las magnitudes, el número de las estrellas contenidas en cada clase va aumentando estraordinariamente. Así es, que mientras no pasan de veinte las estrellas de primera magnitud, y de sesenta y cinco las de segunda, llegan á doscientas las de tercera, pasan de cuatrocientas las de cuarta, de mil y ciento las de quinta, y de tres mil doscientas las de sesta: cantidades que reunidas forman con poca diferencia la suma de cinco mil estrellas de las seis primeras magnitudes; número total que corresponde tambien aproximadamente al de las estrellas que pueden contarse en el firmamento con la vista desnuda.

Pero este número aumenta de una manera prodigiosa á medida que se estudia el cielo por medio de anteojos ó telescopios de gran potencia, hasta poder concluir, que el hombre nunca llegará á contar las estrellas del cielo.

Diferentes colores presenta la luz de las estrellas, segun hemos indicado. Blancas en su mayor parte, entre las de color predominan las rojas, como sucede con la estrella Alfa de Orion, Arcturus y Aldebaran: siguen despues, aunque en menor número, las estrellas amarillas, y entre las de mediano resplandor se encuentran bastantes de color verde ó azul. Entre todas las estrellas rojizas ocupa un lugar preferente el planeta Marte, por lo marcado del color rojo que le distingue.

La causa de estos diferentes colores que se observan en las estrellas, se cree exista en la atmósfera ó envol-

---

(1) Para la fácil inteligencia en las observaciones siderales, los astrónomos dan los nombres de las letras del alfabeto griego á las principales estrellas de las varias constelaciones que cuenta el cielo.

tura gaseosa incandescente que las rodea, cuyas fotósferas, compuestas de principios diferentes, influyen en el color de la luz.

Tambien unas mismas estrellas ofrecen ciertas diferencias, así en el color como en sus resplandores, lo cual ha sido causa de que se las califique con el nombre de estrellas *variables*. Respecto á la variedad de color, la estrella en que mas se ha observado ha sido en Sirius, la cual tiene una blancura perfecta desde hace algunos siglos, siendo así que, segun el testimonio de astrónomos antiguos, el color de Sirius era rojizo, conociéndole por esta causa con el epíteto de *rubra*. En cuanto á la variedad de la luz hay mas número de estrellas variables, llegando á contarse hasta treinta. Y de tal modo disminuye ó aumenta la intensidad de sus resplandores, que algunas tan pronto aparecen de segunda como de tercera magnitud, como van disminuyendo rápidamente hasta no llegarse á ver en el cielo, para reaparecer de nuevo con su primera magnitud. Estas variaciones son periódicas, aun cuando no completamente regulares; y la hipótesis que esplica estos cambios de resplandor en las estrellas, se apoya en la existencia de grandes satélites opacos que, circulando alrededor de las mismas, producen eclipses que nos las ocultan de tiempo en tiempo. Tambien las esplican otros diciendo, que estas estrellas tienen una parte de su materia componente mas luminosa que las demás, y que por el movimiento de rotacion unas veces nos presentarán su parte oscura, y otras su faz luminosa.

Se da el nombre de estrellas *nuevas* á las que aparecen en el cielo en un punto, donde antes no existia ninguna. Este hecho, no muy comun, ni muy raro tampoco, puesto que la historia conserva mas de un acontecimiento de este género, acaso en vez de ser debido á la aparicion real y verdadera de una estrella nuevamente formada, reconozca solo por causa la limitacion humana, que

antes de la época en que la estrella se vió por primera vez no la habia reconocido, ó por falta de potencia en los instrumentos empleados, ó por haber reconocido ligeramente la parte del cielo en que la nueva estrella se encontraba.

Hay otras que reciben el nombre de *dobles*, las cuales, á pesar de presentarse como simples á la vista desnuda, y examinadas con anteojos de escaso alcance, estudiadas con otros de mayor potencia, aparecen compuestas de dos estrellas muy unidas, de resplandor mas ó menos desigual, y hasta algunas veces de color diferente. La gran proximidad en que se encuentran estas estrellas dobles puede ser aparente ó real; pues si los dos astros se hallan á igual distancia de la tierra, la proximidad de ambos será real y efectiva; pero no podrá menos de ser aparente cuando dichas distancias resulten desiguales, en cuyo caso la proximidad de las dos estrellas quedará reducida á un simple efecto de perspectiva, que hará variar la distancia segun el punto de observacion. Así es, que el fenómeno de las estrellas *dobles*, tiene todo su interés para la ciencia, cuando ambos cuerpos celestes se hallan igualmente lejanos de nosotros ó sobre un mismo plano, siendo real y efectiva su duplicidad.

La existencia de estas estrellas *dobles* es muy estraña; porque si todos los cuerpos celestes están dotados como el sol de una fuerza de atraccion proporcionada á sus masas, la estrella mas débil, de menos fuerza, de las dos que componen la doble, debiera ser atraida por la mas poderosa, quedando confundida en ella: vemos que esto no sucede; luego lo que debe inferirse es, que dotadas de igual fuerza, están circulando respectivamente la una alrededor de la otra, y esta conjetura se ha visto confirmada por observaciones repetidas, acerca de las diferentes posiciones que han ido y siguen ocupando las estrellas *dobles*.

Otro de los fenómenos mas dignos de observacion en las estrellas, es su movimiento; pues á pesar de que aparecen fijas, y como tales se las considera para cálculos astronómicos y geográficos, tienen cierto movimiento que podemos llamar de traslacion, el cual apenas es perceptible á causa de las inmensas distancias á que se hallan de nosotros. Solo en algunas estrellas ha podido apreciarse este movimiento; pero la ciencia no ha llegado todavía á conocer su verdadera causa y naturaleza.

Existen en el cielo ciertos agrupamientos que parecen estrellas amontonadas las unas sobre las otras, y que se presentan á la vista del observador como una masa confusa de luz, entre las que sobresalen varios puntos de mayor brillantez. Pero á poco que se examinen estas *amas* de estrellas, como las llaman los franceses, con un anteojo de regular alcance, se ven claramente las múltiples estrellas del agrupamiento, que van aumentando en número á medida que el telescopio aumenta en potencia óptica.

Estos grupos afectan diferentes formas, que á veces semejan las de los cometas, con las cuales puede confundírselas; pero al primer exámen que con un telescopio se hace de su brillante y compacta apariencia, se les ve descomponerse en estrellas innumerables.

Pero todavía existen otros grupos, ó tan lejanos de nosotros, ó compuestos de astros tan pequeños, que los mas poderosos telescopios no han podido descomponer estas nebulosas de luz, acerca de cuya naturaleza, se ha creido que estaban formadas de una materia homogénea, contínua, brillante, ó sea de materia cósmica, que condensándose poco á poco, girando alrededor de uno ó muchos centros, ha dado orígen á otras tantas estrellas. Es decir, que las nebulosas podian considerarse como mundos en formacion. Esta teoría, sin embargo de los hábiles partidarios de ella, ha caido en descrédito, desde que varias observaciones hechas con telescopios

de mayor alcance que los anteriormente empleados, han hecho ver en esas masas de luz que parecian irreductibles á estrellas, un infinito agrupamiento de estos remotísimos astros. Citaremos, entre otras, una nebulosidad que existe en la constelacion Andrómeda, y que examinada con el poderoso telescopio del observatorio de Cambridge, en los Estados-Unidos, resultó no ser mas que un amontonamiento infinito de estrellas, mas juntas, mas condensadas, que todos los agrupamientos conocidos anteriormente.

Numerosísimas son, sin embargo, las nebulosas que á pesar de haber sido observadas con los mejores telescopios, conservan su apariencia de nubes luminosas, sin que se las haya podido reducir á estrellas, cuyas brillantes ráfagas de luz, presentan las mas estrañas formas que pueden imaginarse. Hay nebulosas redondas, esferoidales, anulares, á manera de cometas, con una masa central y un anillo imperfecto que las rodea, en complicadas espirales, anulares, elípticas, y de tan estraños é irregulares contornos, que algunas de ellas se parecen en su forma general á la raiz de una planta. La luz de estas masas nebulosas es, sin embargo, de un resplandor muy débil, lo cual demuestra que, si como se cree, están formados de multitud de estrellas, su distancia debe ser prodigiosa, tardando millares de años su luz en llegar hasta nosotros.

Pero entre todos los agrupamientos de estrellas y de nebulosas que pueblan el espacio, ninguna de tan sorprendente apariencia y de tanta importancia para nosotros como la *Via lactea*. Zona brillante, pero irregular en el sentido de su anchura, cuyo contorno varía de una manera difícil de describir, debe su claridad á la aglomeracion de un número incalculable de estrellas, que acumuladas en esa estrecha faja, dan á esta zona el aspecto de una nebulosidad blanquecina, de análoga apariencia á las demás de su clase.

Esta brillante zona, que divide la esfera celeste en dos partes casi iguales, es considerada por algunos sábios astrónomos como la *Via lactea* de nuestro sistema; toda vez que se cree pertenezca el sol, con todos los planetas que le rodean á este inmenso agrupamiento: así como si hubiese habitantes en algunos globos de otras nebulosas, tendrán tambien su Via lactea, formada por las lejanas estrellas de su nebulosidad.

Pero investigaciones son estas de difícil estudio, y que salen demasiado de la índole de este trabajo, para que podamos detenernos en ellas.

Su indicacion, sin embargo, así como todas las teorías que hemos ido examinando, producen en nuestro espíritu dos sentimientos distintos, y que son, sin embargo, consecuencia el uno del otro: el sentimiento de nuestra pequeñez, átomos vivientes de un punto casi imperceptible en esa finita infinidad de mundos, y un sentimiento de admiracion inesplicable al Dios sábio, poderoso, inmenso, único principio y fin de todas las cosas, que con su sola voluntad sembró esa prodigiosa creacion en los insondables senos del vacío.

APÉNDICE II.

Tablas de medidas itinerarias usadas en Geografía, y de la correspondencia de las itinerarias, superficiales y lineales españolas con las métricas.

TABLA I.

Medidas itinerarias seguidas por diferentes paises con aplicacion á la Geografía.

Nombre del país ó nacion por órden alfabético.	Nombre de las medidas itinerarias usadas en cada uno de estos paises.	Número de cada una de estas medidas que entran en un grado.	Piés castellanos que tienen cada una de estas medidas.
Alemania.	Milla geográfica.	15.	26.666 2/3
	Id. del Rhin.	17 7/10	22.540
Austria.	Id. austriaca.	14 233/360	27.249
Dinamarca.	Milla.	14 2/3	27.272
España.	Legua legal.	20.	20.000
	Id. de camino real.	16 2/3	24.000
	Id. comun.	17 1/7	22.857
	Miriámetro.	11 1/9	36.000
	Kilómetro.	111 1/9	3.600

Francia.	Legua comun.	25.	16.000
	Id. de posta..	$28\frac{7}{13}$.	14.000
	Miriámetro.	$11\frac{1}{8}$.	36.000
	Kilómetro.	$111\frac{1}{4}$.	3.600
China.	—Li.	194.	2.062
India.	—Coss.	$42\frac{3}{4}$.	9.356
Inglaterra.	Milla marina.	60.	$6.666\frac{2}{3}$
	Id. legal.	$69\frac{1}{3}$.	5.760
	Id. comun.	73.	5.466
Milan.	Milla.	67.	5.970
Nápoles.	Lega.	$57\frac{3}{4}$.	$6.932\frac{1}{2}\frac{1}{3}$
Portugal.	Legua comun.	18.	$22.222\frac{2}{9}$
Prusia.	Milla.	$14\frac{3}{4}$.	27.354
Roma.	Lega.	$74\frac{2}{3}$.	5.355
Rusia.	Wersta.	$104\frac{1}{4}$.	3.837
Sajonia.	Milla.	$12\frac{1}{3}$.	32.441
Suecia.	Milla.	$10\frac{2}{3}$.	37.500
Turquía.	Berri.	$66\frac{2}{3}$.	6.000

TABLA II.

Medidas itinerarias antiguas.

Nombre por su procedencia.	Número de ellas que entran en un grado.	Piés castellanos que contienen.
Parasange persa.	22½	17.777
Berath hebreo..	100	4.000
Stadio griego.	604¾	661½
Milla romana.	75⅔	5.292

TABLA III.

Leguas en kilómetros y en miriámetros, y vice-versa (1).

LEGUAS EN KILÓMETROS.		LEGUAS EN MIRIÁMETROS.		KILÓMETROS EN LEGUAS.		MIRIÁMETROS EN LEGUAS.	
Leguas.	Kilómetros.	Leguas.	Miriámetros.	Kilómetros.	Leguas.	Miriámetros.	Leguas.
1	5,556	1	0,5556	1	0,18	1	1,8
2	11,111	2	1,1111	2	0,36	2	3,6
3	16,667	3	1,6667	3	0,54	3	5,4
4	22,222	4	2,2222	4	0,72	4	7,2
5	27,778	5	2,7778	5	0,90	5	9,0
6	33,333	6	3,3333	6	1,08	6	10,8
7	38,889	7	3,8889	7	1,26	7	12,6
8	44,444	8	4,4444	8	1,44	8	14,4
9	50,000	9	5,0000	9	1,62	9	16,2
10	55,556	10	5,5556	10	1,80	10	18,0

(1) Para el uso de esta y las siguientes tablas, téngase presente el sistema métrico-decimal, á fin de apreciar debidamente el valor de la coma que usamos en ellas. Con estas reducciones, que comprenden 10 unidades, se pueden hacer todas las que se quieran, aplicando á los casos que ocurran las reglas de dicho sistema decimal.

TABLA IV.

Leguas cuadradas en kilómetros y miriámetros cuadrados, y vice-versa.

Leguas cuadradas en kilómetros cuadrados.		Leguas cuadradas en miriámetros cuadrados.		Kilómetros cuadrados en leguas cuadradas.		Miriámetros cuadrados en leguas cuadradas.	
Leg. cuad.	Kilóm. cuad.	Leg. cuad.	Miriá. cuad.	Kilóm. cuad.	Leg. cuad.	Miriá. cuad.	Leg. cuad.
1	30,86	1	0,3086	1	0,0324	1	3,24
2	61,73	2	0,6173	2	0,0648	2	6,48
3	92,59	3	0,9259	3	0,0972	3	9,72
4	123,45	4	1,2345	4	0,1296	4	12,96
5	154,31	5	1,5431	5	0,1620	5	16,20
6	185,18	6	1,8518	6	0,1944	6	19,44
7	216,04	7	2,1664	7	0,2268	7	22,68
8	246,90	8	2,4690	8	0,2592	8	25,92
9	277,76	9	2,7776	9	0,2916	9	29,16
10	308,62	10	3,0862	10	0,3240	10	32,40

TABLA V.

Medidas lineales españolas de varas y piés en su relacion con las métricas.

VARAS Á METROS.		PIÉS Á METROS.		MÉTROS Á VARAS.		METROS Á PIÉS.	
Varas.	Metros.	Piés.	Metros.	Metros.	Varas.	Metros.	Piés.
1	0,83591	1	0,27864	1	1,19631	1	3,58892
2	1,67181	2	0,55727	2	2,39261	2	7,17784
3	2,50772	3	0,83591	3	3,58892	3	10,76676
4	3,34362	4	1,11454	4	4,78523	4	14,35568
5	4,17953	5	1,39318	5	5,98154	5	17,94461
6	5,01543	6	1,67181	6	7,17784	6	21,53353
7	5,85134	7	1,95045	7	8,37415	7	25,12245
8	6,68724	8	2,22908	8	9,57046	9	28,71137
9	7,52315	9	2,50772	9	10,76676	8	32,30029
10	8,35906	10	2,78635	10	11,90307	10	35,88921

TABLA VI.

Pulgadas y líneas españolas en decímetros y centímetros, y vice-versa.

PULGADAS EN decímetros.		LINEAS EN centímetros.		DECIMETROS EN pulgadas.		CENTIMETROS EN líneas.	
Pulgadas.	Decímetros.	Líneas.	Centímetros.	Decímetros.	Pulgadas.	Centímetros.	Líneas.
1	0,2322	1	0,193	1	4,3067	1	5,168
2	0,4644	2	0,387	2	8,6134	2	10,336
3	0,6966	3	0,580	3	12,9201	3	15,504
4	0,9288	4	0,774	4	17,2268	4	20,672
5	1,1610	5	0,967	5	21,5335	5	25,840
6	1,3932	6	1,161	6	25,8402	6	31,008
7	1,6254	7	1,354	7	30,1469	7	36,176
8	1,8576	8	1,548	8	34,4536	8	41,344
9	2,0898	8	1,741	9	38,7603	9	46,512
10	2,3220	10	1,935	10	43,0671	10	51,680

INDICE.

Págs.

DEDICATORIA.

ADVERTENCIA PRELIMINAR. VII

CAPITULO I.—Definicion de la ciencia.—Deslinde de sus límites, en comparacion con otros estudios que con ella tienen analogía. 11

CAPITULO II.—Aspecto general del firmamento.—Primera division de los cuerpos celestes.—Soles.—Planetas.—Inexactitud de las denominaciones que á unos y otros se han dado.—Sistema planetario.—Diferentes hipótesis acerca de él. 13

CAPITULO III.—Fuerzas opuestas de atraccion y repulsion.—Movimientos de rotacion y de traslacion.—Estado primitivo de todo el sistema.—Enfriamientos sucesivos y graduales.—Formacion de zonas.—Centros de condensacion.—Definitiva formacion de los planetas.—Esperimento para comprender esta teoría. . . 17

CAPITULO IV.—Mundo solar.—Cuerpos celestes que lo constituyen, y cuya reunion forma el sistema planetario á que pertenece la tierra.—Sol.—Planetas.—Satélites.—Luz zodiacal.—Cometas.—Orbitas.—Ecliptica.—Aphelio.—Perihelio.—Perigeo.—Apogeo.—Conjuncion.—Oposicion.—Ampliacion de algunas teorías del sistema. 25

CAPITULO V.—Del sol.—Su forma.—Su diámetro.—Su volúmen.—Sus dimensiones aparentes.—Causa de ellas.—Manchas solares.—Movimientos del Sol.—Orígen de la luz y calor solar.—Su intensidad. . . . 33

CAPITULO VI.—De la Luna.—Su opacidad.—Su luz.—Su intensidad.—Dimensiones de la Luna.—Su distancia media á la tierra.—Su forma.—Su constitucion

Págs.

física.—Sus movimientos.—Consecuencia de ellos.—Fases lunares.—Tiempo que tarda la Luna en recorrer su órbita.—Mes lunar ó sinódico.—Ciclos.—Aureo número.—Epacta.—Problemas de Geografía astronómica deducidos de las anteriores nociones. 39
CAPITULO VII.—La tierra.—Su forma.—Pruebas de ella.—Dimensiones de nuestro planeta. 49
CAPITULO VIII.—Rotacion de la tierra.—Dia y noche.—Dia sideral y dia solar.—Viveza de rotacion en las diversas latitudes.—Diferencias de la salida y postura del sol.—Circulo de iluminacion.—Crepúsculos.—Diferente duracion de los dias y noches. 57
CAPITULO IX.—Movimiento de traslacion de la tierra.—Su órbita.—Forma de ella.—Tiempo que tarda en recorrerla.—Diferencias que resultan á consecuencia del movimiento de traslacion, entre el dia sideral y el dia solar.—Estaciones.—Inclinacion del eje de la tierra.—Su paralelismo.—Equinoccios.—Solsticios.—Ampliacion y consecuencia de estas teorías.—Eclíptica.—Sus constelaciones y signos de ellas.—Año bisiesto.—Precision de los equinoccios. 62
CAPITULO X.—De los eclipses.—Su definicion.—Sus causas.—Teoría general de los mismos.—Eclipses de Sol.—Sus divisiones.—Eclipses de Luna.—Sus diversas clases.—Esplicacion de cada uno de ellos.—Fenómenos que alguna vez tienen lugar en los eclipses.—Reproduccion periódica de los mismos.—Division de los discos en dígitos. 76
CAPITULO XI.—Medios de representar gráficamente para su aplicacion á la Geografía, varias de las teorías esplicadas.—Esfera armilar.—Círculos de que se compone.—Esplicacion de cada uno de ellos. 90
CAPITULO XII.—Punto del firmamento, en que se determina y fija el eje del mundo.—Estrella polar.—Su grande importancia.—Lugar del cielo en que se halla.—Modo de encontrarla fácilmente en el firmamento.—Constelacion á que corresponde.—Instrumento para señalar la situacion de los pueblos con relacion á los

Pág.

puntos cardinales, y la direccion en los viajes marítimos.—La brújula.—Declinacion de la brújula.—Línea ó eje magnético. 99
CAPITULO XIII.—Círculos paralelos.—Sus grados.—Correspondencia de tiempo con los grados de paralelo.—Tabla de disminucion de los mismos.—Meridianos.—Diversidad de los meridianos.—Sus causas.—Sus consecuencias.—Ecuacion del tiempo.—Tiempo medio. 104
CAPITULO XIV.—Longitudes y latitudes geográficas.—Longitud oriental.—Longitud occidental.—Diferente manera de contar los grados de longitud.—Objeto principal del estudio de las longitudes.—Latitudes.—Latitud norte ó boreal.—Idem sur ó austral.—Objeto de las latitudes.—Deducciones. 112
CAPITULO XV.—Diferentes medios para determinar las longitudes y latitudes geográficas. 116
CAPITULO XVI.—Reduccion de longitudes de uno á otro meridiano. 122
CAPITULO XVII.—Divisiones astronómicas de la tierra.—Zonas.—Climas.—Su variedad, latitud y estension.—Division de la tierra con respecto á sus habitantes.—Esfera recta.—Esfera oblícua.—Esfera paralela.—Periecos.—Antecos.—Antípodas.—Ascios.—Anfiscios.—Heteroscios.—Periscios. 126
CAPITULO XVIII.—Globo terrestre artificial.—Su descripcion.—Sus diferentes usos.—Problemas geográficos que con el mismo se resuelven. 134
CAPITULO XIX.—Mapas ó cartas geográficas.—Su division.—Proyecciones.—Sus diferentes clases.—Formacion de las cartas. 145
CAPITULO XX.—Reglas para situar los pueblos en las cartas.—Uso de las mismas.—Problemas que con ellas pueden resolverse. 158
APÉNDICE primero. 165
— segundo. 174