



1896

ASTRONOMIA

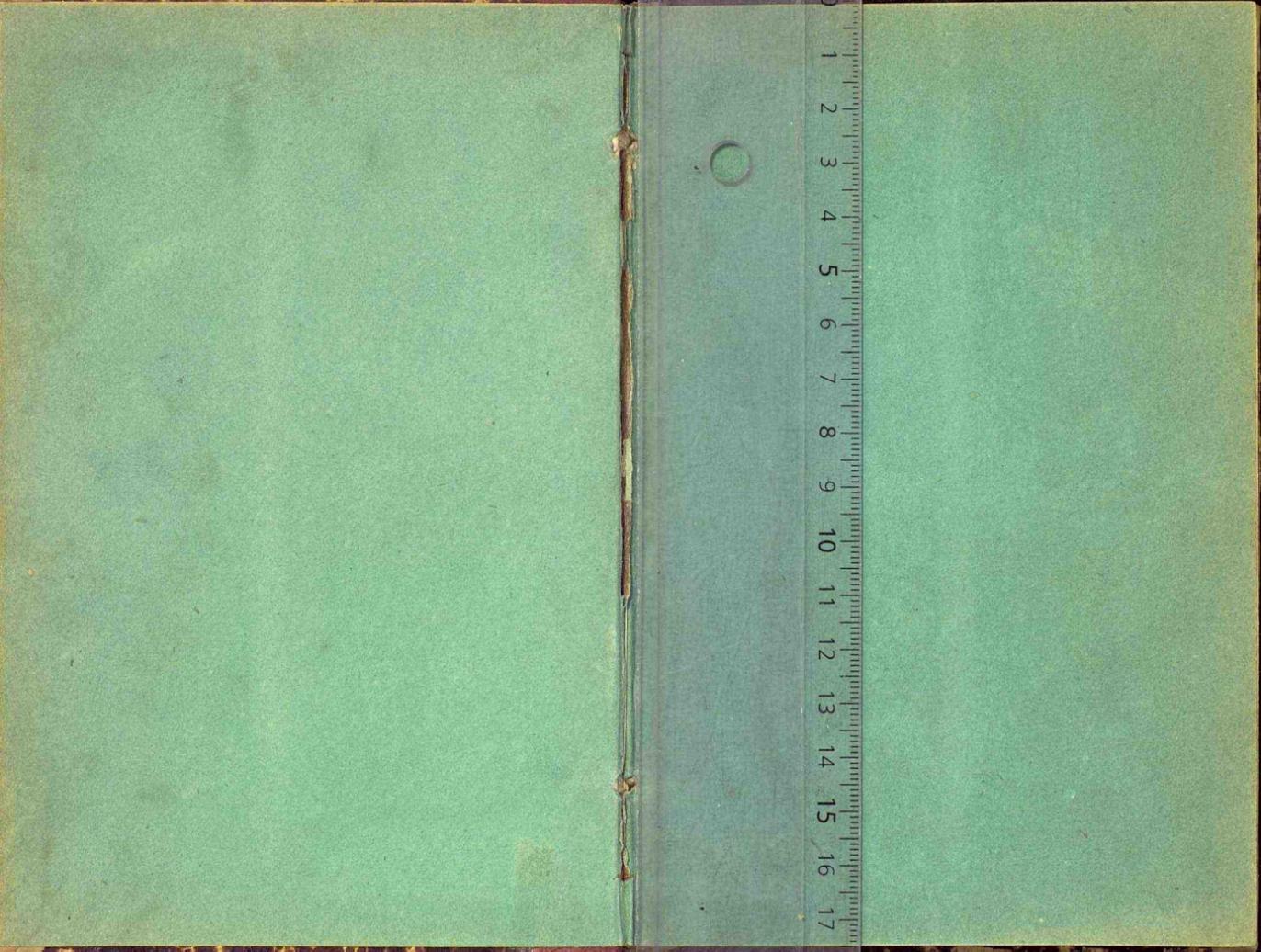


J. D.

E

B
3
337





~~523~~

~~FLA~~

~~que~~

¿QUÉ ES EL CIELO?

BIBLIOTECA HOSPITAL REAL
GRANADA

Sala: B

Estante: 3

Número: 382

R. 4 LC

B-1

¿QUÉ ES EL CIELO?



(ASTRONOMÍA POPULAR)

POR

CAMILO FLAMMARION

VERSIÓN DE

EDUARDO E. GARCÍA



MADRID

BIBLIOTECA DE «LA IRRADIACIÓN»

Barrio de Doña Carlota.

1896



Es propiedad del traductor, quien se reserva todos los derechos.

I

EL CIELO

¿Qué es el Cielo?

¿El Cielo? podríamos responder antes de pasar más adelante, el cielo es *todo*.

Sí, el Cielo es cuanto existe: es el inmenso espacio que encierra todo; es el ejército de estrellas de las que cada una es un Sol; es el sistema del mundo; es Júpiter, Saturno, Marte; es la estrella del Pastor, que irradia en el crepúsculo; es la Luna que vierte su silenciosa luz; es el Sol que ilumina, calienta, electriza y fecunda las plantas; es la Tierra misma, la Tierra en que estamos, pues la Tierra es un planeta del sistema del mundo, y también un astro del Cielo.

Luego el Cielo es la creación entera.

Ocuparnos un instante del Cielo es ocuparnos de la realidad absoluta, de la Tierra, del Sol, de las estaciones, de los climas, del calen-

dario, de los días y de las noches, de los meses y de los años, del presente, del pasado y del porvenir; porque para la Astronomía el tiempo no existe; se extiende sobre el porvenir como sobre el pasado; tiene en sus manos el principio y el fin del mundo; es la ciencia del infinito y de la eternidad.

Pero no vamos por esto á perdernos en las profundidades insondables de la inmensidad, ni tampoco pretendemos exponer un curso completo de los innumerables descubrimientos que desde millones de años han hecho de la Astronomía la primera, la más vasta y la más positiva de todas las ciencias, al mismo tiempo que la más seductora, la más viva y la más práctica. Cien volúmenes como este no son suficientes para escribir la historia descriptiva de la Astronomía. No. Nuestra ambición es más modesta. Queremos únicamente resumir en lectura fácil, libre de matemáticas y accesible á todas las inteligencias ávidas de instruirse, el conjunto de los descubrimientos, componiendo un pequeño libro, redactado en estilo sencillo, y que sea como la novela del Cielo.

Solamente que, á la inversa de las novelas ordinarias, esta será moral, instructiva y elevada *¡Sursum corda!* Ella nos mostrará la as-

censión del espíritu humano elevándose hasta las alturas más sublimes que la humanidad haya alcanzado jamás. No encontraremos en ella dramas, travesuras, orgías, corrupciones, infamias políticas, perfidias de amor, robos escandalosos, venganzas, duelos, crímenes, asesinatos, ni cadalsos; ni tampoco ejércitos, cañones, fusiles, obuses, ni campos de batalla cubiertos de muertos y heridos.

Aquí todo es calma, armonía, tranquilidad; todo se mueve según leyes grandiosas; todo marcha en plena luz, regido por la universal atracción. Nada hay vil, nada bajo ni nada vulgar. En vez de sumergirnos en el fango, la novela del Cielo nos transporta á la atmósfera pura de las sanas regiones, sobre las cimas elevadas y luminosas desde donde se contemplan panoramas inmensos. Esta es la verdadera realidad. Cuando queremos conocer un edificio, el Partenón de Atenas, el Coliseo de San Pedro en Roma, Nuestra Señora de París, el Louvre, el Parlamento de Londres ó el palacio de los Dux, de Venecia, nos situamos de manera de poder contemplar el conjunto, iluminado por una buena luz; y no es visitando los albañales como nos imaginaremos haber comprendido la grandeza y la belleza del edificio.

Tal es el objeto de la Astronomía y de este pequeño libro: dar á conocer el Universo en su grandeza y en su belleza.

Esta obra está escrita para los niños y las señoras. Un astrónomo célebre, al cual se debe el primer gran catálogo de estrellas que se ha formado y el primer gran Tratado de Astronomía práctica, el astrónomo francés Lalande, no ha creído descender de su pedestal haciéndose entender por todo el mundo y escribiendo, entre otras obras, un encantador opúsculo aun más pequeño que éste, que tiene por título *Astronomía de Señoras* (1784). Fontenelle le había precedido y Arago le ha seguido, uno y otro secretarios perpetuos de la Academia de Ciencias. Partiendo de Fontenelle y del público, para quien su libro fué escrito, Lalande añade:

«Hubiera podido suceder que buscando un medio por el que la Astronomía convenciera á todo el mundo, nos encontráramos con que no habíamos convencido á nadie. Pero nosotros olvidaremos totalmente á los sabios para ocuparnos únicamente de las señoras.»

Este será también el plan de este pequeño libro: no lo escribimos para los sabios.

¿Por qué astro comenzaremos esta descripción general del Cielo?

Por el que habitamos.

Y la razón es obvia: porque en definitiva nos interesa más que los otros, y, además, desde él vemos todo el Universo. Comenzaremos, pues, la descripción del Universo por el lugar en que moramos; pero antes daremos cuenta de la importancia y grandeza de la ciencia astronómica.

LA ASTRONOMÍA

La Astronomía es la ciencia del universo.

El universo se compone de todo lo que existe. La Tierra que habitamos, el Sol, la Luna, los planetas, las estrellas, los cometas; en una palabra, todas las cosas existentes constituyen el universo y forman el objeto de la Astronomía. En otro tiempo, cuando se ignoraba la realidad, y que, bajo la vulgar ilusión de los sentidos, se creía que la Tierra estaba fija en el centro del mundo, base y objeto de la creación entera, la Astronomía podía ser considerada como una ciencia que sólo se ocupaba de las cosas de arriba, y casi inútil á los que querían limitarse á lo tangible y positivo. Pero hoy, que se ha demostrado que la Tierra no está fija en el centro del universo, y que es, al contrario, un astro como la Luna, que gira alrededor del

Sol, bogando en el espacio, aislada en el vacío, sin apoyo ni sostén de ninguna clase; hoy, que se ha demostrado que este globo sobre el que marchamos es sencillamente el tercer planeta del sistema solar en el orden de distancias al Sol, que los otros planetas son tierras como la nuestra y que nuestro mundo sólo es, en una palabra, uno de los innumerables astros que pueblan la inmensidad, la Astronomía ha llegado á ser también la ciencia de la Tierra y la base de todas las ciencias que se ocupan de la Tierra y de la humanidad.

En efecto, ella sola puede enseñarnos dónde estamos, decirnos sobre qué marchamos, mostrarnos cómo esta bola giratoria se sostiene en el espacio, por qué combinaciones tenemos años, estaciones, días y noches; en fin, nos hace conocer el verdadero lugar que ocupamos en la Naturaleza; en ella se funda la navegación; es la que nos ha dado á conocer la verdadera forma del globo terrestre, la Geografía; gracias á la Astronomía, todos los pueblos de la Tierra están al presente en comunicación los unos con los otros, cambian sus productos y sus ideas y marchan unidos á la conquista del progreso; ella nos instruye á la vez acerca de la Tierra y sobre el Cielo; sin ella viviríamos como los ciegos, como animales,

como plantas, sin experimentar la pena (ó, por mejor decir, el placer) de darnos cuenta de nuestra posición y de ver exactamente lo que somos.

He aquí la verdad escueta. ¿No es inconcebible que en la actualidad haya aún hasta el 99 por 100 de seres humanos que ignoren esta ciencia, permaneciendo en esa indiferencia vegetal, viviendo toda su vida sin pensar un solo instante en averiguar dónde están? ¿No es vergonzoso que la mayoría de los que se titulan profesores de la juventud, en vez de enseñar á los niños nociones elementales de la ciencia del universo para guiarles por el camino de la rectitud y de la realidad, embotan su imaginación y llenan sus cabezas de inútiles historias y funestos errores, de los que les costará trabajo desembarazarse cuando lleguen á la edad en que se razona? Es muy difícil justificar tal estado de cosas.

Y sin embargo, no sería tarea pesada, sino obra agradable y útil, dar á la juventud, desde los comienzos de su educación, nociones tan importantes. Pero, ante todo, precisa que los encargados de dar educación á la juventud estén convencidos de la importancia del estudio, aunque sea elemental, de la Astronomía, y de la utilidad de este conocimiento para

nuestro modo de proceder en la vida. Por el interés y por lo agradable de estas enseñanzas es como inculcarán sus convicciones en el alma de los niños que les están confiados, pues deleitándoles es como se les instruye mejor. Nada hay tan agradable y distraído como la Astronomía descriptiva elemental, aunque nada, quizá, sea tan arduo y serio como la práctica de esta ciencia.

¿Hay algo más interesante para el novel padre de familia, para la joven madre ó para el preceptor, que el mostrar al niño las más brillantes estrellas del Cielo en una bella noche de estío y hasta de invierno; enseñarle á reconocer inmediatamente las siete célebres estrellas del Carro, á encontrar la estrella polar por medio de una sencilla alineación y á orientarse exactamente, de tal modo, que más tarde, al caminar en una noche oscura, sepa hacerlo sin gran trabajo? ¿No es sencillo aprender de memoria los nombres de las constelaciones y de las 20 estrellas más brillantes, reconocer el Zodiaco y encontrar en el Cielo el camino que parece recorrer el Sol á causa del movimiento anual de la Tierra alrededor de él? ¿Hay algo más sencillo que ver las estrellas salir por Oriente, llegar á su punto de culminación, que representa el Sur y el Meridiano del lugar

de observación, verlas descender á Occidente y reflejar el movimiento diurno de la Tierra, al cual son debidas todas estas apariencias? ¿No es interesante buscar los planetas que se mueven á lo largo del Zodiaco y, con ayuda de un pequeño antejo, ver los satélites de Júpiter, el anillo de Saturno, las fases de Venus? ¿No son agradables las horas que se consagran á examinar con el auxilio de un telescopio, aunque sea de poco poder, las extrañas escotaduras producidas en el borde de la Luna por la luz solar en la época del primer cuarto, que parecen entonces como de plata fluida en el azul celeste; irregularidades luminosas que pronto deducimos su forma y la causa, y que nos transportan á los trastornados terrenos de ese vecino mundo? Se distinguen profundos y blancos cráteres llenos de sombra, inmensos circos con taludes desmantelados y vastas llanuras iluminadas oblicuamente por el astro del día, presentando el aspecto de sábanas de terciopelo gris. Poco á poco la luz se eleva, y se asiste á la salida del Sol sobre aquellos lejanos Alpes, á su elevación de hora en hora y á la iluminación sucesiva de los diversos meridianos lunares. Si no se tiene telescopio, á simple vista podemos observar la luz cenicienta en el interior del cre-

ciente lunar durante los primeros días de la lunación, y nos servirá para explicarnos la causa de esta claridad secundaria, que no es otra que la luz que nuestra Tierra recibe del Sol y refleja en el espacio; también deduciremos inmediatamente cuáles son las comarcas de la Tierra que están vueltas hacia la Luna y la envían su claridad.

Debe aprovecharse todos los eclipses de Sol y de Luna para formarse idea del movimiento de ésta alrededor de la Tierra y del cono de sombra que acompaña á todo globo iluminado. Para el que quiera instruirse, todo es objeto de curiosidad y de explicación, sobre todo para el niño, á quien las impresiones son nuevas, frescas y fijan en su cerebro huellas indelebles.

El movimiento de la Tierra, la inclinación de su eje, la causa productora de las estaciones, la variación de la duración del día y de la noche, el cambio de altura del Sol, pueden explicarse muy fácilmente sobre un globo terrestre inclinado, cual debe estarlo, y tal método de enseñanza, que entra por los ojos, tiene, además de librar inmediatamente al espíritu del error de los sentidos y de la ilusión vulgar que nos hace nacer y crecer en la convicción de la inmovilidad de la Tierra en el

fondo del mundo, pues nos enseña el aislamiento del globo terrestre en el espacio, su situación con relación al Sol y la manera de girar para presentar sucesivamente todos sus meridianos al astro radiante, produciendo la sucesión de días, noches, estaciones y años. Algunos cuadros claros y precisos, y sencillas experiencias bien comprendidas, pueden ser más útiles al progreso del discípulo que largas lecciones con frecuencia fastidiosas. De las lecturas que se hagan en alta voz, las más provechosas son las que se refieren á la Naturaleza, á la grandeza del universo, á la bondad del Cielo, á la organización de los mundos, vastos y nobles conceptos que elevan al alma al mismo tiempo que engrandecen al espíritu.

La Astronomía es la primera de las ciencias. Es la primera, por la importancia de su enseñanza, que debe ser la base de toda ciencia y de toda filosofía; la primera, por la grandeza y la dignidad de su objeto, que abraza el universo entero; la primera, por su antigüedad secular, pues su origen se confunde en el de la Historia y en el de la humanidad misma.

Antes de haberse inventado la escritura y comenzado la Historia, los hombres observaban ya el Cielo, buscaban y sorprendían las

causas de los acontecimientos, de las estaciones, de las variaciones de la naturaleza terrestre; sentaban las bases de una medida elemental del tiempo, de un calendario primordial; se ingeniaban en fijar por la reproducción de los fenómenos celestes las fechas de los trabajos, de las fiestas, de los actos principales de la vida; seguían el curso del Sol, de la Luna, de las estrellas, que les representaban manifestaciones visibles de la causa invisible que mueve el mundo; señalaban á los planetas brillantes, que se destacan del ejército de las estrellas fijas, saludando en sus movimientos y en sus coincidencias con los hechos de la naturaleza terrestre, los actos misteriosos de los jefes celestes, divinidades secundarias que ponían en juego las leyes del Destino; establecían inconscientemente los primeros jalones del origen de todos los cultos, comenzando la religión al mismo tiempo que la ciencia; buscaban puntos de referencia entre las estrellas para guiarse en la navegación y en los viajes de emigración á través de los desiertos, y en fin, trazaban las primeras cartas celestes, formaban las constelaciones é inscribían sobre tablillas imperecederas los hechos que querían grabar en su memoria y conservarlos á los siglos futuros.

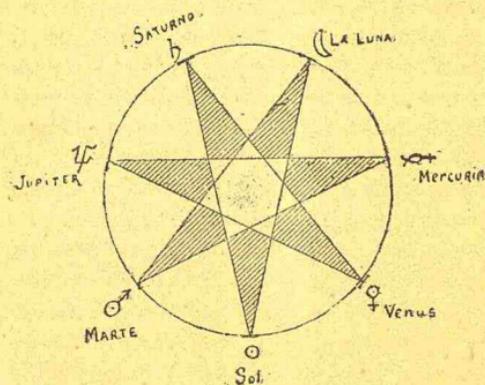
La sublime ciencia astronómica tuvo su origen bajo el bello cielo de Oriente, extendiéndose después por China, Caldea, Fenicia, Egipto, Grecia, Italia y sucesivamente por todas las partes del mundo conquistadas por el espíritu humano. Los primeros astrónomos fueron los pastores del Himalaya, que apacentaban sus rebaños en medio de esas elevadas planicies del Asia Central, á las que corona un cielo admirable, en el seno de esas noches límpidas y silenciosas en que el alma del pastor, como la del filósofo, se siente extasiada de admiración. La multitud de estrellas, su carrera uniforme y majestuosa, la luz esplendorosa de las más brillantes, la suave blancura de la vía lactea, la estrella fugaz que parece destacarse de los Cielos, el profundo silencio de la Naturaleza recogida; después el Oriente que palidece, la aurora que se anuncia, Venus, la estrella del Pastor, que queda la última y la sinfonía grandiosa de la salida del Sol, que vislumbra con su gloria y con su esplendor; todos estos aspectos forman una cadena de cuadros, una sucesión de escenas dignas de rodear la cuna de la más bella y la más vasta de las ciencias.

Es imposible fijar, ni aun aproximadamente, la fecha de los títulos de nobleza de la

Astronomía: su antigüedad se remonta á miles de años, y hay tanto fundamento en atribuirse 15 ó 20000 años á las observaciones astronómicas, de las cuales existen vestigios en los libros sagrados de los Vedas de la India, en los ladrillos de la Caldea, en los monumentos de piedra del Egipto, como datarlas solamente de 6 á 10000 años. Antiguamente no se escribía, y los hechos históricos se transmitían sólo por la tradición, con frecuencia bajo la forma de canciones populares, análogas á las rapsodias conservadas bajo los nombres de Hesiodo y Homero. Una de las más antiguas reliquias de la Astronomía primitiva, que permanece intacta hoy, es la denominación de los siete días de la semana por los nombres de los siete astros principales de los antiguos: el Sol, la Luna, Marte, Mercurio, Júpiter, Venus y Saturno (1), consagración

(1) Trazando (v. figura) una estrella de siete puntas y escribiendo al frente de cada una de éstas los siete astros principales conocidos por los antiguos, en el orden de la duración de sus movimientos y distancias entonces adoptadas, la Luna, Mercurio, Venus, el Sol, Marte, Júpiter y Saturno, se construye la antigua rueda astrológica. Las cuerdas trazadas uniendo estos diversos puntos, marcan los días de la semana en su orden: *Lunæ Dies, Martii Dies, Mercuri Dies, Jovis*

que estaba en uso en Babilonia hace 4 ó 5000 años, pues en las excavaciones hechas en Nínive, en las minas del Palacio de Sardanápalo, se han encontrado tablillas escritas en lengua acadiana^a (anterior á la de los Babilonios), con-



Origen astronómico de los días de la semana.

servando estas denominaciones, y así como varias observaciones astronómicas hechas en época tan remota. Entonces ya había observadores oficiales, cursos de Astronomía y Bibliotecas públicas, como hoy día. Lo mismo

Dies, Saturni Dies y *Solis Dies*, que después del Cristianismo se ha llamado día del Señor, *Dies Dominica*.

sucedía en China en aquella época. Los anales del Celeste Imperio nos citan al legislador Fou-Hi, que estableció la enseñanza de la Astronomía sobre amplia base, 2850 años antes de nuestra era, y al Emperador Hoang-Ti, que fundó un magnífico observatorio en 2608, regularizando el calendario y observando la estrella Polar, que era entonces la alfa de la constelación Dragón; también se sabe que en el año 2169 antes de Jesucristo se observó en China un eclipse total de Sol, sin que fuera predicho, y que costó la vida al Director del Observatorio, porque la Astrología estaba entonces ligada á la política. Ya había, pues, en esta época, oficina de cálculos para predecir los fenómenos celestes, y estos habían sido observados desde muchos siglos antes, puesto que se conocía, al menos aproximadamente, las leyes de sus retornos y de sus periodicidades. Todo esto nos da por lo menos un mínimun de 5000 años para origen de las observaciones astronómicas.

La estrella entonces Polar, alfa de Dragón, parece haber jugado un papel importante en la construcción de las pirámides, pues de las nueve pirámides de Egipto, seis tienen galerías rectas abiertas al Norte y practicadas en declive hacia el interior, con una inclinación

que varía de 26 á 28° y en la dirección del plano Meridiano, de tal modo que un observador colocado en el fondo de estas galerías debía ver precisamente la estrella Polar á su paso inferior por el meridiano; la gran pirámide fué construída hace cuarenta siglos, en el año 2113 antes de nuestra era. Poseemos observaciones de eclipses hechas en Egipto desde el año 2720 antes de Jesucristo, y observaciones de la estrella alfa de la Hidra, que datan del año 2306.

Por otra parte, el Zodiaco parece haber sido fijado en la época en que el equinoccio de Primavera llegaba á los últimos grados de la constelación Tauro, hacia la estrella Aldebaran, pues el Tauro está representado en todas las antiguas canciones astrognósticas como «abriendo el año con sus cuernos de oro». Ahora bien, el equinoccio no ha podido corresponder á los últimos grados del Tauro, en virtud de la precesión de los equinoccios, sino hacia el año 4000 á 4500 antes de nuestra era, y esta fecha coincide con la forma y posición de los antiguos Zodiacos. La formación primitiva de la esfera celeste sin nombres, por simples alineaciones, el reconocimiento del camino de la Luna, del Sol y de los planetas á través del Cielo, y el primer dibujo del Zodiaco,

han sido ciertamente muy anteriores á las observaciones precisas de los retornos planetarios, á las denominaciones de los astros y á los cálculos de los eclipses, que datan de más de 5000 años. La formación de nuestro actual Zodiaco, hace más de 6000 años, indica, pues, en alguna manera, la más modesta fecha que podemos dar á la antigüedad de la ciencia que vamos á bosquejar aquí, su grandeza é importancia.

Mucho tiempo después, hace aproximadamente unos 3000 años, los fenicios, en el apogeo de su poder, organizaron la Astronomía, ó por mejor decir, la Astrología en verdadero culto. Heliópolis era, desde la más remota antigüedad, célebre por el culto venerado al Sol, que le había dado su nombre. El Hércules de Tiro era su símbolo. El culto de la Luna y el del Sol fueron inseparables, y las lunas nuevas (Neomemias) señalaban las fiestas solemnes. Venus, Mercurio, Marte, Júpiter y Saturno, eran también otras tantas divinidades adoradas. Los fenicios se guiaban en el mar por la Osa menor, que llamaban *Cynosura* (cola del perro), mientras que la Osa mayor, llamada por los griegos *Hélice*, servía de guía á éstos.

Los hebreos han citado en su Biblia: la Osa

mayor, *Asch* (girante); las Pléyades, *Kimah* (deseo de la primavera que anunciaban hace 3500 años); Orión, *Kesil* (la constelación por excelencia); el Dragón, *Nakhasch*, de la cual la estrella más brillante marcaba el polo Norte, y las casas del Sol, en el Zodiaco, las *Masarotts*. Los hebreos tomaron su ciencia elemental de los Egipcios. Estos consideraban como el fundador de su Astronomía á Hermés, que vivió hacia el año 3400 antes de nuestra era. Por el año 2887 reformaron el calendario por cinco días supletorios, agregados á los 360, y varios siglos después la observación de Sirio, la más brillante estrella del Cielo, á la cual hemos conservado su nombre egipcio, se probó que el año no es exactamente de 365 días, sino de 365 y un cuarto. Las inundaciones del Nilo, cuidadosamente anotadas, avanzaban insensiblemente sobre la salida elíaca de esta estrella, cesando de poder ser predichas por ella.

Las antiguas observaciones astronómicas parece que eran escritas sobre ladrillos que cocían en seguida para conservarlos. Séneca lo dice (*Cuestiones Naturales*, IV-3) y se ha comprobado recientemente. Por desgracia, las revoluciones en los imperios, las guerras y las emigraciones ocasionaron trastornos y

con frecuencia largas lagunas en el estudio pacífico de las ciencias, y la historia nos confirma con dolor la destrucción completa de monumentos, libros y bibliotecas, dispuesta por bárbaros caudillos. Por este motivo, cuando Tolomeo escribió su *Astronomía* al principio de nuestra era, no encontró observaciones archivadas más que las de los caldeos, posteriores al establecimiento de la era de Nabonassar, que comienza el 26 de Febrero del año 747 antes de la era actual. La más antigua observación que utiliza es un eclipse de Luna acaecido el 26 año de esta era, el 19 Marzo 721 antes de J.-C. Por aquella época ya se había inventado el cálculo de Saros, período de diez y ocho años y once días, transcurrido el cual los eclipses de Sol y de Luna se repetían en el mismo orden.

La primera escuela científica de Grecia fué fundada por Thales, nacido en Milet por el año 640 antes de J.-C., enseñándose en ella las divisiones actuales de la esfera, en cinco zonas. Herodoto refiere que los eclipses eran observados y calculados, y que Thales predijo el del 30 de Septiembre del año 610, que ocurrió precisamente en el momento de una batalla entre los Medas y los Persas, ocasionando la detención de la guerra por el espanto que in-

fundió á los dos ejércitos. Pitágoras parece que fué discípulo de Thales.

La famosa escuela de Alejandría ha proporcionado á la Astronomía una preciosa serie de observaciones, como las de Aristillus y Timocharis, hechas en el año 295 antes de nuestra era; las de Hiparco, quien, en el año 130, antes de J.-C. publicó el primer catálogo de estrellas que se ha conservado, y fundó la *Astronomía matemática*; y hasta los trabajos de Tolomeo, que publicó su *Almagesto* por el año 150 de nuestra era, obra importante, en la cual expone el estado de la Astronomía en su época y las diversas hipótesis emitidas sobre la construcción del Universo, inclinándose desgraciadamente del lado del sistema de las apariencias (aunque discute extensamente la teoría del movimiento de la Tierra), opinión que hizo darle públicamente su nombre á este sistema.

Las invasiones de los bárbaros, el trastorno de los pueblos y la noche de la Edad Media, interrumpieron los trabajos del espíritu humano y el estudio de la naturaleza. No obstante, en los países no cristianos, especialmente entre los árabes de Bagdad y del Cairo, la Astronomía continuó floreciendo desde el califa Haroun-al-Raschid (800) hasta Ulugh



Beigh, rey astrónomo (1400), hijo menor del monstruo Tamerlan, pero tan excelente como su antepasado fué horrible. En China también se estudiaba la Astronomía.

A mediados del siglo XVI de nuestra era, en el año 1543, al morir Copérnico, legó á la humanidad la Biblia de la Astronomía moderna, probando que la Tierra en que estamos no es el centro del Mundo, sino un simple planeta que gira, como los demás, alrededor del Sol. Desde esta época, es decir, desde hace más de 300 años, los trabajos progresivos de los genios ilustres que consagraron su vida á buscar la verdad, los Galileos, los Kepler, los Newton, inmortales fundadores de la Astronomía moderna; los de Cassini, Roemer, Halley, Flamsteed, Bradley, Lalande, Herschel, Laplace, Bessel, Le Verrier, y los de los astrónomos modernos de todas las naciones, han constantemente probado, verificado y demostrado la realidad del sistema de Copérnico.

Así es como á través de la larga serie de los siglos la más antigua de las ciencias ha llegado á nosotros desarrollándose, perfeccionándose, corrigiéndose sin cesar, elevando constantemente los sillares del más bello monumento que el espíritu humano ha edificado; monumento inquebrantable, de lo alto del cual contempla-

mos hoy el Universo, descubrimos la extensión del espacio, y observamos las revoluciones de los Mundos, admirando las leyes que los rigen y las fuerzas que los sostienen en el seno del eterno infinito.

NUESTRO PLANETA

Que la Tierra es una bola aislada en el espacio, no hay quien lo ignore, sobre todo desde que se ha recorrido su superficie esférica casi en todas direcciones y que *todos los viajeros pueden dar la vuelta al mundo*. Así, pues, sobre este primer punto no hay duda posible.

No está apoyada en nada. Jamás los viajeros por tierra ó por mar han encontrado sostén alguno. Durante los eclipses la sombra de la Tierra en la Luna se ve perfectamente redonda. Todos los demás cuerpos celestes, el Sol, la Luna, los Planetas, las Estrellas, son esféricos y además ¿en qué se apoyarían los pretendidos cimientos de la Tierra? Se imaginaron primero macizos pilares, después se supuso que estos pilares eran sostenidos por elefantes, luego que los elefantes se apoyaban en una inmensa tortuga....

Era la idea de la gravedad la errónea. Ahora sabemos que cualquiera que sea el lugar del globo en que estemos, tenemos los pies *abajo*, pues el *abajo* es el interior de la Tierra.

Ya no hay excusas para preguntar por el sostén del globo terrestre, puesto que sabemos que todas las direcciones de la gravedad tienden hacia el centro de aquél. El *abajo* está en el interior del globo, el *arriba* para los habitantes de la Tierra es lo que se halla por encima de sus cabezas alrededor del globo.

Debemos, pues, representarnos el globo terrestre suspendido en el espacio sin ninguna clase de soporte, como lo estaría una burbuja de jabón en el aire.

Aún se halla más aislado que la misma burbuja de jabón, puesto que ésta se apoya en realidad en las capas de aire, más pesadas que ella, en tanto que la Tierra no descansa sobre ningún fluido, sobre ninguna capa, y permanece independiente de toda clase de punto de apoyo ó de suspensión.

La historia de la Astronomía antigua nos muestra la gran ansiedad de los primeros observadores que comenzaron á concebir la realidad de tal aislamiento, y que no sabían cómo impedir la caída de este globo tan pesado. Los primeros caldeos creyeron que la

Tierra era hueca y semejante á un barco, pudiendo flotar sobre el abismo de las aguas. Algunos hombres de la antigüedad decían que descansaba sobre tornillos colocados en los polos. Otros suponían que se extendía indefinidamente debajo de nuestros pies.

Todos estos sistemas eran concebidos bajo la impresión de una falsa idea de la acción de la pesantez. Para franquear esta antigua ilusión fué preciso y bastó convencerse de que la gravedad es sólo un fenómeno constituido por la atracción de un centro. Un cuerpo no cae sino cuando la atracción de otro cuerpo más importante lo solicita. Las imágenes de *arriba* y *abajo* sólo pueden aplicarse á un sistema material determinado, en el cual la dirección de la pesantez será considerada como el *abajo*; fuera de esto nada significa. Ya podemos suponer á nuestro globo aislado en el espacio sin que pueda dar lugar á la objeción señalada más arriba, que se temía ver caer á la Tierra sin saber á dónde.

Hé aquí este globo en el espacio. Mide 12.718 kilómetros de diámetro. Siendo nuestra estatura media 165 centímetros, nuestra altura con relación al globo terrestre es menor que la de una hormiga que marchara alrededor de una bola del tamaño del Panteón. Este globo

es comparable á una bola de imán, y su atracción es la que nos une invenciblemente á su superficie.

Marchemos por la superficie de la tierra en todas direcciones. Cualquiera que sea el punto en que estemos, llamaremos siempre *abajo* la superficie del globo que tenemos bajo los pies, *arriba* el espacio situado por encima de nuestras cabezas. Podemos suponernos sucesivamente en todos los puntos del globo sin excepción: todos estos puntos serán necesariamente el *abajo* para nosotros; y el punto correspondiente del espacio sobre nuestra cabeza, será del mismo modo siempre el *arriba*, lo cual sólo es consecuencia de la posición con relación al espacio exterior. Dos observadores situados en las extremidades de un mismo diámetro tendrán el *arriba* recíprocamente opuesto; otros dos colocados en las extremidades de otro diámetro que cruce al primero en ángulo recto, tendrán el *arriba* en dos puntos perpendiculares á los primeros, y así sucesivamente. Si todo el globo estuviera cubierto de observadores, cada uno tendría el *arriba* sobre su cabeza, de donde se deduce que el espacio que le rodea será el *arriba* para el conjunto de la población del globo.

Esta es, en realidad, nuestra situación en la

superficie del globo terráqueo. En cualquier punto que habitemos llamamos cielo al espacio situado por encima de nuestra cabeza. Ahora bien; la Tierra da una vuelta sobre sí misma en veinticuatro horas. En el instante que leáis estas líneas consideraréis como cielo el espacio que miráis levantando la cabeza; á las seis horas, por el mismo procedimiento, daréis igual calificación al espacio que entonces estará sobre vuestras cabezas y que ahora forma un ángulo recto con vuestra vertical; á las doce horas llamaréis cielo al espacio que actualmente se extiende á vuestros pies, y así sucesivamente cualquiera que sea el punto del globo en que estéis.

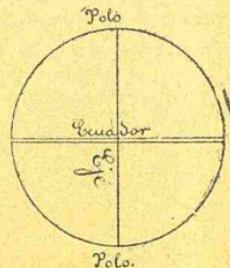
El globo terrestre está rodeado de una capa de aire, de una atmósfera cuyo espesor pasa de cien kilómetros. Esta atmósfera es azul. En ella flotan nubes á alturas diversas: estas alturas varían desde 800 metros hasta 10.000. Las nubes son las que forman, cuando el Cielo está cubierto, una apariencia de bóveda rebajada, muy poco elevada por encima de nuestras cabezas, pero que se extiende más allá del horizonte y parece apoyarse en la Tierra. Directamente por encima de nuestras cabezas esta bóveda nubosa no está en general á más de dos kilómetros, y con frecuencia sólo se ex-

tiende á 1.000 ó 1.200 metros; pero nosotros la vemos prolongarse como una plataforma hasta diez, quince y veinte kilómetros, por lo cual la forma del cielo no es esférica sino aplanaada. Cuando el cielo es puro, aún vemos la apariencia de esta bóveda (pero menos baja), puesto que el aire no es completamente transparente y extiende una especie de capa azul sobre nosotros. Si la atmósfera fuese completamente transparente ó no existiera, no habría bóveda celeste; por todos lados veríamos las estrellas en pleno día, como durante la noche, pues que están allí de día como de noche y nosotros podemos verlas al medio día con el auxilio de instrumentos astronómicos.

Se ha medido la Tierra y esta medida ha sido la que ha determinado la longitud del metro, siendo por definición la diezmillonésima parte del cuarto del meridiano terrestre. La circunferencia del globo terrestre, pasando por los polos, es de cuarenta millones de metros en números redondos. Decimos en números redondos, porque desde la época (1795) en que la medida del metro fué adoptada, los progresos de la Astronomía han demostrado que la diezmillonésima parte del cuarto de meridiano terrestre es mayor que el metro legal aproximadamente en dos décimas de milímetro.

Acabamos de hablar de los *polos*. ¿Qué se entiende por esta palabra?

Tomad una bola y hacedla girar sobre sí misma. Es imposible que una bola gire sin que haya dos puntos alrededor de los cuales se ejecute el movimiento; esto lo puede comprobar todo el mundo haciendo girar una bola cualquiera entre los dedos ó sobre una mesa.



Los polos, el eje del mundo y el Ecuador.

Estos dos puntos, diametralmente opuestos el uno al otro, se llaman *polos*. La línea que atraviesa la bola para ir de un polo al otro, se llama el *eje* del movimiento de rotación. Entre estos polos, y en medio de su intervalo, el gran círculo que divide la bola en dos hemisferios se llama *ecuador*. El lector podrá formar idea de estos tres importantes elemen-

tos (el *eje* de rotación, los *polos* y el *ecuador*) con la sola inspección de la figura.

Después de medida la Tierra, los astrónomos han querido pesarla y lo han conseguido. Han averiguado que pesa más que el agua en la proporción de 1 á 5 1/2. La Tierra pesa cinco veces y media más que pesaría un globo de agua de sus dimensiones.

Este peso equivale aproximadamente á 5.875 millares de trillones de kilogramos.

5.875 000.000 000.000.000.000

Observemos aún que el globo terrestre es casi regular, á pesar de las asperezas aparentes de las cadenas de montañas. Las más altas montañas no tienen de elevación la milésima parte del diámetro del globo, y las más grandes profundidades de la mar no exceden de esta cantidad.

Aparentemente hay diferencia entre la Tierra y los astros. La Tierra está abajo (¿siempre?), los astros se ven arriba; la Tierra no es brillante, los astros lo son; la Tierra es grande, los astros son pequeños; la Tierra es pesada, los astros parecen ligeros, etc. Todos estos razonamientos son erróneos.

La Tierra no está abajo, ya lo hemos visto: no hay arriba ni abajo en el Universo; nuestro globo está habitado por todas partes, los anti-

podas nuestros tienen los pies opuestos á los de nosotros; el abajo para nosotros es el interior del globo y es lo mismo para todos los habitantes que caminan por la superficie del planeta. El arriba para todos también es el exterior del globo, es el espacio que nos rodea; además la Tierra gira sobre sí misma, y lo que está por encima de nuestras cabezas, en el cielo, á una cierta hora, se halla á nuestros pies, y siempre en el cielo, doce horas después. Nosotros giramos con el globo, puesto que tenemos siempre los pies en su superficie, y aquél nos atrae como lo haría una bola de imán sobre pequeños seres de hierro.

La Tierra parece oscura, grande y pesada, mientras que los astros parecen brillantes, pequeños y ligeros. Estas son otras tantas apariencias. En realidad, la Tierra brilla de lejos como una estrella; envía al espacio la luz que recibe del Sol. Vista desde la Luna, presenta una superficie catorce veces más vasta, una luz catorce veces más intensa de la que recibimos durante la noche de ella. Vista desde Marte, la Tierra es una estrella brillante de la mañana y de la tarde, que produce exactamente el efecto que Venus nos presenta. Vista desde Venus y Mercurio, brilla en el cielo á la media noche, como Júpiter lo hace

para nosotros. Observada desde esta distancia, el globo terrestre presenta fases como la Luna, Venus y Mercurio. Por otro lado, estos planetas, que brillan en el cielo como estrellas, no son, sin embargo, más luminosos por sí mismos que nuestro propio globo; nosotros los vemos porque el Sol los ilumina. Los cuerpos planetarios como la Tierra, la Luna, Marte, Venus, etc., detienen esta luz que los hiere, y es por lo que son brillantes. En realidad, ni la Luna, ni Mercurio, ni Venus, ni Marte, ni Júpiter, ni Saturno, ni Urano, ni Neptuno, son más brillantes que nuestro planeta.

El cálculo prueba, además, que estos globos son también grandes como la Tierra y pesados como ella. Los unos, como la Luna, Mercurio, Marte, lo son menos; los otros, como Urano, Neptuno, Saturno y Júpiter, lo son más. Júpiter, por ejemplo, es 1.234 veces más grande que la Tierra. Sería preciso 1.234 globos terrestres reunidos en uno solo para formar uno del grueso de Júpiter. Es 310 veces más pesado que nuestro mundo, de suerte que si se pudiese colocar Júpiter en el platillo de una balanza bastante gigantesca para recibirle, se necesitaría poner sobre el otro platillo 310 Tierras para establecer el equilibrio. Las apariencias, pues, son bien engañosas. En realidad, la



La Tierra en el espacio.

Tierra que habitamos no tiene un *solo* carácter especial que la distinga de los otros mundos que pululan con ella en la armonía de los cielos.

En resumen: la primera verdad enseñada por la Astronomía, y de la que importa convenirse plenamente si se tiende á comprender la realidad de las cosas, es que *la Tierra está aislada en el espacio*, sin sostén ni punto de apoyo de ningún género, y que no hay ni arriba ni abajo, ni derecha ni izquierda, ni dirección de ninguna clase en el Universo. Es preciso saber de una vez para siempre que nuestro globo es un astro del cielo, aislado, móvil, que boga en los espacios como los otros astros. Ni más ni menos.

IV

LOS MOVIMIENTOS

DE LA TIERRA

Nadie ignora, y todo el mundo puede comprobar, que el Sol, la Luna y estrellas no permanecen una sola hora fijas en los mismos puntos del Cielo, y que todos los astros parece que giran en veinticuatro horas alrededor del globo terrestre.

Por mucho tiempo se ha creído que giraban realmente como parecía. Se ve al Sol levantarse, subir gradualmente hasta cierta altura, á la cual llega al medio día, después descender y ocultarse. Análogas observaciones pueden hacerse con la Luna y todas las estrellas. Pero cuando el progreso de las ciencias ha permitido á los hombres darse cuenta de la magnitud del Universo, no se ha tardado en

comprender que sería extremadamente difícil admitir tal movimiento.

Cuando se consideraba al Sol, la Luna y las estrellas como muy próximos á nosotros, el camino que habían tenido que recorrer para efectuar su revolución en veinticuatro horas no hubiera sido enorme ni su velocidad fantástica. Mas cuando las distancias han podido ser apreciadas hasta con poca aproximación, semejantes velocidades se han mostrado inaceptables y hasta imposibles en mecánica.

Así, por ejemplo, se ha probado por seis métodos diferentes é independientes el uno del otro, perfectamente acordes en sus resultados, que el Sol está alejado de nosotros unos 11.700 diámetros terrestres. Por otra parte, nosotros sabemos que este diámetro es de 12.732 kilómetros, de donde resulta que la distancia de la Tierra al Sol es de 149.000.000 de kilómetros. Pues bien; si este astro tuviese que girar en veinticuatro horas alrededor de nosotros á esta distancia, debería correr, más bien volar, con una velocidad de 9.000 kilómetros por segundo ó 38.720.000 kilómetros por hora. ¿Y para qué? Para girar alrededor de un punto minúsculo con relación á él, pues el Sol es 108 veces mayor en diámetro que la Tierra, 1.283.000 veces más voluminoso y

324.000 más pesado. Evidentemente es imposible admitir semejante conclusión; sería un milagro; está en perpetua contradicción con las leyes de la Naturaleza.

Lo que acabamos de decir del Sol, puede aplicarse á cada una de las estrellas, y hay millones, centenas de millones, infinitas, todas ellas Soles, más voluminosas y más pesadas que la Tierra.

Su traslación en veinticuatro horas alrededor de nuestra pequeña bola, sería aun más inconcebible que la del Sol, pues no están á igual distancia de nosotros ni adheridas á una esfera sólida, como se creía en otro tiempo. Están á diferentes distancias y hasta más allá de los últimos límites que la imaginación puede concebir. La más próxima está 275.000 veces más alejada que el Sol, debiendo, por consiguiente, para girar alrededor de nosotros, marchar con una velocidad 275.000 veces mayor que aquél, ó sea á razón de 2.475.000.000 kilómetros por segundo. Y si esta es la velocidad de la estrella más próxima, ¿cuál sería la de las demás? Todas las otras se precipitarían en el espacio con velocidad mucho mayor, diez, ciento, mil veces más rápida... y hasta el infinito. La idea de semejante traslación en la inmensidad es inconcebible.

Y todas ellas son incomparablemente más voluminosas y más pesadas que la Tierra. La que acabamos de citar, la más próxima, que es la estrella alfa de la constelación Centauro, pesa más que el Sol.

Plantear la cuestión es resolverla. En efecto, las apariencias son las mismas para nosotros, sea el Cielo ó la Tierra quien gira. Cada cual ha podido hacer la observación sobre un barco ó en el vagón de un tren. En el barco en seguida nos apercebimos que no son las orillas las que se alejan, pero en un tren en marcha es difícil advertir si somos nosotros los que caminamos ó un tren próximo.

Hemos dicho que la Tierra es esférica y se halla completamente aislada en el espacio. Si gira sobre sí misma llevándonos con ella, no podemos saberlo; no hay rozamiento ni ruido. Si es el Cielo el que se mueve, la naturaleza no nos lo indica. Estamos, pues, enfrente de dos hipótesis: ó bien obligar al Universo á girar alrededor de nosotros todos los días, ó suponer nuestro globo animado de un movimiento de rotación sobre sí mismo, evitando al Universo tan incomparable trabajo.

Lo repetimos: plantear el problema es resolverlo.

Es imposible á todo hombre de buen jui-

cio no estar convencido de que la Tierra es la que se mueve.

Hace más de dos mil años que se dudaba, pues los Pitagóricos lo enseñaban; Cicerón y Plutarco hablan de filósofos que, á ejemplo de Nicetas en Siracusa, se inclinaban por esta opinión, y Tolomeo la discute largamente, para preferir el sistema de las apariencias, al cual ha dado su nombre. Es verdad que en la antigüedad los testimonios no eran tan evidentes como hoy. En el siglo XVI (1) fué cuando Copérnico, astrónomo polaco, reunió en un fascículo las consideraciones matemáticas que conducían á simplificar el sistema de Tolomeo, llegado á ser intolerable por todas las complicaciones que era preciso añadir para concordar los movimientos celestes observados con la hipótesis de la Tierra central é inmóvil. Fué preciso añadir hasta 75 círculos móviles, los unos sobre los otros, y aun quedaban muchos movimientos celestes inexplicados, especialmente los de los cometas.

Se concibe, pues, que la Tierra gira sobre sí misma en veinticuatro horas, y alrededor

(1) Su obra *De Revolutionibus Orbium Celestium*, fué publicada el año mismo de su muerte, en 1543. (Véase *La Astronomía y sus fundadores: Copérnico y El Sistema del mundo.*)

del Sol en un año. Resultan cambios aparentes de perspectiva en las posiciones de los otros planetas, del mismo modo que viajando por ferrocarril se ve ocultarse los árboles y los diversos objetos del paisaje. Estos cambios de lugar son inexplicables en el antiguo sistema.

El movimiento de traslación anual alrededor del Sol se efectúa á la distancia de 149.000.000 de kilómetros de este astro. Las estrellas están aún á mayor distancia. Sin embargo, este cambio anual de la Tierra produce una pequeña variación aparente en la posición de las más próximas, correspondiendo exactamente á la posición de nuestro Planeta, y así es como se ha podido determinar sus distancias. Estas variaciones de posición de las estrellas han sido una segunda confirmación del doble movimiento de la Tierra.

Hay otras confirmaciones de tal movimiento; así: 3.^a Nuestro globo está aplanado en sus polos y ensanchado en el Ecuador, como debe suceder por su rotación diurna.—4.^a Si se tira una piedra en un pozo de gran profundidad, no desciende verticalmente, sino un poco hacia el Este.—5.^a Los objetos pesan algo menos en el Ecuador que en los polos, á causa de la fuerza centrífuga, que disminuye la pesantez.

—6.^a Por la misma razón, la longitud de un péndulo de segundos es más corta en el ecuador que en París.—7.^a Un péndulo puesto en oscilación en un lugar cualquiera del globo permanece siempre en el mismo plano, y la Tierra, al girar, produce una desviación aparente, que pone en evidencia el movimiento diurno de aquélla.—8.^a La luz que recibimos de las estrellas confirma, por una ligera desviación, el movimiento anual de nuestro planeta alrededor del Sol, etc., etc. Las pruebas directas del doble movimiento de la Tierra, diurno y anual, son hoy muy numerosas, aunque no necesarias después de los razonamientos que acabamos de hacer.

Además, las bases de la Astronomía son tan sólidas, y las leyes de la mecánica celeste son conocidas con tal precisión, que podemos predecir todo lo que debe suceder en el cielo, en armonía con estas leyes.

Todos los descubrimientos astronómicos han venido desde hace tres siglos y medio á confirmar y probar de todas maneras, y sin que la sombra de la duda pueda subsistir, la teoría de los movimientos de nuestro planeta, hasta el punto que se ha podido anunciar por el cálculo la existencia de astros que no habían sido vistos antes, lo cual prueba la

exactitud con que son conocidas en la actualidad las leyes astronómicas.

Los dos movimientos de la Tierra que acabamos de exponer son los principales: la rotación diurna y la revolución anual. Nuestro planeta es movido por muchos otros menos importantes, cuya descripción saldría del cuadro de estos elementos (1). Se conocen ya en la Tierra más de diez movimientos distintos. Nuestro globo, como los demás, es un ligero juguete para las fuerzas cósmicas eternas.

(1) Hemos descrito los once principales en nuestra *Astronomía popular*.

V

CONSECUENCIAS DE LOS MOVIMIENTOS DE LA TIERRA

El día y la noche.—Medición del tiempo.—Los meridianos.—Los climas.—Las estaciones.—Los años.—El calendario.

Al girar la Tierra sobre sí misma en veinticuatro horas, presenta sucesivamente sus diferentes partes á los rayos del Sol, que brilla á 149.000.000 de kilómetros de distancia. Este movimiento produce el día y la noche: para los países expuestos al Sol, es de día; para los que están en la sombra de la Tierra al lado opuesto del Sol, es la noche.

Esta es también la causa de la diferencia de horas. Los países que pasan precisamente por frente del Sol, tienen el medio día, y los que están al lado opuesto, la media noche. Aquellos que la rotación de la Tierra les lleva ha-

cia la luz, avanzan hacia la mañana, y á los que les separa, van á la tarde. Cada país gira en veinticuatro horas alrededor del eje del mundo.

He aquí las horas que son en las siguientes ciudades cuando en París es medio día:

| | | |
|----|-----------------------|-----------|
| 1 | París..... | Mediodía. |
| 2 | Viena..... | 12h 56m T |
| 3 | San Petersburgo..... | 1h 52m |
| 4 | Suez..... | 2h |
| 5 | Teheran..... | 3h 16m |
| 6 | Boukara..... | 4h 3m |
| 7 | Delhi..... | 5h 0m |
| 8 | Ava..... | 6h 14m N |
| 9 | Pekin..... | 7h 39m |
| 10 | Yedo..... | 7h 10m |
| 11 | Okhotsk..... | 9h 23m |
| 12 | Islas Aleontinas..... | 12h 45m |
| 13 | Petropolowski..... | 1h 35m M |
| 14 | San Francisco..... | 3h 41m M |
| 15 | San Diego..... | 4h 2m |
| 16 | Méjico..... | 5h 14m |
| 17 | Nueva Orleans..... | 5h 50m |
| 18 | Cuba..... | 6h 21m |
| 19 | Nueva York..... | 6h 55m |
| 20 | Quebec..... | 7h 6m |
| 21 | Cabo Farewel..... | 8h 55m |
| 22 | Reikiavig..... | 10h 23m |
| 23 | Mogador..... | 11h 12m |
| 24 | Lisboa..... | 11h 14m |
| 25 | Madrid..... | 11h 36m |
| 26 | Londres..... | 11h 51m |

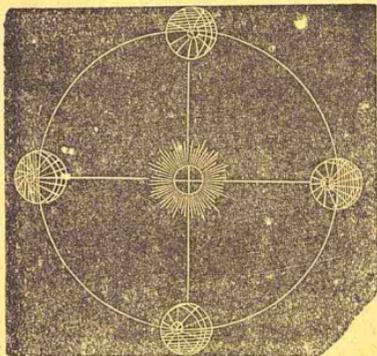
Se ve que cuando es medio día en París, en Londres no son más que las once y cincuenta y un minutos, en tanto que es ya casi la una en Viena, y cerca de las dos en San Petersburgo. La Tierra en su giro da, sucesivamente, todas las horas á todos los países del globo.

Dando la vuelta al mundo del Oeste al Este, se va delante del Sol y se gana á él ó se avanza un día; y volviendo al punto de partida, en lunes, por ejemplo, se encontraría que los habitantes estaban aún en domingo. Lo contrario sucedería marchando del Este al Oeste.

Este movimiento diurno de la Tierra nos da la medida del tiempo. Se ha dividido su duración en 24 partes, llamadas horas, cada hora en sesenta minutos y cada minuto en sesenta segundos. Si la Tierra no girara, el tiempo no existiría. En el espacio absoluto no hay tiempo; la Astronomía es la que ha creado el tiempo y la que lo mide.

La Tierra no gira derecha, sino inclinada. Si su eje de giro fuese perpendicular al plano de su órbita, todos los países tendrían con regularidad doce horas de día y doce de noche. Como está inclinada, los que han de recorrer mayor círculo al Sol, tienen días más largos,

y los que recorren más pequeño círculo al Sol, días más cortos. Cada cual puede fácilmente darse cuenta, con la sola inspección de la figura.

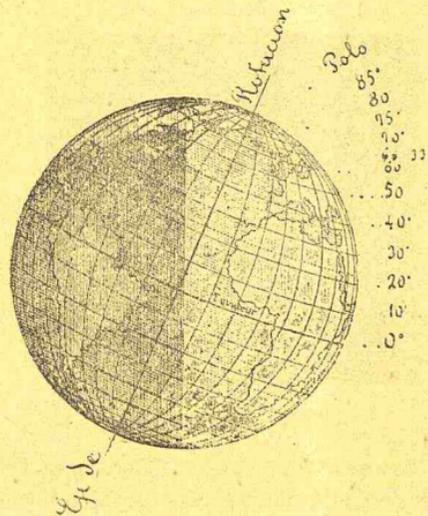


Globo girando inclinado.

Observemos ahora que la Tierra gira alrededor del Sol, conservando siempre la misma posición inclinada, de donde resulta que los países que tienen los días más largos en cierta época del año, se hallarán seis meses más tarde en situación opuesta y tendrán entonces los días más cortos.

Las estaciones y los climas resultan también de la inclinación del globo. El estío se verifica

para cada hemisferio cuando el Sol ilumina el polo correspondiente. La fecha del 21 de Junio es cuando el hemisferio boreal presenta su polo



Inclinación de la Tierra.

La Iluminación solar en el solsticio de Junio.

á la iluminación solar, y, por tanto, el estío para nosotros, y el invierno para el hemisferio austral. Seis meses más tarde, el 21 de Diciembre, sucede lo contrario; tenemos el in-

vierno, al par que los habitantes del hemisferio austral están en el estío. Aún hay personas que por no reflexionar se imaginan el hemisferio Sur más cálido que el Norte, y hasta ha habido poetas que han llamado al polo Sur «polo abrasador». En realidad, la zona más calurosa del globo es la que se extiende á uno y otro lado del ecuador, sobre la cual caen constantemente los rayos de un Sol casi vertical. Se le ha dado el nombre de zona tórrida. El viento que sopla de allí hacia la zona templada boreal, como hacia la zona templada austral, es un viento caliente, que viene, pues, del Sur para nosotros y del Norte para



Zonas y climas.

los habitantes de la zona templada austral. En la figura está indicada la extensión de estas zonas sobre la esfera terrestre.

Como nuestro globo rueda en el espacio con su eje inclinado, $23^{\circ},27'$, con relación á la perpendicular al plano en el cual se mueve alrededor del Sol; el Sol, que brilla precisamente sobre el ecuador en la época de los equinoccios, es decir, el 21 de Marzo y el 21 de Septiembre, se separa gradualmente para llegar á los $23^{\circ},27'$ de latitud Norte el 21 Junio, y á los $23^{\circ},27'$, latitud Sur, el 21 de Diciembre, ocupando este espacio sobre el globo la zona tórrida. Los círculos trazados sobre el globo á esta distancia del ecuador se llaman los trópicos.

El 21 de Junio el Sol ilumina el polo Norte hasta los $23^{\circ},27'$ de distancia ($66^{\circ},33'$ de latitud), de modo que todo lo que está en el interior de este círculo conserva el Sol sin que se oculte, permaneciendo el mismo polo iluminado durante seis meses. Cada polo queda alternativamente expuesto al Sol durante seis meses y privado de él en igual período de tiempo.

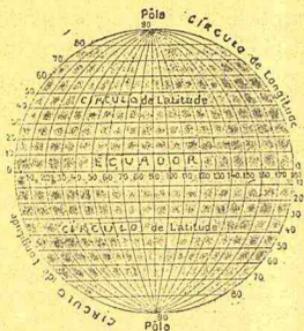
Los círculos trazados en el globo á $23^{\circ},27'$ de cada polo, se llaman los círculos polares. La zona interior de estos círculos se llamó la zona polar, región infortunada que permanece casi medio año en la noche y que durante otro medio sólo recibe los oblicuos rayos de

un pálido Sol que se eleva en espiral por encima del horizonte brumoso, vertiendo únicamente una fría luz sobre los solitarios témpanos de las regiones polares.

Para completar nuestro conocimiento geométrico del globo terrestre, diremos que para fijar las posiciones geográficas se ha convenido dividir el ecuador en 360 partes iguales, llamadas grados. Los círculos que envuelve el globo desde los polos al ecuador se llaman de longitudes ó meridianos. Están trazados en el sentido Sur-Norte, de alto á bajo, y se cuentan á un lado y otro de un meridiano que se toma por punto de partida. Se ha dado el nombre de círculos de latitudes á los trazados del ecuador á los polos, y se ha adoptado el valor de 90° para estos círculos, estando el cero en el ecuador y el 90 en los polos. Véase, para mayor claridad, la siguiente figura, donde están representadas las líneas geométricas.

Los círculos de latitud son tanto más pequeños cuanto más próximos están de los polos, en tanto que los círculos de longitud ó meridianos son todos máximos ó grandes círculos que dan la vuelta al globo, midiendo 40.008.000 metros. La longitud media del arco de un grado de meridiano es de 111.133 metros.

Como la Tierra no es enteramente redonda, sino ligeramente aplanada en los polos (en $\frac{1}{292}$), el arco de meridiano que correspon-



Las divisiones del globo.—Longitudes y latitudes.

de á un grado es algo más corto en el ecuador, donde mide 110.563 metros, y algo más largo en el polo, donde es de 111.707 metros.

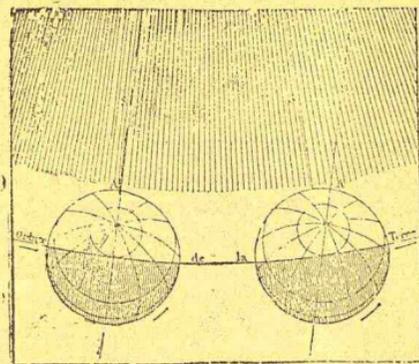
Para las latitudes, la longitud del arco de un grado disminuye rápidamente del ecuador á los polos, sobre todo cuando se llega á las regiones polares. En el ecuador es de 111.324 metros; á la mitad de distancia del ecuador al polo (á 45° de latitud) es 778.753 metros y solamente 19.396 metros en el grado 80 de latitud.

El contorno de la Tierra, que es de metros 40.007.764 á lo largo del ecuador, no es más que de 26.350.000 metros á lo largo del círculo de la latitud de París (48° 50'). Un punto situado en el ecuador gira alrededor del eje del globo á razón de 464 metros por segundo para realizar su rotación diurna. A la latitud de París, la velocidad sólo es de 305 metros, y en los polos nula. De esto deducimos que á la latitud de París una distancia de 305 metros en el sentido Este-Oeste basta para dar una diferencia de un segundo en la hora, 610 metros dan dos segundos, 915 tres segundos. La Francia geográfica, del Océano al Rin, es recorrida por el Sol en 49 minutos. Las horas, los días y los años pasan velozmente... *¡Fugit Hora*, decían los antiguos cuadrantes solares; la hora huye y no vuelve!

La duración exacta de la rotación de la Tierra es de $23^{\text{h}} 56^{\text{m}} 4^{\text{s}}$ ó 86.164 segundos, aunque generalmente se dice que es de 24 horas.

La Tierra, al mismo tiempo que gira sobre sí misma, se mueve alrededor del Sol siguiendo un arco de círculo. Durante los 86.164 segundos que dura su rotación diurna, avanza un poco en su marcha. Observemos un instante la figura.

Cuando el meridiano A del globo de la izquierda haya llegado al mismo punto paralelamente al primero, como se ve en el



Diferencia entre la duración del día y la rotación de la Tierra.

globo de la derecha, han transcurrido 86.164 segundos: la misma estrella pasa entonces por el meridiano; pero el Sol, que está en el centro del movimiento anual de la Tierra, se halla un poco á la izquierda de la estrella, y para que el mismo meridiano de la Tierra vuelva precisamente ante él, es necesario que aquella continúe girando aún durante $3^{\text{m}} 56^{\text{s}}$. El día solar, que es el que arregla la vida, es de 24^h, pero el día siderio ó la duración de la

rotación de la Tierra, no es más que de $23^{\text{h}} 56^{\text{m}} 4^{\text{s}}$.

Hemos dicho que la Tierra circula alrededor del Sol á lo largo de una inmensa órbita, que emplea un año en recorrer. Para recorrer esta órbita, trazada á 145.000.000 de kilómetros del Sol, emplea nuestro planeta 365 días, 6 horas, 9 minutos y 9 segundos ($365^{\text{d}}, 25636$). Esta revolución se llama año siderio. Pero del mismo modo que las conveniencias de la vida han hecho preferir el día solar aparente al día siderio real, por ser en definitiva el Sol el que arregla la vida, de igual modo no es esta revolución precisa de la Tierra la que regla el año civil, puesto que cada año un pequeño movimiento giratorio de la Tierra, que se llama precesión de los equinoccios y que exige al menos 25.870 años para dar toda la vuelta, hace que retroceda el punto del equinoccio 20 minutos aproximadamente, y por esto mismo las estaciones, cuyo ciclo representa para nosotros el verdadero año práctico. El año civil, llamado también año trópico, es de 365 días, 5 horas, 48 minutos y 46 segundos ($365^{\text{d}}, 24220$).

La fracción de $5^{\text{h}} 48^{\text{m}} 46^{\text{s}}$ ha obligado hacer años desiguales de 365 y 366 días. Los últimos se repiten cada cuatro años, á excepción

de algunos seculares que no son bisiestos para tener la mayor exactitud posible en el año adoptado. El año 1900 no será bisiesto, y á excepción de éste, todos los años de lo que queda de siglo cuya cifra es divisible por 4, son bisiestos; por ejemplo, 1888, 1892 y 1896.

La revolución anual de la Tierra alrededor del Sol se realiza á la distancia de 149.000.000 de kilómetros, y, por consiguiente, la longitud recorrida 930.000.000 de kilómetros á la velocidad de 106.000 kilómetros por hora ó 29.500 metros por segundo. Es, pues, 930.000.000 de kilómetros los que tiene que recorrer la tierra en 365 días, 6 horas y 9 minutos; es decir, vuela en el espacio con la velocidad de kilómetros 2.544.000 por día, ó 106.000 kilómetros por hora, ó 29.500 metros por segundo. Esta velocidad es 1.100 veces más rápida que la de un tren expreso y 75 que la de una bala de cañón; ¿cómo concebir tal velocidad, más de *mil* veces superior á la de un tren expreso!

No nos apercebimos de tal movimiento, porque nuestro globo, como todos los que pueblan la inmensidad sin límites de los cielos, resbala sin ruido, sin frotamiento, sin sacudida, á través del vacío de los espacios. Su movimiento es más suave que el de la barca en un río tranquilo, más dulce que el de la gón-

dola en la laguna de Venecia, más sereno que el del globo en las llanuras azuladas del aire silencioso. En esta perfección de transporte es materialmente imposible sentir el movimiento de la Tierra. Tampoco podemos verle: todo lo que nos rodea es llevado, y, por tanto, queda inmóvil con respecto á nosotros. La atmósfera, las nubes, todo marcha de común acuerdo, y, por consiguiente, no podemos percibir ninguna sensación de movimiento. La observación del cielo estrellado, que no participa de nuestros movimientos, el cálculo, la razón, son los medios á que podemos recurrir para darnos cuenta de la realidad y explicarla.

Para ver el movimiento de la Tierra, para apreciar su grandeza, es preciso suponernos colocados fuera de ella en el espacio absoluto, no lejos de la órbita en que se mueve, Entonces la veremos venir á lo lejos en forma de una gran estrella; pronto se aproximará á nosotros á semejanza de la Luna, aumentando gradualmente de magnitud. Después llegará á gran velocidad, para pasar ante nosotros á modo de un tren, pero apenas si tendremos tiempo de reconocerla, de distinguir los continentes y los mares alrededor de esta bola giratoria que resbala ante nuestra mirada estupefacta con rapidez imposible de describir, y

continuará su curso, huyendo y alejándose en el espacio... Siendo su velocidad mil cien veces más rápida que la de un tren expreso, como la velocidad de éste es mil cien veces mayor que la de una tortuga, si se pusiera un tren á correr en el espacio cerca de la Tierra, es exactamente como si una tortuga corriera al lado de un tren expreso. Residimos sobre una bala, bala de tres mil leguas de diámetro, en la misma forma que los granos de pólvora adheridos á un proyectil de cañón lanzado al espacio.

Si se ha comprendido bien lo que acabamos de exponer acerca de la rapidez del movimiento de traslación de la Tierra alrededor del Sol, del movimiento de rotación diurno sobre su eje, de su aislamiento, de su esfericidad y su semejanza completa con los otros globos que gravitan al mismo tiempo que ella en redor del mismo foco, se habrá conseguido la evidencia hasta la realidad, y se *sabr*á en adelante, para no olvidarlo nunca, que la Tierra es un astro del cielo, que habitamos este astro tan realmente como si habitáramos Venus ó Júpiter, y que somos los pasajeros de un navío celeste que boga en el mismo cielo.

Las estrellas permanecen constantemente, tanto de día como de noche, en el espacio que

nos rodea; pero para verlas, por lo menos á simple vista, es necesaria la sombra, á causa de la iluminación de la atmósfera por la luz solar. Por tanto, solamente durante la noche vemos las estrellas que parecen elevarse desde el horizonte oriental, llegar á cierta altura en el cielo, y ocultarse por el horizonte occidental. Es tan grande y majestuoso el espectáculo de la bóveda estrellada, que ha permitido al hombre crear la Astronomía, elevarse sobre las apariencias y descubrir las leyes directoras del Universo.

Sin la noche, nada hubiéramos conocido. En las misteriosas profundidades del espacio brillan miles de puntos luminosos de diversas magnitudes. Sus asociaciones aparentes en constelaciones, su retorno en las mismas épocas del año, su inalterabilidad secular y la majestuosa mudanza nocturna de toda la bóveda celeste, han atraído, desde el origen del mundo, la atención de los primeros hombres. Se han preguntado qué representan estos puntos luminosos suspendidos encima de nuestras cabezas como otros tantos puntos de interrogación; se les ha asociado á las estaciones, á los años, que parecen regir, y se les ha pedido el secreto de nuestros destinos. Después se les ha estudiado, se han descubierto

los movimientos particulares de los planetas que parecen resbalar bajo las estrellas; se ha llegado á reconocer que estos planetas circulan, como la Tierra, alrededor del Sol, y que la Tierra en que vivimos no es más que un planeta errante. Más tarde se ha ido más lejos, midiendo con exactitud las distancias que nos separan de la Luna, del Sol, de los planetas y de las estrellas, á pesar de su inmenso alejamiento. Luego, continuando en su conquista del Universo, el hombre ha llegado á pesar los astros tan exactamente como si se pudiera atarlos á la anilla de un dinamómetro, y á descubrir su constitución física y química. Y así, gradual é insensiblemente, la divina Urania, reina de todas las ciencias, ha colocado el pensamiento humano en un trono desde donde domina el coro inmenso de la creación universal.

¡Oh, noches! ¡Descorred en silencio las páginas del libro de los cielos! como ha escrito el poeta; sin tí hubiéramos permanecido ignorantes, habitando un mundo desconocido, sin poder darnos cuenta de la magnitud y constitución del Universo. Lo mismo nos hubiera ocurrido si, á pesar de la rotación de la Tierra, la atmósfera hubiera permanecido brumosa ó cubierta de espesas nubes, como sucede con frecuencia. ¡Cuán poco se necesitaba para

esto! Un poco de humedad en el aire, algo de fresco basta para formar una nube. Nuestro planeta ha podido permanecer envuelto en una atmósfera opaca, que los rayos de las estrellas, de la Luna, ni hasta del mismo Sol jamás hubieran penetrado. La Astronomía no habría nacido, y la raza humana permanecería en el estado primitivo de la ostra agarrada á su roca bajo la verdosa envoltura de las aguas.

Felizmente para el desarrollo del pensamiento humano, la Tierra no está en tan desgraciado estado. Las noches estrelladas han descubierto sus esplendores. Las blancas claridades de la Luna han derramado sobre los paisajes su melancólica luz. Las aguas de los lagos y de los mares han reflejado las bellezas del cielo, después de haber sido adormecidas bajo la irradiación roja de las puestas del Sol; la naturaleza entera se ha manifestado al hombre por los grandes espectáculos del cielo y de la Tierra, y la curiosidad, la noble aspiración de saber, y el deseo de penetrar los secretos de la creación han llevado al hombre á inventar maravillosos instrumentos, á dirigirlos hacia los misterios inaccesibles del firmamento, á crear esos observatorios que vamos á visitar y que nos conducirán al cielo.

VI

EL NUEVO OJO DE LA HUMANIDAD

Los instrumentos de óptica y los observadores.

Admiramos con justicia la invención del anteojo de aproximación, y también nos sorprende que no se fabricara antes. El vidrio se utiliza hace más de tres mil años. Recuerdo haber observado en el convento de San Lázaro, de los Armenios, en la isla de este nombre, cerca de Venecia, una momia egipcia que data de tres mil años lo menos, enteramente envuelta en un tisú de pequeñas cuentas de vidrio azul. Análoga observación he hecho en los vestigios de las minas de Pompeya, deduciendo, por tanto, que la existencia de utensilios de vidrio data de más de diez y ocho siglos. En las minas de Nínive se ha encon-

trado un cristal de cuarzo exágono-planó-convexo, cuya curvatura debió recibir tal forma en una rueda de lapidario, ó por cualquier otro procedimiento análogo, pues era un adorno en forma de lenteja. He ahí cómo el vidrio data de más de cuatro mil años. Aristófanés, Plinio, Séneca y Plutarco refieren que el vidrio fué utilizado por los griegos y los romanos. Aristófanés hasta propone, en broma, en la comedia de las *Nubes* un medio científico de borrar las huellas de las deudas, concentrando los rayos solares por medio de una bola de vidrio sobre las firmas, que se podrían borrar fundiendo la cera de las tablillas. En tiempo de Arquímedes ya había espejos cóncavos, análogos á los de los telescopios. Plinio habla de una esmeralda tallada en cóncavo que servía de lente á Nerón para mirar los sangrientos juegos del circo. Los anteojos dobles han sido inventados en el siglo XIII, pero hasta 1590 no se construyó el primer antejo de larga vista (por Zacarías Jansen, fabricante de anteojos en Middelburgo), y hasta el año 1606 no fué dado al dominio público por Hans Lepperhey, fabricante de anteojos también en Middelburgo.

¡Cuán lento es el progreso en la humanidad!

La era de la Astronomía óptica no comienza hasta el año 1609, en que Galileo, oyendo hablar de la invención holandesa, construyó en Italia el primer antejo que se ha dirigido al cielo. Inesperadas revelaciones recompensaron su noble ambición: las montañas de la Luna, las manchas del Sol, los satélites de Júpiter, las fases de Venus, las estrellas de la vía láctea, alzaron el velo ante sus ojos maravillados. Este antejo ha sido religiosamente conservado, hallándose hoy en la Academia de Florencia, donde tuve la dicha de tocarle con mis manos.

Quizás no conservamos reconocimiento tan profundo como debiéramos á los hombres que por sus esfuerzos sucesivos han conducido la ciencia y el arte de la óptica á los actuales perfeccionamientos, á pesar de los obstáculos de toda clase, que el progreso tiene siempre que superar y vencer; quizás, también, no miremos con la admiración de que es digna, esa substancia mineral, de modesta apariencia, que se llama *vidrio*. Pero es más precioso que el oro y que el diamante, y apenas si se puede apreciar en su verdadero valor el papel que desempeña en la historia de la humanidad. Sin el vidrio, la civilización no hubiera podido avanzar hasta los climas septentriona-

les, pues es el único que nos permite vivir al abrigo del frío, del viento y de las intemperies, sin dejar de recibir la luz del día, el calor del Sol, y contemplar la naturaleza exterior. El vidrio ha fundado la física experimental por el barómetro y el termómetro. Es el que ha dado origen á los dos nuevos órganos visuales de la humanidad moderna; el microscopio, que nos ha descubierto lo infinitamente pequeño, y el telescopio, que nos transporta á lo infinitamente grande. Casi toda la ciencia es debida á los servicios prestados por esta arena fundida, por esta substancia vitrificada...

¡Pura y limpia substancia! El espíritu del pensador te mira con simpatía, pues has sido más bienhechora á la humanidad y más útil á los progresos de los conocimientos humanos que todos los conquistadores y monarcas reunidos.

Desde Galileo, la ciencia y el arte de la óptica han ido perfeccionándose sin cesar, al principio con lentitud durante el siglo XVII, un poco más rápidamente hacia la mitad del siglo XVIII, y después con progreso creciente, sobre todo desde hace medio siglo. El perfeccionamiento de los instrumentos ha bajado la altura de los cielos al alcance de la vista huma-

na, ó, por mejor decir, puesto que los cielos no son más que una apariencia, tal perfeccionamiento aproxima los otros mundos á nuestros ojos, como si en realidad pudiéramos corporalmente dejar la Tierra y transportarnos á ellos. Vemos á simple vista los planetas como estrellas, es decir, como simples puntos luminosos, sin disco aparente. Un aumento suficiente agranda el punto luminoso y hace que se vea como un disco. Ahora bien: aumentar un objeto ó aproximarle es geoméricamente lo mismo. Si un hombre está á distancia y de pie en medio del campo, á simple vista le distinguiremos como un punto, móvil cuando el viajero se mueva; un antejo dirigido hacia este punto y que aumente diez veces, bastará para que distingamos una forma humana; es exactamente lo mismo que si hubiéramos caminado hacia el viajero las nueve décimas partes que nos separan. Si estaba á cuatro kilómetros, se le ve con el antejo á 400 metros. Un aumento de veinte veces le aproximará el doble, es decir, á 200 metros; un aumento de cuarenta veces nos mostrará al viajero como si estuviera á 100 metros de nosotros. La visión es entonces más limpia para los ojos miopes, que distinguen vagamente á largas distancias.

Una regla de un metro colocada verticalmente delante de nosotros, nos parecerá tanto más pequeña cuanto más distante se encuentre, y su dimensión aparente disminuirá en razón directa de su distancia: á 100 metros será dos veces más pequeña que á 50; á 200 metros parecerá dos veces más pequeña que á 100, y cuatro veces más pequeña que en el primer caso. Si, pues, con la ayuda de un medio cualquiera se la ve de doble tamaño, es como si se hubiese acercado á una mitad.

La distancia media de la Luna es de 384.000 kilómetros, pero varía un poco, porque nuestro satélite no describe una circunferencia perfecta en derredor de nosotros, y sí una elipse: ahora bien, si con ayuda de un instrumento de óptica aumentamos el disco lunar, de tal modo que le veamos dos veces mayor en diámetro que el que nos parece á simple vista, obtenemos el mismo resultado para el estudio de este globo, que si hubiéramos podido disminuir su distancia á la mitad; es decir, que veremos entonces la Luna como si estuviese á 192.000 kilómetros de la Tierra.

Un aumento de cien veces, muestra, por consiguiente, la Luna como si se hubiese acercado á 3.840 kilómetros; un aumento de mil veces, como si estuviese á 384; un aumento

de dos mil veces, como si no estuviera más que á 192 kilómetros de nosotros, y un aumento de diez mil veces nos la mostraría á 38 kilómetros solamente de distancia.

Desgraciadamente, el aumento de los instrumentos de óptica tiene sus límites íntimamente ligados á su dimensión y á su perfección.

Los más poderosos instrumentos astronómicos actuales son:

1.º El gran ecuatorial del Observatorio del monte Hamilton, cerca de San Francisco en California, construido en 1887. Su lente mide 0^m,97 de diámetro, y su largo es de 15 metros; su aumento es de 2.400.

2.º El gran ecuatorial del Observatorio de Niza, construido en 1887. Su lente mide 0^m,76 de diámetro, y su longitud es de 18 metros; su aumento aproximado es de 2.000.

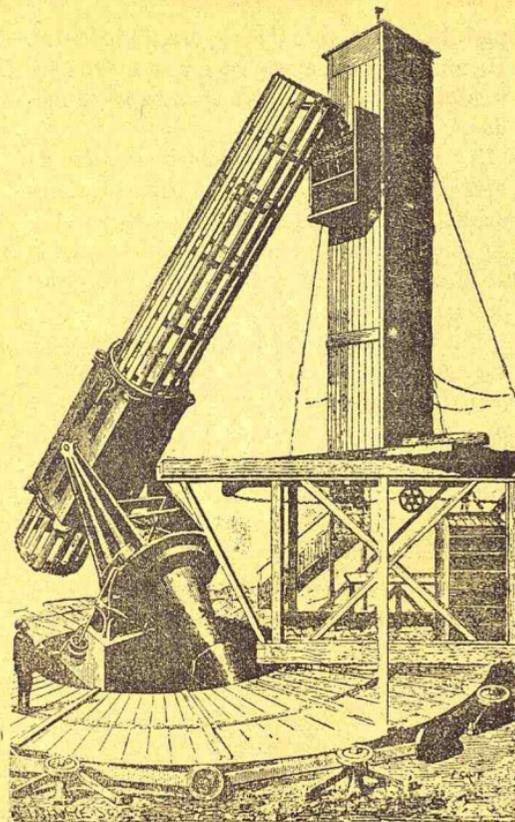
3.º El gran ecuatorial del Observatorio de Pulkova, cerca de San Petersburgo. Semejante al precedente, y construido igualmente en 1887.

4.º El gran telescopio construido en 1862 por Mr. Lassell, negociante inglés, uno de los mejores, cuyo espejo mide 1^m,22 de diámetro, y la longitud del anteojo es de 11^m,40: el constructor de ese telescopio se ha servido de él

para hacer los más bellos descubrimientos. Ha muerto hace algunos años y su instrumento está desmontado; el aumento es aproximadamente de 2.000 veces.

5.º El gran telescopio del Observatorio de Melbourne, cuyo espejo mide, como el precedente, 1^m,22 de diámetro (4 pies ingleses), y su longitud es de 2 metros, funciona desde 1870 en Melbourne, y tiene el mismo poder óptico.

Conviene hacer notar que los telescopios difieren de los anteojos en que éstos se componen esencialmente de un espejo en lugar de una lente. En los anteojos se mira el astro á través de una lente. En los telescopios se les mira reflejados en un espejo. A dimensiones iguales, los telescopios son inferiores á los anteojos en potencia óptica. Nuestros lectores se formarán idea de estos instrumentos por la figura siguiente, que representa el gran telescopio de Lassell.



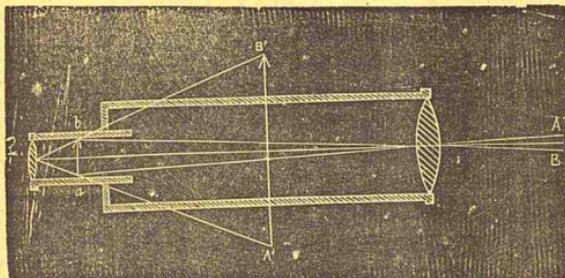
El gran telescopio de Lassell.

Para ser de uso cómodo y práctico, los anteojos y los telescopios están montados de tal modo, que pueden ser dirigidos hacia cualquier punto del cielo, y por un movimiento de relojería se les mantiene sobre el astro observado, siguiendo el movimiento diurno de la esfera celeste. Ya hemos visto en el capítulo precedente, que ese movimiento diurno aparente es debido á la rotación real de la Tierra alrededor de su eje, y que se efectúa paralelamente al ecuador. Las estrellas parecen describir todos los días en el cielo círculos que corresponden á los nuestros de latitud geográfica. Esos círculos se llaman de declinación, y son paralelos al ecuador celeste. Esta es la razón por que los instrumentos así montados para la observación se llaman *ecuatoriales*.

El gran lente del anteojo se llama el *objetivo*. El pequeño, cerca del cual se pone el ojo, se llama el *ocular*. Vamos á dar una ligera idea de la teoría de los instrumentos de óptica.

El objetivo colocado en la extremidad superior del anteojo es una lente convexa. Los rayos que vienen del astro que se observa en A B, se cruzan al atravesar la lente, pasan al interior del anteojo y vienen á formar en los puntos *a b* una imagen invertida del astro

A B. La lente menor, que sirve de ocular, está colocada de modo que amplifica esta imagen *a b* á fin de presentarla al ojo del observador como si se extendiera del punto A' al punto B'. El astro A B parece, pues, en definitiva, aumentado en la proporción de la flecha A'B'.



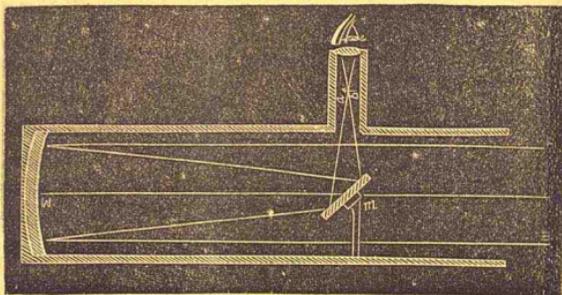
Teoría del aumento del anteojo.

El punto *a b* donde se forma la imagen, es el *foco* del objetivo, y su distancia á éste se llama la *distancia focal*.

La teoría del telescopio difiere visiblemente de ésta.

Aunque en virtud de su etimología el nombre de *telescopio*, que significa «ver de lejos», haya sido aplicado en un principio á todos los instrumentos destinados á la observación de objetos lejanos, hace tiempo se ha adoptado

el nombre de *anteojos* á los instrumentos formados con lentes, y reservado el de *telescopios* á los de los espejos. Sin embargo, aún hoy en Inglaterra se designan indiferentemente los unos y los otros bajo el nombre de telescopios, y cuando se quiere diferenciarlos llaman á los primeros refractores y á los segun-



Teoría del telescopio en su más simple expresión.

dos reflectores; designaciones en relación con el juego de los rayos luminosos en los dos casos. Las palabras *telescopios*, *telescópicos*, son también generalmente empleadas en las descripciones de observaciones de astros invisibles á simple vista. El *telescopio*, propiamente dicho, tiene por pieza esencial no una lente de vidrio, sino un *espejo*, que ocupa la parte

inferior del telescopio; es decir, en donde se coloca el ocular en los anteojos. La parte superior del tubo queda libre. Hay, pues, como se ve, diferencia esencial de construcción y de forma entre el antejo y el telescopio.

Se formará el lector idea exacta de la manera de formarse las imágenes en este instrumento por la figura precedente, que representa el corte teórico de un telescopio del sistema de Newton. El espejo *curvo* M ocupa el fondo del tubo. Los rayos A B que vienen del astro que se observa, llegan al espejo, donde se reflejan y son enviados á un pequeño espejo plano *m*, colocado en el interior del tubo; este pequeño espejo inclinado 45 grados, refleja á su vez los mismos rayos hacia un lado del tubo, que está abierto en ese lugar, y es donde se pone el ojo para mirar la imagen á través de un ocular que la amplifica. Para observar con un telescopio de esta construcción no se hace por una de las dos extremidades del instrumento, como por los anteojos, sino por un *lado*, lo cual suele sorprender á los que ven observar por primera vez con un telescopio.

Los espejos de los telescopios han sido construidos durante largo tiempo de metal análogo al de las campanas; en diferentes ensayos se han cambiado varias veces las proporciones

de la aleación, á fin de obtener la mejor superficie reflejante; pero estos espejos metálicos, siendo de conservación bastante difícil, se habían casi abandonado los telescopios, hasta que el óptico francés Foucault los volvió á poner en uso por la sustitución del vidrio al metal, lo que hace el trabajo más fácil, y da al mismo tiempo excelentes resultados ópticos.

La primera idea del telescopio se halla en una obra publicada en Lyon en 1652, por el Padre Zucchius, quien anunció que desde el año 1616 había concebido el proyecto de este instrumento. Sin embargo, hasta 1663 no se pudo leer la descripción completa de un telescopio debido á un sabio inglés, sir James Gregory. Diez años más tarde, Newton construyó el suyo, de un sistema diferente al precedente. Más de un siglo después, William Herschel logró levantar un verdadero monumento á la Astronomía, construyendo con sus propias manos el más poderoso instrumento de óptica que hasta entonces hubo.

Los Observatorios están hoy provistos de toda clase de anteojos y telescopios, mecánica y ópticamente organizados para diversos estudios é investigaciones. El antejo ecuatorial es el instrumento más usado y está gene-

ralmente bajo una cúpula giratoria, provista de una claraboya que puede abrirse á lo largo de la cúpula, y permanecer abierta ante el instrumento dirigido hacia cualquier punto del cielo.

La calidad de un instrumento no depende solamente de sus dimensiones. Sin duda su poder depende del tamaño; pero es preciso ante todo que la curvatura del objetivo ó del espejo sea perfecta, y que la imagen formada en el foco sea muy limpia. Los instrumentos que hemos citado son los más poderosos y los mejores del mundo. Pero hay otros mucho más pequeños que los igualan en valor óptico. Así, por ejemplo, hay en el Observatorio de Niza dos ecuatoriales principales: la primera tiene por objetivo una lente de 0^m 76, la segunda una de 0^m 38, es decir, de mitad tamaño.

He observado con los dos instrumentos y son casi equivalentes en valor óptico. El Observatorio de Milán posee una ecuatorial de 0^m 22 de diámetro, tan perfectamente construída, que ha servido para hacer descubrimientos tan difíciles como todos los realizados con los más grandes instrumentos. Pero no olvidemos que si la excelencia de un instrumento es una cualidad preciosa, el ojo que

observa es en definitiva la causa primera de todo descubrimiento. Se puede decir: «cuanto vale el hombre vale el instrumento».

A las maravillosas invenciones del arte óptico debe la ciencia los conocimientos adquiridos desde hace medio siglo, sobre todo en el estudio del Universo. Pero las facultades intelectuales, la abnegación científica, la perseverancia y la energía de los astrónomos laboriosos que consagran su vida en busca de la verdad, y que continúan la obra inmensa empezada desde millares de años por sus antepasados científicos, es lo que gradualmente ha levantado el nivel de los conocimientos humanos, permitiéndonos vivir hoy en la contemplación de las realidades celestes y en la filosofía espiritualista racional, deducida del análisis de las leyes y de las fuerzas que rigen el Universo.

VII

EL SISTEMA DEL MUNDO

Las demostraciones expuestas nos prueban que la Tierra en que vivimos es un planeta que gira sobre sí misma y circula alrededor del Sol.

Dado este primer paso, el más difícil é importante de todos, podemos concebir ahora, sin ilusión y sin rancias preocupaciones, la magnitud del Universo, las distancias que separan los mundos entre sí, y ante todo podemos darnos cuenta de la situación precisa de nuestro planeta en el sistema solar, así como de los principios fundamentales de la mecánica celeste.

El Sol rige en el centro del sistema del mundo y el coro de los planetas gravita armónicamente alrededor de él.

La Tierra es la tercera de las provincias del dominio solar; entre ella y el Sol están Venus

y Mercurio; más allá de ella, más alejados del Sol se hallan Marte, Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno. Vamos á formar á continuación el cuadro del sistema solar, expresando las distancias en leguas de cuatro kilómetros, porque los números cuatro veces menores son más fáciles de retener.

| PLANETAS | Distancias al Sol en millones de leguas. | Duración de las revoluciones. |
|-------------------|---|----------------------------------|
| Mercurio | 15 | 88 días. |
| Venus..... | 27 | 225. |
| La Tierra..... | 37 | 365 $\frac{1}{4}$. |
| Marte..... | 56 | 1 año 322 días. |
| Pequeños planetas | de 70 á 160 | de 3 á 7 años. |
| Júpiter..... | 192 | 11 años 315 días. |
| Saturno..... | 355 | 29—176. |
| Urano..... | 710 | 84—87. |
| Neptuno..... | 1.110 | 164—281. |

Aquí tenemos un primer bosquejo, todo lo sencillo que es posible, de la disposición de los planetas y de sus distancias respectivas. Se puede, para más facilidad, notar que se dividen naturalmente en dos grupos de á cuatro, separados por la región de los planetas telescópicos. Los cuatro primeros son relativamente pequeños, y los otros cuatro enormes. Todos circulan en el mismo sentido y á las distan-

cias indicadas en derredor del Sol, que permanece relativamente fijo en el centro de todas estas órbitas; el más próximo, Mercurio, sólo emplea 88 días en recorrer su órbita, en tanto que el más alejado, Neptuno, emplea cerca de 165 de nuestros años. Las diferencias entre las duraciones de las revoluciones de los planetas según su alejamiento del centro solar, no procede sólo de que estando menos próximos tienen más camino que recorrer para realizar su traslación, sino también de que vayan más ó menos lentamente según las distancias, porque la fuerza solar, en virtud de uno de los principios esenciales de la mecánica celeste, disminuye en intensidad á medida que se aleja del cuerpo central.

Para concebirlo bien es preciso ensayar representarnos al Sol en toda su magnitud y en todo su poder. ¿Por de pronto nos formamos idea bien exacta de esas 37 millones de leguas que nos separan? ¡Treinta y siete veces cuatro millones de kilómetros. Imaginemos un camino de aquí al Sol. Pues bien; un tren expreso viajando á la velocidad constante de sesenta kilómetros por hora, sin pararse jamás, tardaría en llegar á su destino 149 millones de minutos, ó sean 103.472 días, ó 283 años. Muchas generaciones humanas se sucederían du-

rante ese largo viaje, y casi no sería más que la décima cuarta la que podría traer la noticia de lo que la séptima habría visto.

Para que el Sol, á pesar de su prodigiosa distancia, nos parezca tan grande como lo vemos, es preciso que sus dimensiones verdaderas sean realmente colosales. El globo solar tiene, en efecto, un diámetro que no es menor de ciento ocho veces el diámetro de la Tierra.

Imaginémoslo puesto en el vacío ese globo enorme, colosal, 108 veces más ancho que nuestro mundo, aunque es verdaderamente imposible imaginarlo, puesto que semejante mundo ofrece un diámetro de 345.000 leguas y una circunferencia de más de un millón de leguas. ¿Cómo medirlo ni aun con el pensamiento? Su superficie pasa de doce mil veces la superficie de la Tierra. ¡Su volumen 1.280.000 veces mayor que el de la Tierra. ¡Se necesitarían más de un millón de planetas como el que habitamos, para formar un volumen de la dimensión del Sol!

El mejor medio de formarse idea de esta dimensión es examinar con atención la siguiente figura.

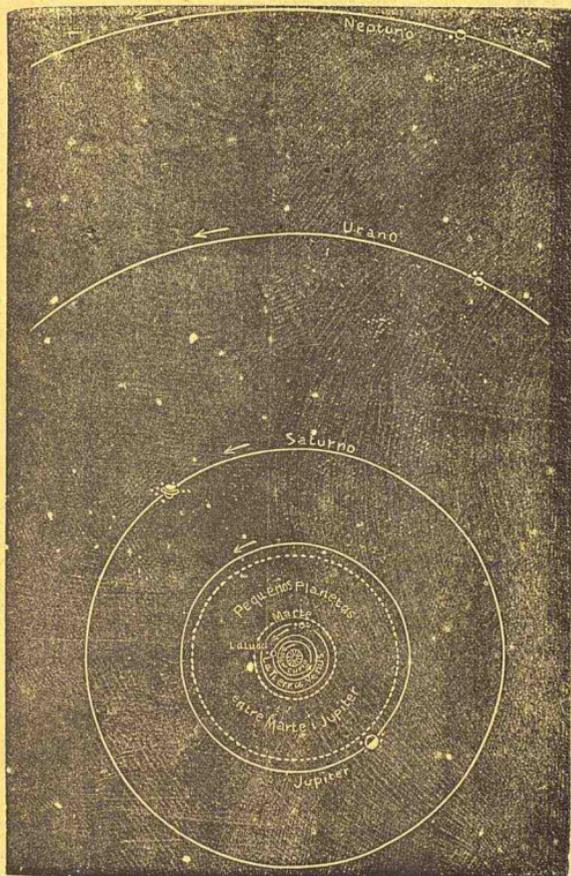


Fig. 1. Plano del sistema solar.

Este cuerpo gigantesco ha sido pesado por los astrónomos de la Tierra, y hoy sabemos que es 324.000 veces más pesado que nuestro planeta. Colocándolo en el platillo de una balanza, sería preciso poner 324.000 Tierras en el otro platillo para establecer el equilibrio. Este peso fabuloso representa 1.879.000 cuatrillones de kilogramos:

1.879.000.000.000.000.000.000.000.000.

Una de las primeras leyes de la Naturaleza es la ley de *atracción universal*. Todos los cuerpos se atraen en el Universo, y se atraen con tanta más fuerza cuanto mayor es su masa. La atracción está en razón directa de la masa ó del peso de los cuerpos. El Sol, siendo 324.000 veces más pesado que la Tierra, atrae á ésta hacia él con energía 324.000 veces más poderosa que con la que la Tierra lo atrae. Si nuestro globo tuviese el peso del astro del día, atraería los objetos de su superficie en esta proporción; es decir, que nos sería absolutamente imposible movernos: un kilogramo pesaría 340.000 kilogramos.

Esta atracción decrece á medida que aumenta la distancia. Como el centro del Sol está 108 veces más distante de su superficie que el de la Tierra de la suya, la atracción solar está disminuida en proporción de esta dis-

tancia multiplicada por sí misma, de la que sería, si el Sol no fuera mayor que nuestro globo. Los objetos en la superficie solar no son, pues, atraídos con fuerza 324.000 veces mayor que en la corteza terrestre, sino que la fuerza de atracción es allí solamente 27 veces mayor, lo que aún es sorprendente. En efecto, un kilogramo terrestre trasportado al Sol pesaría 27 kilogramos; un hombre de estatura regular pesaría 2.000 kilogramos, y no solamente no podría sostener su propio peso, sino que sería inmediatamente aplastado en número indefinido de partículas, cual si hubiese sido triturado en un mortero. Un objeto, al caer de cierta altura, recorre 134 metros en el primer segundo de caída. ¡Qué violencia de atracción! ¡Qué energía espantosa concentrada en ese foco colosal!

El Sol pesa setecientas veces más que todos los planetas, todos los satélites, todos los cometas y todos los astros de su sistema reunidos. Esa fuerza prodigiosa es la que hace mover todo el sistema. Así como la mano que tira la honda hace correr la piedra con velocidad dependiente de su energía, del mismo modo la velocidad de los planetas en sus órbitas da la medida de la energía del Sol. Situado en el centro de las órbitas planetarias,

el astro radiante es á la vez la mano que los sostiene y los dirige en el espacio, el foco que los calienta, la antorcha que los ilumina, el manantial inagotable de su vida y de su belleza. Es verdaderamente el corazón de este grandioso organismo, que sólo vive por él y cuyos vivificantes latidos esparcen á lo lejos sobre todos esos mundos la fecundidad que los anima, los hace girar en su derredor, les imprime á cada uno un movimiento proporcionado á la distancia, movimiento necesario y suficiente para mantenerlos perfectamente en equilibrio, porque el movimiento de cada planeta es precisamente el que conviene para impedir á la vez que caiga en el Sol, ó se aleje de él. Un poco más lento no sería bastante rápido para crear una fuerza centrífuga igual á la atracción hacia el centro, y los planetas se acercarian al Sol para caer insensiblemente sobre él describiendo espirales más y más cerradas; un poco más rápido, desarrollaría una fuerza centrífuga demasiado grande, y los planetas se alejarían sin cesar, siguiendo espirales más y más ensanchadas. Pero esto no puede ser. Los planetas hijos del Sol han sido sucesivamente abandonados por el ecuador de la nebulosa solar girando sobre sí mismos, y han conservado la fuerza viva

que les ha dado nacimiento. Estos continúan obedeciendo puntualmente á su padre celeste, y permanecen bajo su inmediata dominación.

Las fuerzas son invariables; las leyes inmutables. El estado del sistema solar es necesariamente tal como el Sol lo ha hecho y lo conserva. Si el Sol fuera doble de pesado, sería dos veces más fuerte, los planetas girarían con más rapidez y nuestros años serían más cortos. Si, al contrario, fuera menos pesado, la Tierra y los demás planetas bogarían con menor velocidad y nuestros años serían más largos. Todo está regido y arreglado por la fuerza del Sol.

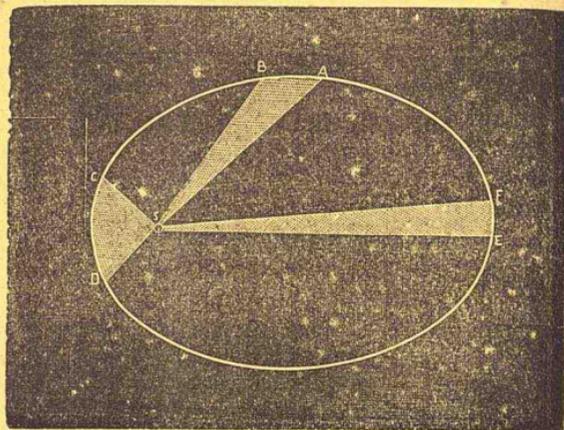
Los planetas no describen en derredor del Sol órbitas circulares, sino elípticas poco alargadas. El astrónomo Kepler, descubridor de las leyes que los rigen, las ha formulado en los términos siguientes:

1.^a *Los planetas giran alrededor del Sol describiendo elipses, ocupando uno de los focos este astro.*

2.^a *Las áreas ó superficies descritas por los rayos vectores de las órbitas son proporcionales á los tiempos empleados en recorrerlas.*

Consideremos un mismo planeta en diversas épocas de su revolución, y supongamos que se marcan sobre su órbita arcos AB, CD,

EF (véase la figura), recorridos por el planeta en tiempos iguales, sea en meses, ó más exactamente, en períodos de treinta días.



Explicación de los movimientos de los planetas.—Ley de las áreas.

La velocidad del planeta varía según las posiciones que ocupa en su órbita. Sigue un curso medio cuando se encuentra á su distancia media AB; cuando está cerca del Sol hacia las posiciones CD, su velocidad se acelera, y cuando se halla alejado, como en las posiciones EF, marcha mucho más lentamente. Así el movimiento de la Tierra en su órbita no es uniforme; boga con mayor rapi-

dez cuando está en su perihelio (Enero) que cuando está en su afelio (Julio).

Los arcos recorridos en igual tiempo son tanto más pequeños cuanto más alejado esté el planeta. Pero las superficies comprendidas entre las líneas trazadas del Sol á las dos extremidades de los arcos recorridos en tiempos iguales, son iguales entre sí. Lo cual es un hecho notable. Así, que la Tierra tarda tanto tiempo para transportarse de E á F que para ir de C á D, á pesar que el primer arco sea mucho más pequeño que el segundo. Se llaman *radios vectores* las líneas tales como SE, SF, SA, SB, etc., trazadas del Sol al planeta en sus diferentes posiciones. Las superficies trazadas por esos radios *vectores* son proporcionales á los tiempos empleados en recorrerlas: dos, tres, cuatro veces más extensas, si se considera un intervalo de tiempo dos, tres, cuatro veces mayor; si se trazase la figura sobre un cartón y se cortasen los *sectores*, los tres pedazos deberán tener el mismo peso.

La tercera proposición fundamental es la siguiente, que importa también conocer para darse cuenta exactamente de los movimientos de los planetas.

3.^a *Los cuadrados de los tiempos de revolu-*

ción de los planetas alrededor del Sol, son entre ellos como los cubos de las distancias.

Esta ley es la más importante de todas, porque relaciona todos los planetas entre sí.

La revolución es tanto más larga, cuanto mayor es la distancia ó la órbita tiene mayor diámetro. El orden de los planetas, comenzando por el Sol, es el mismo, ya los arreglemos por sus distancias, ya los ordenemos por el tiempo que emplean en sus revoluciones. Pero la relación entre las dos series no es un simple aumento *proporcional*: las revoluciones aumentan con mayor rapidez que las distancias.

Así, por ejemplo, Neptuno está treinta veces más lejos del Sol que nosotros. Multiplicando dos veces la cifra 30 por sí misma, se halla el número 27.000. Ahora bien, su revolución es de 165 años, y esta cifra de 165, multiplicada por sí misma, da también 27.000 en números redondos: (para obtener la cifra exactamente, sería necesario considerar las fracciones, pues la revolución de Neptuno no es exactamente de 165 años). Sucede lo mismo con todos los planetas, todos los satélites y todos los cuerpos celestes.

Las revoluciones de los planetas alrededor del Sol se arreglan por sus distancias. Cuanto

más alejados están los mundos, menos rápidamente se mueven en proporción matemática.

A las citadas tres leyes, que llevan con razón el nombre de Kepler, que las ha descubierto, podemos agregar una cuarta proposición que las completa y las explica: la ley de atracción ó de gravitación universal, descubierta por Newton, después de los trabajos de Kepler. *La materia atrae á la materia en razón directa de las masas y en razón inversa del cuadrado de las distancias*; es decir, de la distancia multiplicada por sí misma. Si la distancia es doble, la atracción es cuatro veces menor; si es triple, la atracción es nueve veces más débil.

Si se representa tan exactamente como sea posible esta situación del globo solar en el centro de los movimientos planetarios, la inmensa masa de este astro, la atracción que de él emana y que sostiene los mundos á su alrededor como sobre una invisible red, y las traslaciones de los planetas en armonía á las distancias, se tendrá una noción clara y precisa de la realidad, y se olvidará para siempre la ilusión de la creencia en la inmovilidad de la Tierra en el centro del mundo, y los temores infantiles que se pudieran tener al pensar que no está sostenida en nada y que podía caer; ya se cree uno bogar en el cielo; elevarse de

las ideas vulgares; hacerse digno de comprender las grandezas del universo y las bellezas de la creación.

La minoración de la fuerza solar con la distancia, produce una disminución correlativa en la rapidez de los planetas en sus órbitas, á medida que nos alejamos del centro. Mientras que la Tierra corre á razón de 29.500 metros por segundo, la rapidez de Mercurio es de 47.000 kilómetros, y la de Neptuno no es más que de 5.000 metros.

A pesar de esas diferencias, todos los planetas circulan con rapidez tan prodigiosa, que si dos mundos animados de semejante movimiento se encontraran en su camino, el choque sería inconcebible: no solamente se reducirían á polvo ambos, sino que su movimiento, transformándose en calor, sería repentinamente elevado á tal grado de temperatura, que se convertirían en vapor tierras, piedras, aguas, plantas, habitantes, y formarían una inmensa nebulosa.

Agreguemos que varios planetas van acompañados en su curso de satélites que giran en su derredor, lo mismo que ellos giran alrededor del Sol. La Tierra está acompañada de la Luna, que realiza su revolución en veintisiete días; Marte va acompañado de dos satélites;

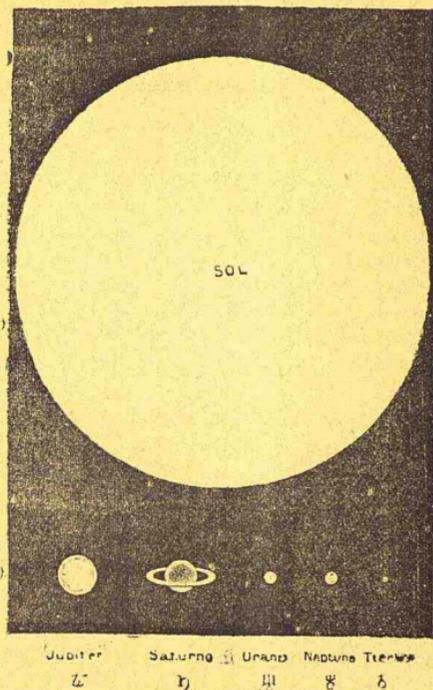
Júpiter, de cuatro; Saturno, de ocho; Urano, de cuatro, y Neptuno, por lo menos, de uno. Quien quiera concebir el sistema del mundo en su realidad, debe ver delante de sí el Sol, globo colosal, situado en el centro, y girando sobre sí mismo en veintiseis días; los planetas girando en el mismo sentido que el Sol, y situados casi en la prolongación del plano de su ecuador; los satélites moviéndose también en el mismo sentido en derredor de sus planetas respectivos, y los cometas describiendo órbitas, no circulares, sino muy alargadas, lanzados en todas direcciones y corriendo en todos sentidos entre las órbitas planetarias. Todo este conjunto que forma la inmensa familia del Sol es, al mismo tiempo que se cumplen las revoluciones precedentes, transportado como una sola pieza por el Sol á través del espacio, y conducido hacia la constelación de Hércules, región estrellada, al seno de la cual llegaremos dentro de un cierto número de siglos.

Las diferencias en volúmenes y peso de los principales globos que componen nuestro sistema solar, se apreciarán por el cuadro siguiente, en el cual la Tierra está tomada por unidad. Los astros son inscritos por orden creciente:

TAMAÑOS Y MASAS COMPARADAS

| | <u>Diámetros.</u> | <u>Volúmenes.</u> | <u>Masas.</u> |
|----------------|-------------------|-------------------|---------------|
| El Sol..... | 108,5 | 1.280.000 | 324.000 |
| Júpiter..... | 11,1 | 1.279 | 309 |
| Saturno..... | 9,3 | 719 | 92 |
| Urano..... | 4,2 | 69 | 14 |
| Neptuno..... | 3,8 | 55 | 16 |
| La Tierra..... | 1 | 1 | 1 |
| Venus..... | 0,99 | 0,87 | 0,79 |
| Marte..... | 0,53 | 0,16 | 0,11 |
| Mercurio..... | 0,37 | 0,05 | 0,07 |
| La Luna..... | 0,27 | 0,02 | 0,01 |

Así, en tanto que el diámetro del Sol es $108 \frac{1}{2}$ veces mayor que el de la Tierra, el diámetro de la Luna no es más que las 27 centésimas partes del nuestro, ó un poco más del cuarto solamente. Mientras que el volumen del Sol es 1.280.000 veces mayor que el de la Tierra, el volumen de la Luna no equivale más que á las dos centésimas partes del nuestro, ó á la cincuentésima (con más precisión la 49^a). Y en tanto que el Sol pesa 324.000 veces más que la Tierra, el peso de la Luna no es, en números redondos, más que la centésima del nuestro, y aún nó (teniendo en cuenta las fracciones la 81^a). Se ve, pues, en este peque-



Magnitudes comparadas del Sol y de los planetas.

ño cuadro que hay cuatro planetas mayores y más pesados que la Tierra. La figura comparativa que publicamos en esta página indica

exactamente los volúmenes relativos del Sol y de los planetas.

La figura de la página 89 ha mostrado por otra parte el plano del sistema solar. Esta doble apreciación completa la concepción general exacta, que importaba que tuviésemos de la situación de la Tierra en la familia del Sol y de las posiciones relativas de esta misma familia.

VIII

EL SOL

Este astro inmenso tiene un diámetro que es ciento ochenta y media veces mayor que el de la Tierra. Su volumen es un millón doscientas ochenta mil veces superior al de ésta, y pesa trescientas veinticuatro mil más.

Penetremos ahora de lleno en el estudio de su naturaleza y tratemos de investigar su constitución física.

Esta inmensa hoguera arde con fuego que parece eterno, porque nuestra vida es corta, y la del Sol se cuenta por millones de años. Pero no es así: está encendida y tarde ó temprano se apagará. ¿Cuál es su origen? ¿Cómo se mantiene su estado incandescente?

Si el Sol fuese una masa de carbón de piedra ardiendo en oxígeno puro, no podría durar más que seis mil años sin consumirse por

completo: se habría extinguido desde el origen de los tiempos históricos.

Tres causas principales son las que, al parecer, mantienen este calor: la contracción del globo solar, la caída de meteoros en su superficie y la producción de calórico á que dan lugar las combinaciones químicas. La primer causa debe ser la más importante. Ya se conoce el equivalente mecánico del calor. Todo cuerpo que cae, y que es detenido en su caída, produce cierta cantidad de calor, y la cantidad de calor es la misma, ya sea detenido de repente ó retardado sucesivamente por resistencias.

Si, como es probable, el globo solar es el resultado de la condensación de una inmensa nebulosa que se extendía primitivamente más allá de la órbita de Neptuno, la aglomeración de moléculas en la concentración actual, ha suministrado cerca de 18.000.000 de veces tanto calor como el Sol da en un año (Thomson), de donde resulta que el Sol tendría durante 12.000.000 de años resplandor como el actual, pero durante su condensación sería incomparablemente más vasto y más refulgente.

Por otra parte, aun admitiendo que esa sea la sola fuente, ó la causa del calor solar, este

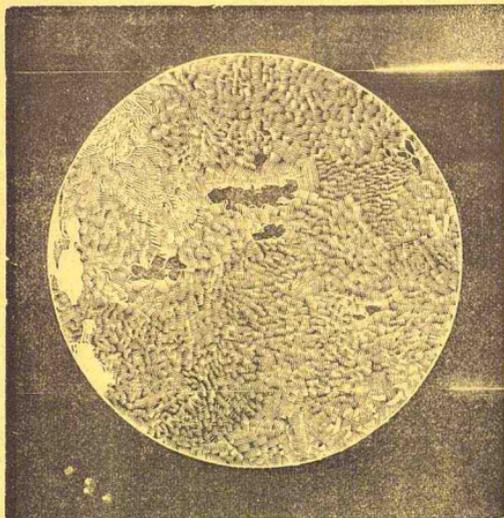
astro, al continuar condensándose, se reduciría á la mitad de su diámetro actual en un plazo que no excedería de 5.000.000 de años; y como con tal dimensión su densidad sería ocho veces mayor que la presente, acabaría por liquidarse, y su temperatura comenzaría á decrecer de tal suerte, que en 10.000.000 de años, poco más ó menos, su calor no sería suficiente á mantener un estado de vida análoga á la que existe actualmente. La vida total del Sol, como astro luminoso, no llegaría á pasar, dada esta hipótesis, de 30.000.000 de años.

A este calor, debido á la condensación, hay que añadir los efectos producidos por la continua caída de gran número de materias cósmicas sobre la superficie del astro del día.

El calor emitido por el Sol cada segundo, es igual al que resultaría de la combustión de once cuatrillones, seiscientos mil millares de toneladas de carbón de piedra.

El calor solar irradia en todas direcciones. La Tierra, globo minúsculo, que boga á la distancia de 149.000.000 de kilómetros, sólo recibe una fracción extremadamente pequeña de aquella cantidad. Si se imagina alrededor del Sol una esfera hueca, que tenga por radio la distancia de aquél á la Tierra, y que en el

centro de ella brillase el astro radiante, la superficie de esta esfera sería 2.000 veces mayor que la sección interceptada de nuestro globo. La Tierra, pues, sólo detiene en su paso y utiliza para sus habitantes, media milésima parte de la irradiación total del Sol.



El Sol y sus manchas.

Para concebir el estado de la superficie solar, podríamos compararla á la de una ponchera encendida; pero á condición de conce-

bir al mismo tiempo que aquella superficie es más abrasadora que el bronce en fusión, y más resplandeciente que la luz eléctrica, y que esas llamas midiesen ciento, doscientos, trescientos mil kilómetros de altura.

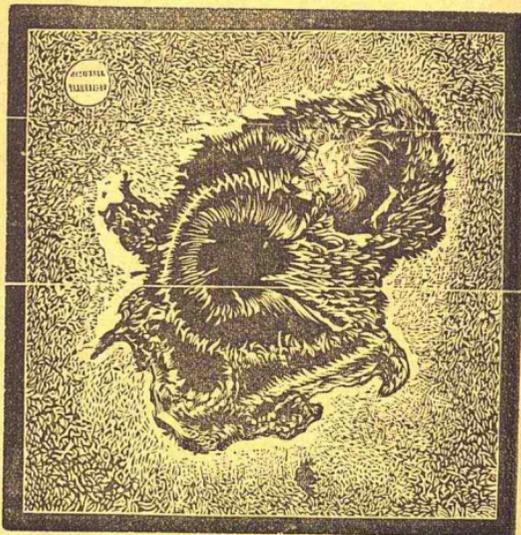
Esta superficie no es compacta ni homogénea, ni tiene en todos sus puntos el mismo brillo. Se puede comparar á un Océano ardiendo que cubriera un globo 1.280.000 veces más voluminoso que la Tierra.

Vista con telescopio la superficie del Sol, obsérvanse puntos luminosos superpuestos y salientes sobre un fondo menos claro. Es como una red. Los nudos de las mallas son olas de fuego que miden dos ó trescientos kilómetros de longitud (á veces 1.000, 2.000 y aún más). Con bastante frecuencia se forman en esa red manchas, sombras más ó menos grandes, que miden desde algunos miles de kilómetros de diámetro hasta 100.000, y en ocasiones más todavía.

Para dar una idea del aspecto de esas manchas, reproducimos una de las más notables que han sido observadas y dibujadas.

Es la descubierta el 14 de Octubre de 1883; era siete veces mayor que la Tierra, visible á la simple vista y medía 83.000 kilómetros de diámetro.

En general, las manchas del Sol son visibles con los más pequeños anteojos, y todo el mundo puede observarlas, colocando en el ocular una pantalla de cristal negro, ó azul obscuro.



Tipo de mancha solar (14 Octubre 1833).

También se pueden distinguir recibiendo la imagen del astro sobre una hoja de papel colocada á alguna distancia del ocular.

Cuando se divisan manchas en el Sol, basta observarlo durante algunos días para convenirse de que cambian de lugar. Esto es debido á la rotación del astro, que gira sobre sí mismo en 26 días próximamente.

La rotación de la superficie visible no es la misma para todo el globo solar: es más rápida en el ecuador, y disminuye con la latitud, lo que prueba que la superficie del globo solar no es sólida.

La rotación es de 25 días 4 horas en el ecuador; de 25 días 12 horas en el 15° de latitud; de 26 días en el 25°; de 27 días en el 38°; de 28 días en el 48°.

Las manchas no han podido observarse en latitudes más altas, porque se forman, en general, á lo largo de dos fajas, más ó menos anchas, de una parte y otra del ecuador; pero la teoría indica que la disminución de la rotación continúa hasta los polos: los procedimientos de análisis espectral lo han demostrado recientemente.

Por efecto de esa rotación, se ven aparecer las manchas por el borde oriental del Sol, avanzar gradualmente hasta el meridiano central, al cual llegan al cabo de siete días, y continuar su curso para ir á desaparecer por el borde occidental transcurridos otros siete días.

Catorce días después de esta desaparición, se ve la mancha volver al borde oriental, á menos que ésta no haya quedado destruída en este intervalo, lo cual sucede muy á menudo.

En general, las manchas solares no duran más que algunas semanas, siendo muy pocas las que se han podido observar durante cuatro ó cinco rotaciones.

La rotación aparente del Sol es de 27 días y medio, porque mientras dura la rotación real, la Tierra ha girado alrededor de él una catorceava parte del año, próximamente, en el mismo sentido que la rotación solar; de suerte que un observador colocado sobre la Tierra, ve una mancha durante más tiempo que si nuestro planeta estuviese en reposo. Es una diferencia análoga á la que se observa entre la duración del día y la de la rotación de la Tierra. Lo mismo sucede respecto de la revolución de la Luna, y de la duración del mes lunar, como veremos más adelante.

Nos hemos ocupado de las llamas del Sol, y comparado la superficie del astro radiante á un Océano de ron ardiendo. Con efecto, por encima de este Océano móvil, que ha recibido el nombre de *fotosfera*, ó esfera de luz

(que es el Sol tal como se ve á simple vista), sobre esta superficie resplandeciente se extiende una delgada capa de gas rosáceo; capa de fuego de 10 á 15.000 kilómetros de espesor. Esta atmósfera de gas ardiente, ha recibido el nombre de *chromoesfera* ó esfera colorada.

La chromoesfera se compone de gas elevado á un grado de temperatura inconcebible.

El hidrógeno arde constantemente en medio de vapores de hierro, de magnesio, de sodio y de gran número de otros metales. La actividad de la combustión es tan espantosa, que los elementos en vez de asociarse se repelen. El hidrógeno y el oxígeno, por ejemplo, no pueden combinarse, como sucede en la Tierra, para formar el agua, y hasta en el estado de vapor sus moléculas se rechazan; lo mismo acontece con todos los elementos: el calor de la hoguera es de tal naturaleza, que separa, que aísla, por decirlo así, los átomos unos de otros.

De esta capa transparente de fuego se elevan las llamas del Sol, procedentes de erupciones y explosiones formidables, ante las cuales nuestros volcanes son humildes y frías topineras. Un crisol de bronce en fusión vertido sobre el Sol, sería para él como una du-

cha de nieve ó de hielo. Se han visto erupciones solares lanzarse en algunos minutos á 100.000 kilómetros de altura y caer en seguida en lluvia de fuego sobre el Océano incandescente.

Las manchas solares se observan directamente con ayuda de anteojos astronómicos. Las llamas, conocidas también por protuberancias, son, aunque algo rosáceas, tan transparentes, que el resplandor del Sol las eclipsa por completo. Para descubrirlas hay que servirse del *espectróscopo*, instrumento formado de un prisma y de un pequeño antejo.

Se dirige este antejo á las inmediaciones del borde del Sol, sin llegar á él, porque todo se borraría ante su brillo; y entonces se perciben claramente las llamas ligeras que parten de todos lados afectando formas raras, que flotan en la atmósfera solar como nubes ligeras de luz.

Esas manifestaciones de la actividad solar son variables, y están sometidas á una curiosa ley de periodicidad. Algunos años, el astro se muestra cubierto de manchas enormes, agitado de violentas tempestades y erizado de llamas gigantescas. Otros años, por el contrario, se nota en él tranquilidad, calma, como si reposase, tomando aliento para agitaciones futu-

ras. Lo más notable es que estas variaciones son regulares y ordenadas.



Llama solar de 228.000 kilómetros de longitud (18 veces el diámetro de la Tierra), observada el 30 de Enero de 1885.

Cada once años se observa un *máximum* de manchas y erupciones, y un *mínimum* después de la mitad de este intervalo.

El último *máximum* tuvo lugar á fines del año 1883; lo que expresado en decimales se

representa por la cifra 1883,9; el máximo precedente aconteció en 1870,9; los anteriores en 1859,7, y 1847,8. El último mínimo verificóse en 1889,9; y los precedentes en 1878,9; 1867,0, y 1856,2; tenemos, pues:

PERIODICIDAD DE LAS MANCHAS SOLARES

| Máxima. | Mínima. | PERIODOS | |
|---------|---------|------------|------------|
| | | De máxima. | De mínima. |
| 1847,8 | 1856,2 | 11,9 años. | 10,8 años. |
| 1859,7 | 1867,0 | 11,2 » | 11,9 » |
| 1870,9 | 1878,9 | 13,0 » | 11,0 » |
| 1883,9 | 1889,9 | | |

Esta periodicidad es muy notable, no siendo menos la del magnetismo terrestre; los movimientos de la aguja imantada y las auroras boreales manifiestan una periodicidad análoga, y corresponden exactamente á la de las fluctuaciones de la actividad solar (1).

El Sol rige los destinos de la Tierra: nuestra vida, la de todos los animales, la de todas las plantas está pendiente de sus rayos. El día que se apagase, nuestro planeta, enfriado, acabaría por ser un triste cementerio rodando con

(1) Lo reducido de este libro nos impide dar más detalles. Se encuentran en nuestra *Astronomía popular*.

sus restos helados por las inmensidades de una eterna noche.

Sabido es que la Tierra es un planeta, el cual circula anualmente en derredor de ese inmenso foco de luz, de calor y de vida, y que otros mundos gravitan, como ella, alrededor de ese mismo foco. Entre el Sol y la Tierra se encuentra Mercurio; después Venus; mas allá de la Tierra, en el orden de las distancias, se halla Marte, los asteróides ó pequeños planetas, Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno.

Si quisiéramos seguir en nuestra descripción un método absolutamente riguroso, deberíamos, ahora que conocemos el Sol, al menos en sus elementos esenciales, visitar las diversas provincias del archipiélago solar, empezando por Mercurio, para concluir por Neptuno.

Pero hay un astro de gran interés para nosotros.

Por su vecindad inmediata, por los fenómenos que producen sus eclipses y por el importante papel que ha representado y representa aún en el calendario, en la medida del tiempo, en las mareas, etc. Este astro es la Luna, el cual no tiene ninguna importancia real. Es el satélite de nuestro planeta. Marte tiene

dos; Júpiter cuatro; Saturno ocho; Urano cuatro al menos, y Neptuno otros tantos, ó quizá más, aunque no conozcamos más que uno.

Pero por su proximidad y por el conocimiento que poseemos de su superficie, parémonos un instante en la Luna, antes de visitar los otros mundos y de lanzarnos en el infinito.

IX

LA LUNA

Los eclipses.

Es el principal astro de la noche; el astro de la soledad, del silencio, de la fantasía y del misterio. Pálida antorcha que toma su luz del Sol, al cual reemplaza humildemente, para probarnos que si el astro del día ha desaparecido tras del horizonte, brilla constantemente en el espacio, ocultándole á nuestra vista la misma Tierra. Las fases de la Luna han hecho comprender á la humanidad que este astro tiene la forma de un globo y que la claridad que esparce por la noche sobre nuestro planeta procede del Sol.

En efecto, la Luna efectúa una revolución mensual alrededor de la Tierra, de igual modo que ésta gira en torno del Sol dando una

vuelta en el plazo de un año. Aquella se mueve en un plano no muy separado del en que nuestro planeta circula alrededor del foco luminoso. A veces pasa por delante del Sol y produce el eclipse de éste al proyectar su sombra sobre la superficie de la Tierra. Otras, por el contrario, pasa por detrás de nosotros, con relación al Sol; es decir, entra en la sombra que la Tierra proyecta eclipsándose total ó parcialmente.

Las fases de la Luna son debidas á su movimiento y al ángulo que forma con el Sol y la Tierra.

Cuando pasa entre aquél y nosotros no la vemos porque vuelve á la Tierra el hemisferio que no está iluminado; si forma ángulo recto con el Sol vemos la mitad de su hemisferio iluminado: entonces es el primero ó último cuarto; estando al lado opuesto del Sol, vemos todo su hemisferio iluminado y la Luna llena brilla á media noche en nuestro cielo. Todo el mundo puede comprender fácilmente estas fases.

Al día siguiente de la nueva Luna, comienza por la noche á librarse de los rayos solares y aparece al principio bajo una forma extremadamente delgada, terminando en afiladas puntas. Cada día, á la misma hora, se

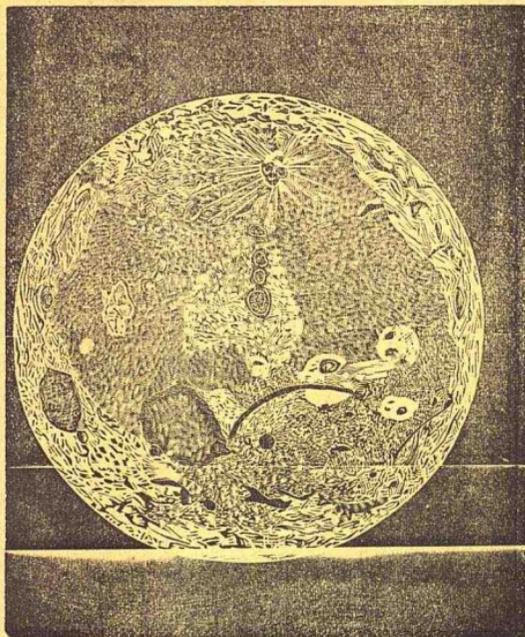
la ve un poco más á la izquierda ó hacia el Este; su revolución mensual se opera del Oeste á Este con un crecimiento más ó menos grande.

Cuando la atmósfera está bien pura, se distingue perfectamente el interior del disco lunar, no iluminado por el Sol, cubierto de una claridad gris que se llama *luz cenicienta*, que es el reflejo de los rayos solares refractados por la Tierra.

La Luna gira alrededor de la Tierra, describiendo una órbita ligeramente elíptica, trazada á la distancia de 384.000 kilómetros, la cual mide próximamente 2.400.000 kilómetros de longitud. Tarda en recorrerla 27 días, 7 horas, 43 minutos y 11 segundos, siendo su velocidad de más de un kilómetro por segundo.

La duración á que acabamos de referirnos es la de la *revolución siderea* de la Luna alrededor de la Tierra, es decir, del tiempo que emplea en volver al mismo punto del Cielo. Si la Tierra permaneciera inmóvil, esta sería también la duración de sus fases; pero nuestro planeta se mueve en el espacio, y por un efecto de perspectiva, el Sol parece separarse en sentido contrario. Cuando la Luna vuelve al mismo punto del Cielo al terminar su revolución,

el Sol se ha movido aparentemente cierta cantidad en el mismo sentido, y para que la Luna vuelva á colocarse de nuevo entre la Tierra y



Caria topográfica de la Luna.

él, es preciso que aquélla marche durante algo más de dos días; de donde resulta que la luna-

ción ó intervalo entre dos lunas nuevas ó mes lunar es de 29 días, 12 horas, 14 minutos y 3 segundos.

La Luna, al girar alrededor de la Tierra, *nos presenta siempre la misma cara* ó lado de su superficie.

Toda mirada dirigida á los Cielos en las silenciosas horas en que el solitario astro de la noche vierte su fría luz, no puede menos de observar en este globo suspendido en el espacio las singulares tintas que le asemejan á un dibujo enigmático.

Por la observación de la Luna comenzó la Astronomía, habiendo transcurrido bastantes miles de años desde que los hombres han reparado este raro foco de luz que ilumina la Tierra, y han comprobado que permanece constante, que no hay nieblas en este astro; lo cual es debido al estado del suelo lunar, invariable en sí mismo. La primera carta de la Luna fué una grosera representación de la cara humana, tal vez porque la posición de las manchas corresponden bastante aproximadamente á los sitios que ocupan en aquélla los ojos, nariz y boca.

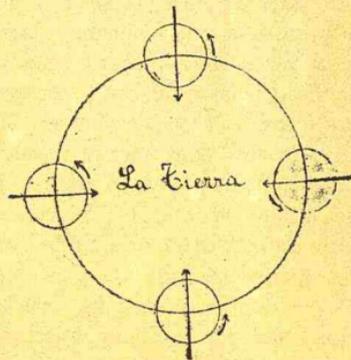
En todos los siglos y por todas partes se ha visto reproducido este rostro humano. La semejanza sólo es debida á la configuración

geográfica de la Luna, siendo tan vaga, que desaparece en cuanto se mira con el telescopio.

Por lo regular no se cree que la Tierra, vista á grande distancia, brille con tanta intensidad como la Luna llena, y, sin embargo, nada hay más cierto. El suelo lunar no es blanco, como el terrestre. Un muro gris, iluminado por el Sol, es más brillante que ella. El resplandor de nuestro satélite durante la noche es debido, por una parte, á la noche misma, y por otra, á la condensación del hemisferio lunar en un pequeño disco. Observado con telescopio, como aparece mayor, su brillo disminuye hasta el extremo de ser menos intenso que el de las nubes. Dirijamos un rayo solar sobre piedras colocadas en una cámara obscura, ó miremos á través de un tubo ennegrecido una campiña iluminada por el astro del día, y se verá que tanto las piedras como el campo brillan con igual intensidad que la Luna. En estas comparaciones no debe tenerse en cuenta la diferencia de las distancias, como se demuestra por los principios de óptica.

La Luna no es blanca, aunque lo parece durante el día por su contraste con el azul del Cielo. De experiencias que he hecho durante los años 1874 y 1875, resulta que el verdade-

ro color de su luz es la del cobre amarillo ó latón. La superficie presenta un matiz semejante al de las rocas grises, siendo, por tanto, inferior en blancura á la arena. Esta superficie, sin embargo, es muy variada, pues en ella se distinguen regiones sombrías, valles oscuros y cráteres luminosos (que ofrecen la blancura de la nieve.)



Rotación de la Luna sobre sí misma.

Como la Luna presenta siempre el mismo lado á la Tierra al circular alrededor de ella, resulta que gira una vez sobre sí misma durante su revolución mensual, como lo indica

la figura. Para la Tierra no gira; pero para el espacio absoluto sí.

Estudiar al astro de la noche es no abandonar nuestro mundo. Ningún globo celeste está tan cercano á nosotros; ninguno nos pertenece más íntimamente: es de la familia; es el único que acompaña á la Tierra en su carrera y está unido indisolublemente á nuestro propio destino. ¿Qué es, en efecto, esta insignificante distancia de 96.000 leguas que la separa de nosotros? Nada; un paso en el Universo.

Un despacho telegráfico de la Tierra llegaría á la Luna en segundo y medio; un proyectil lanzado con pólvora tardaría sólo 9 días en tocar su superficie; un tren expreso nos transportaría en 8 meses y 26 días. La distancia que nos separa de ella es 385 veces menor que la que media entre la Tierra y el Sol, y solamente la cienmillonésima parte de la distancia á que se hallan las estrellas más cercanas á nosotros. ¡Cuántos hombres habrán recorrido á pie, en la Tierra, las leguas que nos separan de la Luna!... Un puente, compuesto de treinta globos terrestres, bastaría para unir á ambos mundos.

Esta proximidad es causa de que la Luna sea la más conocida de todas las esferas celestes.

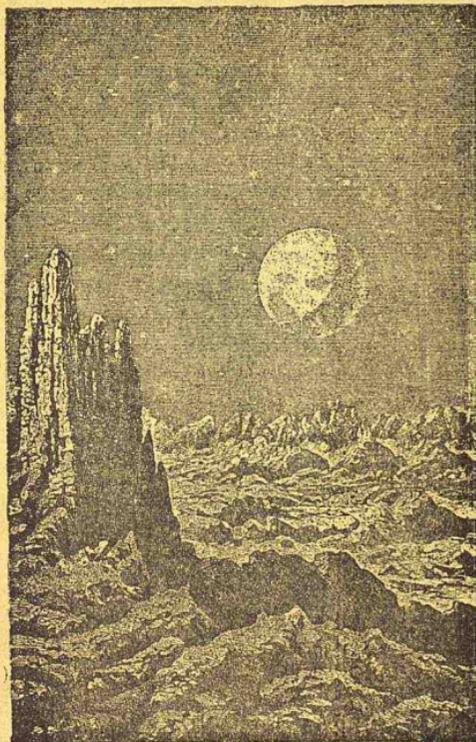
Desde hace más de dos siglos se empezaron á hacer cartas geográficas, ó mejor dicho, *seleográficas*, de este satélite, al principio como vagos croquis, después con más detalles, y hoy con una precisión comparada á la de las cartas geográficas terrestres.

Nada hay tan curioso como ver con el telescopio las montañas de la Luna; sobre todo, en la época del primer cuarto, que es cuando el Sol la ilumina oblicuamente, haciendo resaltar su relieve y proyectando tras ellas fantásticas sombras.

Antes del primer cuarto sus partes salientes parecen durante la noche plata en ebullición, que se funde en el obscuro Cielo. Anillos grandes y pequeños, delgados ó gruesos, enormes ó microscópicos, esparcidos con profusión sobre el suelo lunar, todos circulares, aunque parecen elípticos cuando se hallan hacia la parte más reducida del globo. Esta forma anular es tan sorprendente, que los primeros astrónomos que la observaron en el siglo XVII, después de la invención de los anteojos, no podían creer lo que veían y rehusaban atribuirlo á la Naturaleza, suponiendo que eran construcciones artificiales, exigidas por el clima y construídas por los habitantes de la Luna. El mismo Kepler le atribuía un origen artificial,

sin tener en cuenta las enormes dimensiones de tales construcciones.

Todas las montañas de la Luna son ahuecadas. Supongamos á un viajero que camina por los campos lunares y que se aproxima á una de ellas; inmediatamente encontrará una serie de taludes de muros escarpados, apoyados unos sobre otros; y si logra escalarlos, llegará con gran trabajo á sus elevadas cimas, desde donde gozará de una admirable vista panorámica; pero si quiere cruzar el vértice de la montaña para descender por el lado opuesto al de su ascensión ó llegada, no podrá realizarlo. La montaña no tiene vértice. En vez de terminar cerrada en meseta, se halla hueca, descendiendo su cráter hasta *más abajo* del nivel de la llanura próxima. Precisa, pues, ó descender al fondo del cráter (que á veces tienen más de 100 kilómetros de diámetro), atravesarlo ó subir por el gigantesco lado opuesto y después descender de la montaña, ó bien dar la vuelta por el borde abrupto y erizado de agudos y escarpados picos. Aunque los músculos se fatigan seis veces menos en la Luna que en la Tierra, tales excursiones deben ser incomparablemente más difíciles que las que pudiera efectuar el más temerario de los individuos de nuestros clubs alpinos.



Paisaje lunar.—La Tierra vista desde la Luna.



La altura de las montañas de la Luna se conoce con tanta ó más exactitud que la de muchas de la Tierra. Las más elevadas miden 7.000 metros de altura; el satélite es mucho más montañoso y contiene mayor número de gigantes plutoniosos que la Tierra.

Hay en nuestro planeta picos como el Gaorisankar, el más alto de la cadena del Himalaya, que tiene 8.840 metros de altura, ó sea la 1.440.^a parte del diámetro de nuestro globo; pero se encuentran en la Luna picos de 7.700 metros, como los de Dæfel y de Leibnitz, de altura equivalente á la 470.^a parte del diámetro lunar.

¡Qué espectáculo tan grandioso se presenta ante nuestra mirada cuando nos transportamos con el pensamiento á la superficie de la Luna! Es el mundo más próximo al nuestro y el que ofrece menos semejanza de todo el sistema planetario. Tratemos de describir las escenas y paisajes que nos rodearían si habitáramos en él; escenas no imaginarias como las que con frecuencia se inventan de fantásticos viajes, sino cuadros reales que el telescopio descubre y que sabemos existen en este extraño globo. Cuadros que el ojo humano ha visto y el espíritu ha paseado, pues, cuando en el silencio de la noche y en el olvido de toda agi-

tación terrestre dirigimos los telescopios hacia este astro solitario, nuestro pensamiento cruza fácilmente la corta distancia que nos separa, y nos creemos sin gran esfuerzo de imaginación habitar un instante en medio de los panoramas lunares que se desarrollan en el campo telescópico.

Ninguna comarca de la Tierra puede darnos idea del estado del suelo lunar; ningún terreno puede haber sido más trastornado; ningún globo ha sido más profundamente desgarrado. Las montañas presentan montones de enormes rocas caídas unas sobre otras y alrededor de espantosos cráteres que se encadenan, véanse tajos inmensos ó columnas de puntiagudas rocas que parecen de lejos agujas de catedrales saliendo del caos.

Allí no hay atmósfera, ó al menos tan poca, que sólo llega á ser perceptible en el fondo de los valles; no hay nubes, nieblas, lluvias ni nieves. El Cielo se ve lo mismo durante el día que durante la noche: siempre y constantemente estrellado.

El día lunar es quince veces mayor que el nuestro, puesto que el Sol emplea un mes en iluminar toda la superficie de la Luna. Desde la salida hasta la puesta del Sol transcurren por lo menos 354 horas.

Suponiendo que llegáramos á las salvajes estepas de la Luna al amanecer, notaríamos que por la carencia de atmósfera no existían allí ni la aurora ni ningún otro crepúsculo, y veríamos al propio tiempo aparecer repentinamente por entre el negro horizonte los rayos solares, yendo á herir las cumbres de las montañas en tanto que las llanuras y los valles permanecían sumergidos en la más completa oscuridad.

La luz va aumentando lentamente, pues mientras que en las latitudes centrales de la Tierra el Sol sólo emplea en aparecer dos minutos y un cuarto, en la Luna tarda más de una hora, siendo, por consecuencia, muy débil la luz que envía durante varios minutos, la cual va aumentando con extrema lentitud. Es una especie de aurora; pero de corta duración, porque al cabo de media hora, cuando aún no ha aparecido por completo el disco solar en el horizonte, ya su luz es tanto ó más intensa que cuando se encuentra todo sobre él. Después continúa elevándose majestuosamente sobre el negro fondo del Cielo; Cielo profundo y sin forma, en el cual brillan las estrellas incesantemente, porque no las oculta velo alguno atmosférico, como sucede en la Tierra durante el día.

La carencia de atmósfera sensible determina allí en la temperatura un efecto análogo al que se nota en las altas montañas de nuestro planeta, donde la rarefacción del aire no permite al calor solar concentrarse en la superficie del suelo.

Por esta causa en la Luna no puede ningún cuerpo conservar el calórico que prestan los rayos del astro del día, porque inmediatamente después de recibidos son de nuevo irradiados en el espacio. Es probable que el frío sea, por tanto, en nuestro satélite, constante, no sólo por las noches, quince veces más largas, como ya hemos dicho, que las de la Tierra, sino hasta en las grandes jornadas solares.

Besde la Luna se admira un majestuoso astro (el cual no es visible para los habitantes de nuestro planeta) que ofrece una particularidad: la de figurar inmóvil en el Cielo, en tanto que los demás astros pasan detrás de él. Este astro es la misma Tierra que presenta á la Luna fases correspondientes á las que ésta nos ofrece, pero en sentido inverso.

En el momento de la «luna nueva», el Sol ilumina de lleno el hemisferio terrestre vuelto hacia nuestro satélite, y se tiene allí la *plena tierra*; en la época del plenilunio el hemisfe-

rio no iluminado de la Tierra es el que está vuelto hacia el satélite, teniéndose, por tanto, la *nueva tierra*; y cuando la Luna ofrece su primer cuarto, la Tierra presenta el último, y así sucesivamente.

¡Qué hermoso espectáculo ofrece nuestro globo durante esta larga noche de 336 horas! Independientemente de sus fases, ó sea pasando hacia la mitad de la noche de su primer cuarto á la *plena tierra*, y á la salida del Sol, de la *plena tierra* al último cuarto, ¡qué admiración nos causaría verla así, estacionaria en el Cielo, girando sobre sí misma en 24 horas! En tal momento se vería en su disco, en el centro de un inmenso Océano verdoso, las dos V superpuestas que forma la América; después se contemplaría la marcha lenta de este dibujo geográfico hacia el Este; la inmediata aparición del Océano Pacífico, y sucesivamente el Asia y la Australia, seguidas del largo Continente Asiático y el Océano Indico.

Y continuando su giro la Tierra, veríamos la Europa y el Africa, y hasta quizá nuestra vista, ejercitada en la contemplación del planeta, pudiera distinguir en el Oeste de Europa las comarcas que nos son más queridas. La Tierra, vista desde lejos, es un mundo brillan-

te: mundo que constituye para la Luna un perpetuo reloj celeste.

Tales son los espléndidos panoramas lunares que podría contemplar un artista; tales son los admirables espectáculos celestes que deleitarían á un astrónomo al observarlos en medio de las silenciosas estepas ó desde las cúspides de los gigantescos Alpes de nuestro extraño satélite.

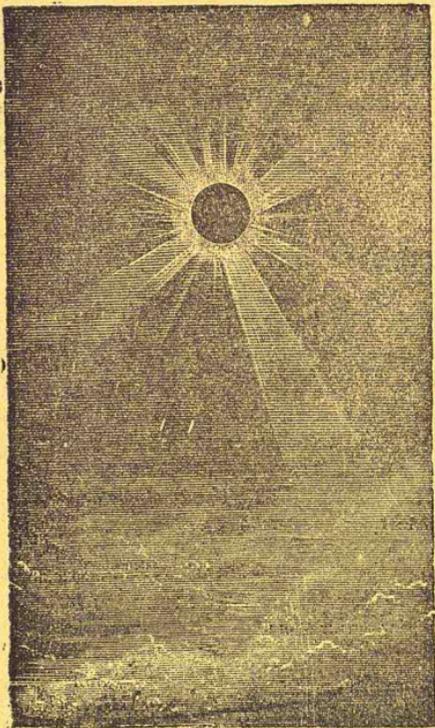
Antes de separarnos de la Luna, daremos cuenta de la producción de los eclipses.

Ya lo hemos dicho: cuando nuestro satélite pasa por delante del Sol, en el momento del novilunio, puede ocultar total ó parcialmente al astro del día.

La Tierra, la Luna y el Sol están entonces en línea recta. Como la Luna no describe una circunferencia alrededor de la Tierra, sino una elipse, se halla unas veces un poco más próximo á ésta y otras algo más distante. En el primer caso parece de mayor tamaño, ocultando por completo al Sol; en el segundo es más pequeña y sólo produce un eclipse lunar, sobresaliendo el disco solar alrededor de ella.

Los eclipses de la Luna tienen lugar en el momento del plenilunio, ó sea cuando nuestro satélite cruza la sombra que proyecta la Tierra al lado opuesto del Sol.

Estos fenómenos se reproducen por intervalos regulares de 18 años y 11 días, según un



Eclipse total de Sol.

ciclo, que se encontrará descrito en nuestra *Astronomía popular*.

El diámetro del globo lunar es aproximadamente cuatro veces menor que el de la Tierra; así es que si se representa por 100 el diámetro de nuestro planeta, el de la Luna estará representado por 273, y como éste es de 3.484 kilómetros, resulta que la superficie mide 38.000.000 de kilómetros cuadrados (la de la Tierra es de 510 millones). Por modesta que sea esta cifra, la Luna sería un mundo digno de la ambición conquistadora de Napoleón.

El volumen de la Luna es 49 veces más pequeño que el de la Tierra, y el peso 8 veces menor. Su densidad es, pues, bastante inferior á la de nuestro planeta: es de 0,615. La gravedad es también muy insignificante: si se representa por 1 la intensidad de la pesantez en la superficie terrestre, en la lunar estará representada por 0,174; es decir, que un peso de 1.000 kilogramos transportado á la Luna, sólo pesaría allí 174.

Si la Luna nos parece á simple vista de iguales dimensiones que el Sol—teniendo éste un diámetro 108 y $\frac{1}{2}$ veces mayor que el de la Tierra y siendo 1.280.000 más voluminoso que ella, ó lo que es igual, midiendo un diá-

metro 400 veces mayor que el de la Luna, y siendo 62.000.000 de veces más voluminoso que ella—si nos parece de iguales dimensiones que el Sol, repetimos, es porque se encuentra 385 veces más próxima á nosotros que aquél. La distancia que media de la Luna á la Tierra es de 384.000 kilómetros, mientras que la del Sol mide 149.000.000.

Tratemos de concebir esta distancia. Una bala de cañón, animada de una velocidad constante de 500 metros por segundo, emplearía 8 días y 5 horas en llegar á la Luna.

El sonido recorre 332 metros por segundo (en el aire á la temperatura 0°). Así, pues, si el espacio que media de nuestro satélite á la Tierra estuviese por completo lleno de aire, el sonido de una explosión volcánica, bastante poderosa para ser oída por nosotros, tardaría en llegar de la Luna 13 días y 20 horas después de haber explotado; si aconteciera esto en época de Luna llena, lo veríamos inmediatamente, pero el ruido no lo oiríamos hasta la siguiente Luna nueva.

Un tren que diese, sin interrumpir su marcha, la vuelta al mundo en 27 días, llegaría á la estación lunar después de 38 semanas.

X

LOS MÉTODOS EN ASTRONOMÍA

Cómo se miden las distancias de los astros, cómo se calculan sus volúmenes y sus pesos.

Es creencia general, que nada es tan difícil como comprender los métodos empleados para obtener tan maravillosos resultados. ¡Estamos tan lejos de los astros! ¿Cómo el habitante de un hormiguero tan minúsculo como el de la Tierra puede medir alturas inaccesibles, determinar las verdaderas distancias de esos mundos lejanos, medir sus volúmenes, calcular sus pesos y descubrir hasta su constitución física y química?

Tales métodos son muy sencillos, mucho menos complicados que gran número de cosas muy vulgares de la vida terrestre, y basta re-

gular atención para comprenderlos. Desde luego la cuestión lo merece, y bien se puede comprar al precio de un ligero esfuerzo de espíritu el deleite de comprender las más grandes leyes de la Naturaleza.

Dediquemos antes de pasar más adelante algunos segundos á la geometría.

Para medir las distancias, se utilizan ángulos, y no de medida determinada, como el metro, por ejemplo. En efecto, la magnitud aparente de un objeto, depende de su dimensión real y de su distancia. Decir, por ejemplo, que la Luna nos parece grande como un plato (lo cual he oído decir á menudo á los auditores de mis cursos populares), no da idea suficiente de su tamaño. Muchas personas que se admiran del resplandor de una estrella errante, ó de un bólido, suelen describir su observación asegurando que el meteoro debía tener un metro de largo y un decímetro de ancho en su extremo anterior. Tales expresiones no satisfacen del todo á las condiciones del problema.

Cuando no se conoce la distancia á un objeto, y ese es el caso general para los astros, no hay más que un solo medio para expresar su tamaño aparente: medir el ángulo que ocupa; si después se puede medir la distancia,

combinando ésta con el tamaño aparente, se encuentra la dimensión real.

La medida de toda distancia y de toda magnitud, está íntimamente ligada á la del ángulo. Para un ángulo dado, el tamaño corresponde exactamente á la distancia. Para una distancia dada, la magnitud real corresponde igualmente al ángulo medido. Se concibe, pues, fácilmente que la medida de los ángulos sea el primer paso de la geometría celeste. Aquí se realiza el viejo proverbio «Nada hay más difícil como el primer paso». En efecto, el examen de un ángulo no tiene nada de poético ni de seductor, pero no por eso es absolutamente desagradable y fastidioso. Todo el mundo sabe lo que es un ángulo, tal como lo representa la figura, y que la medida de un ángulo se expresa en partes de la circunferencia.

La circunferencia se ha dividido en 360 partes, que se llaman *grados*, por lo cual la semicircunferencia representa 180 grados; la cuarta parte, ó ángulo recto, 90 grados.

Un grado es, pues, la 360^a parte de una circunferencia. He aquí una medida independiente de la distancia. Sobre una mesa de 360 centímetros de contorno, un grado es un centímetro, visto desde el centro de la mesa. Un

grado tiene de longitud la 57^a parte del radio del círculo, ó de la distancia al centro. Ese es un principio geométrico que importa no olvidar.

El ángulo no cambia con la distancia, y, por tanto, un grado medido sobre el cielo ó sobre cualquier cuerpo, es siempre un grado.

Como á menudo es preciso medir ángulos más pequeños que el de un grado, se ha convenido en dividir éste en 60 partes, á las cuales se ha dado el nombre de minutos. Cada una de esas partes ha sido igualmente dividida en otras 60, llamadas segundos. Tales denominaciones no tienen nada que ver con los minutos y los segundos de la medida del tiempo.

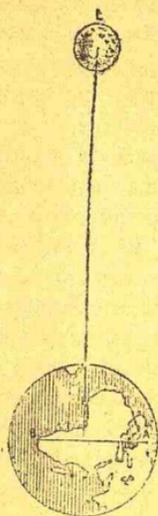
Acabamos de aprender bien fácilmente lo que es un ángulo. Pues bien, como el disco de la Luna mide 31' 8" (31 minutos 8 segundos) de diámetro, es decir, un poco más de medio grado, se necesitaría una cadena de 344 lunas llenas para dar la vuelta al cielo, de un punto del horizonte al diametralmente opuesto.

Si queremos ahora darnos cuenta de las relaciones que ligan las dimensiones reales de los objetos á las aparentes, nos bastará observar que todo objeto parece tanto más peque-

ño cuanto más lejos se halla; y cuando está á la distancia de 57 veces su diámetro, cualesquiera que sean sus dimensiones reales, mide exactamente un ángulo de un grado. Por ejemplo, un círculo de un metro de diámetro, mide un grado si se le ve á 57 metros de distancia. La Luna mide un poco más de medio grado, por lo que se deduce que está alejada de nosotros un poco menos del doble de 57 veces su diámetro, ó sea 110 veces.

Pero esta noción no nos enseñaría nada aun acerca de la *distancia real* ni de las *dimensiones reales* del astro de la noche, si no pudiéramos medir directamente la distancia.

Esta distancia está apreciada hace *dos mil años*, con una aproximación notable; pero á mediados del siglo último, en 1752, fué determinada definitivamente por dos astrónomos, observando en dos puntos muy distantes uno de otro: en Berlín y en el Cabo de Buena Esperanza. Esos dos astrónomos fueron dos franceses, Lalande y Lacaille. Consideremos un instante la figura. La Luna está arriba y la Tierra abajo. El ángulo formado por la Luna será tanto más pequeño, cuanto más distante se encuentre, y el conocimiento de este ángulo nos dará *el diámetro aparente que la Tierra presenta, vista desde la Luna*.



Medida de la distancia
á la Luna.

precisión mayor que la que se admite en la medición de las distancias terrestres, tales como la longitud de una carretera ó un camino de hierro. Aunque esta afirmación parezca exagerada á muchos, es muy cierto que la distancia que separa la Tierra de la Luna en un momento cualquiera, es más exactamente conocida que la longitud del camino de París

Ahora bien; el semidiámetro de la Tierra visto desde la Luna, es inferior á un grado. Esto *prueba* que la distancia de la Luna es de $60 \frac{1}{4}$ semidiámetros ó radios de la Tierra (60,27). En números redondos es treinta veces el espesor de la Tierra. Como el radio terrestre es de 6.371 kilómetros, esta distancia es, pues, de kilómetros 384.000, ó 96.000 leguas de á cuatro kilómetros.

Se puede afirmar que esta distancia así calculada por la geometría, se ha determinado con pre-

á Marsella. (Podríamos agregar, sin comentarios, que los astrónomos verifican con mucha más precisión y tienen más conciencia en sus mediciones que los comerciantes más escrupulosos).

El conocimiento de la distancia de la Luna nos permite calcular su volumen exacto por la medida de su volumen aparente. El semidiámetro de la Tierra visto desde la Luna mide 57 minutos, y el simediámetro de la Luna visto desde la Tierra mide $15' 34''$; y como los diámetros de estos dos globos están entre sí en la misma proporción, haciendo el cálculo exacto, se encuentra que el diámetro de nuestro satélite está con el de la Tierra en la relación de 273 á 1.000; es un poco más del cuarto de diámetro de nuestro mundo, el cual mide 12.732 kilómetros. El diámetro de la Luna es, por consiguiente, de 3.484 kilómetros.

Acabamos de ver cuán sencillo es el procedimiento para determinar la distancia á la Luna, pero no puede utilizarse para calcular la distancia al Sol, por ser ésta demasiado grande. El diámetro entero de la Tierra no es suficiente para formar la base del triángulo. Supongamos que se trazan de dos extremidades diametralmente opuestas del globo terres-

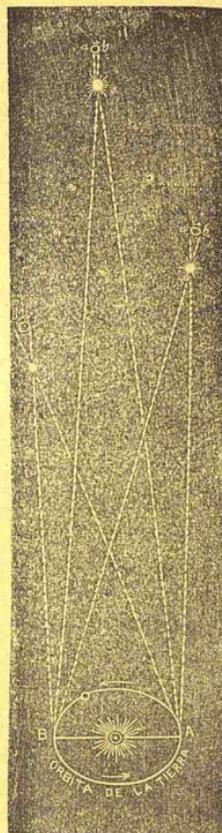
tre, dos líneas al centro del Sol; estas dos líneas estarían casi en contacto en la mayor parte de su longitud, por ser el diámetro de la Tierra un punto con relación á ellas. No habría, pues, triángulo ni medida posible. De aquí al astro del día hay cerca de 12.000 veces el diámetro de la Tierra; es como si se pretendiera construir un triángulo tomando por lado una línea de un milímetro de longitud y en cada extremidad se trazaran dos líneas rectas á un punto situado á 12 metros de distancia; se comprende que esas líneas serían casi paralelas y que los dos ángulos que formarían en la base del triángulo serían casi rectos.

Ha sido preciso eludir la dificultad y se han descubierto seis métodos diferentes para resolver el problema.

El primero es el de pasos de Venus por delante del Sol. Hemos dicho ya que Venus está más cerca del Sol que nosotros y circula en derredor del astro central, describiendo una órbita interior á la nuestra. Ahora bien; cuando Venus pasa precisamente entre el Sol y la Tierra, dos observadores colocados en dos extremidades de nuestro globo, no la ven proyectarse sobre el mismo punto del Sol; la diferencia de los dos puntos conduce al conoci-

miento de un ángulo que da la distancia al Sol.

Supongamos que dos observadores estén colocados en las dos extremidades de un diámetro terrestre; cada cual verá á Venus seguir un camino diferente delante del Sol. Simple fenómeno de perspectiva. Extendiendo la mano y levantando el índice verticalmente, nos ocultará tal objeto cuando cerremos el ojo izquierdo y miremos con el derecho, y tal otro, si cerramos el derecho y miramos con el izquierdo. Para el ojo derecho se proyectará hacia la izquierda; para el ojo izquierdo se proyectará hacia la derecha. La diferencia de las dos proyecciones depende de la distancia á



Órbita de la Tierra.

que colocamos nuestro dedo. En esta comparación familiar, la distancia que separa las dos retinas, representa el diámetro de la Tierra; nuestras dos retinas son los dos observadores; nuestro índice representa Venus, y las dos proyecciones de nuestro dedo los lugares diferentes, desde los cuales los astrónomos ven el planeta sobre la superficie del Sol. Para que la comparación fuese completa, sería mejor, en lugar de extender el dedo, tener un alfiler de cabeza bien gruesa, á cierta distancia del ojo, de tal suerte, que su cabeza se proyectase sobre un disco de papel, colocado á varios metros, y después mover esta cabeza de alfiler delante del disco, mirándola sucesivamente con uno y otro ojo.

Este método de pasos de Venus delante del Sol, no es el único empleado para calcular la distancia del astro radiante; varios otros muy diferentes, é independientes unos de otros, han sido aplicados á la misma investigación, y sus resultados se verifican mutuamente. Daremos de ellos una idea ligera.

Los dos primeros se fundan en la velocidad de la luz. Se ha comprobado que la luz emplea cierto tiempo en transmitirse de un punto á otro, y que para venir, por ejemplo, de Júpiter á la Tierra, emplea de 30 á 40 minutos,

según la distancia del planeta. Examinando las eclipses de los satélites de Júpiter, se ha observado que hay 16 minutos y 26 segundos de diferencia, entre los momentos de llegada cuando Júpiter está del mismo lado del Sol que la Tierra, á cuando se halla al lado opuesto. La luz emplea, pues, 16 minutos 26 segundos en cruzar el diámetro de la órbita terrestre; es decir, la mitad, ú 8 minutos y 13 segundos para venir del Sol, situado en el centro. Mas como los físicos han medido directamente esta velocidad, y han calculado que es de 300.000 kilómetros por segundo, se deduce que la distancia de aquí al Sol, es próximamente 149.000.000 de kilómetros.

Otro método, fundado también en la rapidez de la luz, puede darnos esta distancia. Un ejemplo muy conocido nos lo hará comprender perfectamente. Supongámonos colocados bajo una lluvia vertical; si estamos inmóviles, tendremos nuestro paraguas verticalmente; pero si andamos, lo inclinaremos hacia delante, y si corremos, lo inclinaremos aún más. El grado de inclinación de nuestro paraguas dependerá de la relación de la velocidad de nuestra marcha, con la de las gotas de agua. Se observa el mismo efecto en un tren, por las líneas oblicuas que hace la lluvia en las por-

tezuelas, y cuya oblicuidad es la resultante del movimiento del tren, combinado con la caída de las gotas. El mismo efecto se produce con la luz. Los rayos luminosos son lanzados de las estrellas á través del espacio; la Tierra se mueve con gran velocidad, y nosotros nos vemos obligados á inclinar los telescopios en la dirección que la Tierra gira. Es el fenómeno de la aberración de la luz, el cual muestra que la velocidad de nuestro planeta sobre su órbita, es diez mil veces menor que la de la luz. Se puede, pues, calcular por la velocidad de la luz la de la Tierra, encontrándose que viene á ser 30 kilómetros por segundo, y también determinar la longitud de la órbita recorrida en 365 días, y, finalmente, el diámetro de esta órbita y su mitad, que es precisamente la distancia al Sol.

El cuarto método nos lo facilitan los movimientos de la Luna. La regularidad del movimiento mensual de nuestro satélite está alterada por la atracción del Sol; pero como la atracción varía en razón inversa del cuadrado de la distancia, se concibe que, analizando escrupulosamente la acción del Sol sobre la Luna, se pueda llegar á conocer la distancia al astro del día.

El quinto método, puede deducirse de las

masas de los planetas, cuyos movimientos están íntimamente ligados á la masa del Sol y á su distancia. Las influencias planetarias producen perturbaciones sensibles en las observaciones; cuando las masas han sido determinadas por un método independiente, la magnitud de las perturbaciones da á conocer las distancias.

El sexto método lo ofrece la observación de Marte y de los pequeños planetas exteriores á la Tierra; estos planetas pasan delante de las estrellas lejanas, y situadas, por decirlo así, detrás de ellos, en el infinito, y si se observan sus posiciones desde dos países de la Tierra muy alejados uno de otro, se proyectan en dos puntos diferentes. La separación angular de los dos puntos indica la distancia de la Tierra á Marte ó á los otros planetas observados.

Todas esas medidas concuerdan con precisión notable. La distancia al Sol es de 11.700 veces el diámetro de la Tierra; es decir, en números redondos 149.000.000 de kilómetros.

Conocida la distancia al Sol, nada es más sencillo que calcular su dimensión real, valiéndose de la aparente, exactamente como lo hemos visto para la Luna. El diámetro de la Tierra, visto desde el Sol, es de 17", 6, y el del

Sol, visto desde la Tierra, es de $32' 4''$; es decir, en segundos $1.924''$. Tal es, pues, la relación entre los dos diámetros. Dividiendo el último número por el primero, resulta que le contiene 108 veces y media (108,55). Queda, pues, *demostrado*, que el diámetro real del Sol mide 108 veces y media, 12.732 kilómetros; es decir, 1.382.000 kilómetros.

El mismo principio geométrico se aplica para medir distancias á las *estrellas*. En este problema la dimensión del globo terrestre no puede servir de base al triángulo, como en la medida de la distancia á la Luna, y la dificultad no puede ser eludida como en el caso del Sol, con el auxilio de otro planeta. Pero felizmente, para nuestro juicio, sobre las dimensiones del Universo, la construcción del sistema del mundo ofrece un medio de medida para esas lejanas perspectivas, y ese medio, al mismo tiempo que demuestra una vez más el movimiento de traslación de la Tierra en derredor del Sol, se utiliza para la solución de los más altos problemas astronómicos.

En efecto, la Tierra girando alrededor del Sol á la distancia de 37.000.000 de leguas, describe al año una circunferencia (en realidad es una elipse) de 241.000.000 de leguas. El diámetro de la órbita es, pues, de 74.000.000

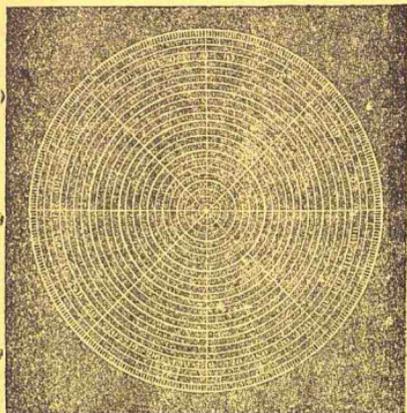
de leguas. Como la revolución de la Tierra dura un año, nuestro planeta está, en cualquier momento que se considere, en el punto opuesto al en que se hallaba seis meses antes, y del punto en que estará seis meses más tarde. En otros términos: la distancia de un punto cualquiera de la órbita terrestre, al punto en que pase con seis meses de intervalo, es de 74.000.000 de leguas, y esa es una longitud respetable, que puede servir de base á un triángulo que tenga por vértice la estrella.

El procedimiento para medir la distancia de una estrella consiste en observar minuciosamente ese pequeño punto brillante con seis meses de intervalo, ó más bien durante un año entero, y ver si la estrella permanece fija ó bien si sufre algún movimiento aparente de perspectiva, por la traslación anual de la Tierra alrededor del Sol. Si queda fija, es por hallarse á una distancia casi infinita de nosotros, pues 74.000.000 de leguas son como cero con relación á esa distancia. Si se ha movido, se comprueba que ha descrito una pequeña elipse durante el año, reflejo de la traslación anual de la Tierra.

Hasta el año de 1840 no se ha empezado á conocer la distancia de algunas estrellas.

El descubrimiento es reciente, y ahora empezamos á formarnos idea aproximada de las distancias reales que separan las estrellas entre sí.

Se puede comprender fácilmente, por el



Pequeñas elipses aparentes descritas por las estrellas en el cielo á causa del movimiento anual de la Tierra.

examen de la figura que publicamos, la relación que une la distancia de una estrella al ángulo observado. El ángulo con que se ve de frente el diámetro de la órbita terrestre, es tanto más pequeño cuanto más alejada esté

la estrella, y el movimiento aparente de la estrella que refleja en perspectiva el movimiento real de la Tierra, disminuye en la misma proporción. Así, la estrella más baja de esta figura muestra un movimiento anual efectuado sobre un espacio angular de 20 grados, la segunda da un ángulo de 15 grados y la más elevada un ángulo de 11 grados. La relación geométrica ya citada da inmediatamente la distancia. Las proporciones de la figura son muy exageradas, porque el ángulo de un grado corresponde á 57 veces el tamaño de la base. Luego el movimiento angular de la estrella más próxima, no es de dos segundos; en la escala adoptada para esta figura, la estrella más cercana de nosotros debería hallarse á 100.000 veces al menos de la base de nuestro triángulo, que es de dos centímetros, es decir, á dos kilómetros, por lo cual sería difícil de colocar tal figura en una obra.

La estrella más cercana á nosotros es la Alfa de la constelación Centauro, que está á 275.000 veces la distancia de nosotros al Sol, es decir, á 10.000 millares de leguas de nuestra mansión terrestre. A pesar de su inimaginable rapidez de 300.000 kilómetros por segundo, la luz marcha, corre, vuela, durante cuatro años

y 128 días, para venir de ese Sol hasta nosotros. El sonido emplearía más de tres millones de años para franquear ese abismo, á la velocidad constante de 60 kilómetros por hora; *un tren expreso no llegaría al sol Alfa del Centauro, sino después de una carrera no interrumpida de cerca de setenta y cinco millones de años.*

Para formar un puente de aquí al Sol, serían necesarios 16.600 arcos del ancho de la Tierra; y para llegar á otro Sol, el más cercano, sería preciso reunir 275.000 puentes del tamaño citado, y colocarles uno tras otro. Y esta es nuestra estrella *vecina*; las demás están más alejadas... hasta el infinito.

Tales son los métodos empleados para medir las distancias y las dimensiones de los astros. Se ve que son geométricos, y que, cuando se conoce el procedimiento, es imposible dudar de la exactitud de los resultados.

PESAR los mundos es también muy sencillo. ¿Cómo, por ejemplo, se ha pesado la Luna?

El peso de la Luna se determina por el análisis de los efectos atractivos que produce sobre la Tierra. El primero y el más evidente de esos efectos, es la *mareas*. El agua de los mares se eleva dos veces al día, obedeciendo al llamamiento silencioso de nuestro satélite. Estu-

diando con precisión la altura de las aguas, se encuentra la intensidad de la fuerza necesaria para levantarlas, y, por consiguiente, el poder, el peso (que es lo mismo), de la causa que los produce; he ahí un primer método.

Otro método se funda en la influencia que la Luna ejerce sobre los movimientos del globo terrestre; cuando está delante de la Tierra, atrae nuestro globo y lo hace marchar más aprisa; cuando se encuentra detrás, por el contrario, le retarda. Por la posición del Sol se ve este efecto en el primero y último cuarto; el astro parece que se ha mudado en el cielo la 290ª parte de su diámetro. Por esta mudanza se calcula también la masa de la Luna.

El tercer método está basado en el cálculo de la atracción que la Luna ejerce en el ecuador, y que produce los fenómenos astronómicos de la nulación y de la precesión de los equinocios.

Todos estos métodos se verifican entre sí y han probado que la masa de la Luna es 81 veces más pequeña que la de la Tierra.

Así, la Luna pesa 81 veces menos que nuestro globo. Su peso es aproximadamente 74 sextillones de kilogramos; los materiales que la componen son menos densos que los que constituyen la Tierra, próximamente su densi-

dad es 0,6 de la de los nuestros. Comparada con el agua, la Luna pesa 3,27, es decir, tres veces y un cuarto más que un globo de agua de las mismas dimensiones.

Se nos puede preguntar de la misma manera, *cómo se ha pesado el Sol*. He aquí un método.

Ya hemos visto que los planetas circulan con tanta menos rapidez, cuanto más alejados estén del Sol: la ley de esta disminución de velocidad, se expresa por la fórmula siguiente: los cuadrados de los tiempos de revolución son entre sí como los cubos de las distancias. O dicho en otra forma: Un cuerpo situado dos veces más lejos que otro, gira en un período indicado por la raíz cuadrada de 8 (cubo de 2); un cuerpo cuatro veces más alejado por la raíz cuadrada de 64 (cubo de 4), y así sucesivamente. ¿Queréis adivinar, por ejemplo, cuánto tiempo una luna situada á distancia doble que la nuestra giraría alrededor de la Tierra? El cálculo es fácil: 2 por 2 por 2 igual á 8; la raíz cuadrada de 8 es 2,84; luego giraría 2,84 veces más lentamente, es decir, en setenta y siete días.

Para conocer la diferencia que existe entre la atracción de la Tierra y la del Sol, es preciso deducir en cuánto tiempo giraría en de-

redor de nosotros un cuerpo situado á 149 millones de kilómetros, que es 385 veces la distancia á la Luna. Hagamos el cálculo, 385 por 385 por 385 igual á 57.066.625; la raíz cuadrada de este número es 7.553; esta luna giraría, pues, alrededor nuestro, 7.553 veces menos veloz que la luna actual, es decir, en 206.330 días, ó en 566 años.

Si los valres de las masas directoras se juzgasen simplemente por el tiempo de las revoluciones, puesto que la Tierra sólo tendría fuerza para hacer girar un satélite en 566 años, y como el Sol puede hacer girar á la Tierra en un año (á la misma distancia de 149 millones de kilómetros), deduciríamos inmediatamente que el Sol es sólo 566 veces más poderoso que la Tierra. Pero no son los períodos simples los que deben compararse, sino los períodos multiplicados por sí mismos.

Multipliquemos, pues, 566 por sí mismo, y encontraremos en números redondos 320.000 para relación aproximada entre la masa del Sol y la de la Tierra. Si hubiésemos tenido en cuenta las decimales y las fracciones, habríamos encontrado 324.000.

Sabemos, pues, matemáticamente, que el Sol pesa 32.000 veces más que la Tierra.

Puesto que la Tierra pesa 5.875 sextrillo-

nes de kilogramos, como hemos dicho, el Sol pesa 324.000 veces más, ó sean 1.900 octillones, ó, en números redondos, dos nonillones de kilogramos. Como se ve, todo es muy sencillo.

Los planetas se pesan de la misma manera, por la velocidad del movimiento de sus satélites alrededor de ellos; los que no tienen satélites han sido pesados por la atracción que ejercen sobre los otros planetas ó sobre los cometas.

Las estrellas se pesan igualmente cuando se puede observar la revolución de otra estrella regida por su atracción. Así, pues, medir y pesar los astros no es un mito, sino verdadera realidad.

XI

DESCRIPCIÓN DE LOS PLANETAS DE NUESTRO SISTEMA

Examinemos ahora en detalle, en un rápido viaje astronómico, cada uno de los mundos que constituyen nuestra gran familia celeste. Es natural empezar el viaje por el centro del sistema, por el planeta más próximo al foco; es decir, por Mercurio.

MERCURIO

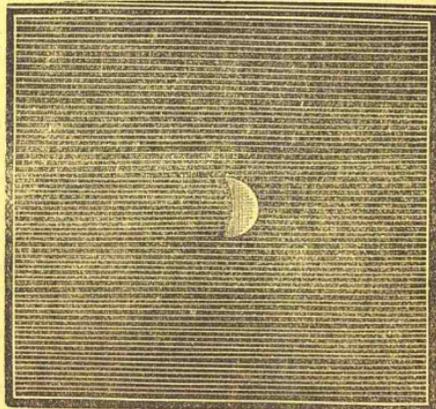
Mercurio es, como ya hemos dicho, el primer planeta que se encuentra, partiendo del Sol: á 15 millones de leguas. Su órbita, siendo interior á la de la Tierra, unas veces se halla entre el Sol y nosotros, otras del otro lado del Sol, con relación á nuestro globo, otras formando ángulo recto, etc. Resulta, pues, que sus fases son análogas á las de la Luna, viéndose con auxilio del telescopio.

Cuando está entre el Sol y la Tierra no podemos verlo en el cielo, porque tiene entonces su hemisferio obscuro vuelto hacia nosotros (no brilla como la Luna y todos los planetas, más que por la luz que recibe del Sol y que refleja en el espacio). Cuando forma un pequeño ángulo con el Sol, vemos un poco de su hemisferio iluminado, y un *creciente* muy marcado se divisa sin el anteojo. Cuando forma ángulo recto se asemeja al primero ó al último cuarto de la Luna, etc. No se le ve jamás perfectamente redondo con el telescopio, porque en las épocas en que nos mostraría todo su hemisferio alumbrado, se halla detrás del Sol, que lo eclipsa. A veces pasa precisamente por delante del Sol: ejemplo, el 10 de Mayo de 1891.

Presenta generalmente un aspecto análogo al de la figura. A causa de su proximidad al Sol, Mercurio no es visible para nosotros, habitantes de la Tierra, más que á las primeras horas de la noche ó por la mañana, jamás á media noche, y siempre en el crepúsculo. Pero se le puede observar durante el día con instrumentos astronómicos.

Este planeta es el más pequeño del sistema (excepción hecha de los fragmentos que gravitan entre Marte y Júpiter). En volumen es

diez y ocho veces más pequeño que la Tierra; en superficie es siete veces menor; su diámetro apenas si llega á la tercera parte del de nuestro globo, pues está con el de la Tierra en la relación de 373 á 1.000, y su longitud es de 4.753 kilómetros; de donde se deduce que ese globo tiene solamente 14.924 kilómetros de circunferencia ó contorno.



Aspecto del planeta Mercurio en su cuadratura.

Las quebraduras observadas á lo largo de borde iluminado por el Sol, indican que la superficie de Mercurio es accidentada. Los dentellones de la línea de separación de la sombra y de la luz, atestiguan la existencia

de altas montañas que interceptan la iluminación solar, y valles ocultos en la sombra que resaltan sobre las partes iluminadas del suelo del planeta. Sabemos, además, que está rodeado de extensa atmósfera, en la cual flotan vapores absorbentes.

Mercurio es el mundo que recibe del Sol más luz y calor; gravita al derredor del astro radiante en el corto período de 88 días: su año es, pues, más corto que tres meses de los nuestros.

Su distancia al Sol varía mucho en el curso de su año, y el astro del día brilla en su cielo ya con disco, diez veces mayor y más caloroso que el que á nosotros presenta, ya con disco solamente cuatro veces mayor, lo que es aún considerable.

Aunque al planeta Mercurio no es fácil de observarlo por elevarse muy poco sobre las brumas de nuestro horizonte, se puede juzgar por su aspecto que su atmósfera es mucho más densa que la nuestra.

Mercurio pesa próximamente 15 veces menos que el globo terrestre; de donde resulta que la densidad de los materiales que lo componen excede solamente en un sexto á la de las materias terrestres, por término medio, pues allí, como aquí, hay diferencias según las

substancias. *La gravedad* en su superficie es menos de la mitad de la terrestre; un kilogramo transportado á Mercurio pesaría allí solo 439 gramos. Esa disminución de peso hace que seres pesados y enormes, como el elefante, el hipopótamo, el mastodonte ó el mamouth podrían tener en ciertos mundos la agilidad de la gacela y de la ardilla. La imaginación puede fácilmente suponer la metamorfosis que la diferencia de pesantez ha de realizar en las obras materiales y hasta intelectuales de la humanidad en la superficie de otro planeta.

En cuanto á las condiciones de vida en ese mundo, son muy diferentes que las de la Tierra. La temperatura debe ser muy elevada, á pesar de las nubes de la atmósfera. El planeta es pequeño, y las provincias que le dividen no deben tener más que una pequeña extensión. Los materiales de que se componen los seres y las cosas son un poco menos densos que los nuestros; el peso es menor de la mitad que aquí. Esas son ya grandes diferencias con el mundo que habitamos; pero la mayor de todas es que este planeta gira en derredor del Sol, presentándole siempre la misma cara, como la Luna en derredor de la Tierra; de suerte, que tiene un hemisferio constantemen-

te iluminado, y el otro constantemente obscuro.

Este descubrimiento, muy reciente, fué hecho por M. Schiaparelli, en 1889: día eterno en un lado, y noche eterna en el otro. Un ligero balanceo debido á la elipticidad de la órbita, permite á veces que el Sol llegue á los bordes del hemisferio obscuro. He ahí un mundo sin días, sin noches, sin horas, sin meses, sin años, sin calendario. ¿Se mide allí el tiempo? ¿Se envejece? ¿Se muere? ¡Quién sabe! La variedad de la creación es infinita.

VENUS

El planeta Venus sigue á Mercurio en el orden de distancias al Sol.

Está situado entre Mercurio y nosotros, puesto que Mercurio es la primera y la Tierra la tercera de las provincias de la gran república solar.

Mientras que Mercurio gira en derredor del astro del día á la distancia de 15 millones de leguas, y nuestro mundo á la de 37 millones, Venus gravita á la de 27 millones.

Es para nosotros el astro más brillante del cielo.

Su órbita, siendo interior á la de la Tierra,

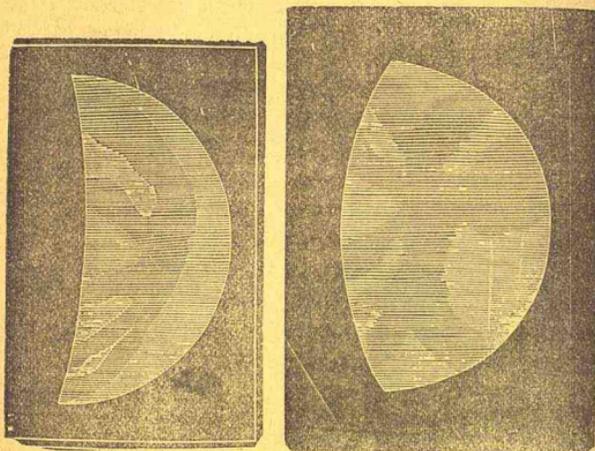
y mucho más pequeña, Venus queda siempre, como Mercurio, en los alrededores del Sol, cuya luz nos refleja con gran vivacidad y brillo; pero puede alejarse de éste mucho más allá de la mayor elongación de Mercurio.

Cuando se encuentra en la mitad de su órbita, que precede al Sol, se divisa por la mañana al Oriente antes de salir este astro, precediéndolo más ó menos, según su distancia angular, ya una hora, ya dos, ya tres; por lo cual, desde la más remota antigüedad, se ha distinguido con los nombres de *estrella de la mañana*, *estrella del Pastor* y *de Lucifer*. Cuando se encuentra en la mitad de su órbita, que sigue al Sol, se muestra anochecido al Occidente, iluminada en el crepúsculo antes que todos los demás astros del firmamento, y atrasándose al Sol en una, dos, y hasta tres horas, según su distancia angular á este astro. Por eso también se le ha dado el nombre de *estrella de la tarde*. (*Vesper*.)

Este planeta presenta, visto con telescopio, fases como Mercurio; los mejores dibujos han sido hechos durante las fases que correspondían á las épocas de su buena visibilidad.

Estos son siempre bastante vagos, porque la observación es extremadamente difícil, siendo

preciso hacerlos durante el día, pues la luz de Venus es demasiado brillante durante la noche.



Vistas telescópicas de Venus.

Presentamos á nuestros lectores, como muestra, dos dibujos hechos en el observatorio de Niza, por M. Perrotín, el 17 de Abril de 1890, de las 4 horas 45 minutos á las 7, y el 27 de Septiembre, desde la 1 hasta las 5.

Venus gira en derredor del Sol en una revolución de 224 días y 16 horas, en la misma dirección que la Tierra, y según las observaciones más recientes, parece hallarse en una

situación análoga á la de Mercurio, y presentar siempre la misma cara al Sol, de donde resulta que tampoco tendría ni años, ni noches, ni días, ni calendario, y que un eterno día reinaría en el hemisferio expuesto constantemente al Sol, y una noche eterna en el opuesto; pero no se tiene en ello tanta seguridad como para Mercurio. Como dimensiones, Venus es el planeta que se asemeja más á la Tierra. Su diámetro es casi igual al de nuestro mundo. Ningún otro globo del sistema ofrece tanta semejanza con el nuestro. Júpiter, por ejemplo, es 1.279 veces más voluminoso que la Tierra; Saturno, 719; Urano, 69, y Neptuno, 55. Esos son colosos con relación á nosotros. El volumen de Marte, al contrario, no es más que las 15 centésimas partes del de la Tierra, y el volumen de Mercurio, las 5 centésimas partes del nuestro. El volumen de la Luna, la 49ª parte del de la Tierra; es decir, un poco más del tercio del de Mercurio. En fin, los mayores de los minúsculos planetas que circulan entre Marte y Júpiter, no miden más que algunos centenares de kilómetros, y los más pequeños bajan hasta algunos kilómetros solamente. Se ve que en todas esas diversidades, Venus puede ser llamado la hermana gemela de la Tierra.

Las primeras escrupulosas observaciones han mostrado en su superficie irregularidades considerables para su volumen, formadas por inmensas y altas cadenas de montañas, muy superiores á nuestros Andes y á nuestras cordilleras. Pero han sido precisos los cuidados más minuciosos para asegurarse de esas particularidades, y sobre todo, para determinar las altitudes. Las mediciones de esas irregularidades atestiguan que el mundo de Venus, aunque más pequeño que el nuestro, posee montañas mucho más elevadas.

La curiosidad y la perseverancia de los astrónomos, ambiciosos de escudriñar los misterios del verdadero Cielo, han logrado levantar una punta del velo nuboso de la atmósfera de Venus.

Se forman en esta atmósfera, como sobre la tierra, nubes é inmensas regiones brumosas. Podemos asegurar, por el brillo particular del planeta y por las dificultades de observarlo, que el estado ordinario de su atmósfera es poco transparente, se halla cubierta de nubes; de modo que en general no vemos más que la superficie exterior, formada por las nubes y no como en la Luna, ó en Marte, el suelo mismo. Hasta hace algunos años se podía dudar de la existencia de la atmósfera en Ve-

nus; pero hoy tenemos en nuestras manos las pruebas irrecusables de la semejanza completa de ese mundo con el nuestro; no solamente se sabe que la atmósfera existe, sino que se ha podido medir su espesor, su densidad, y hasta su constitución física y química. Es casi dos veces más densa que la nuestra, se extiende á mayor distancia y contiene mucho vapor de agua. La semejanza que ese mundo ofrece con el nuestro, por su volumen, la constitución de su atmósfera y la proximidad al Sol, no impiden que difiera en un punto capital, que es el de los años, las estaciones, los días y las noches, que parece que no existen allí. ¿Qué seres lo habitan? No lo podemos adivinar; ¿pero la naturaleza no es de fecundidad infinita?

MARTE

Después de Mercurio y Venus, se encuentra en el espacio, á 37 millones de leguas del Sol, la Tierra, acompañada de la Luna. Como hemos empezado esta obra por la descripción de nuestro planeta, continuemos nuestro viaje sin detenernos en ella.

Nuestra travesía celeste nos conduce en este momento á la órbita del planeta Marte,

que es la cuarta del sistema solar, y que sigue inmediatamente á la de la Tierra en el orden de las distancias al foco común de las órbitas planetarias. Mercurio, Venus y la Tierra han pasado sucesivamente ante nuestra vista. Ahora dejemos completamente la Tierra y las regiones en las cuales se mueve. La órbita de Marte es la primera *exterior* á la órbita terrestre. Se desarrollan en seguida en la inmensidad las órbitas de Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno, que envuelven una á otra, y se suceden de distancia en distancia.

A la simple vista, el planeta Marte brilla en el cielo como una estrella de primera magnitud, y se distingue particularmente por su brillo rojizo, que la ha hecho notable en todos tiempos.

Circula en derredor del Sol á lo largo de una órbita, trazada á la distancia media de 56 millones de leguas del centro solar. Como la órbita de la Tierra está á la distancia media de 37 millones de leguas del mismo astro, la órbita de Marte envuelve á la de la Tierra á 19 millones de leguas de distancia. Esta órbita es además muy elíptica, de tal suerte, que de un lado se acerca mucho más á la órbita terrestre que del lado opuesto. Nuestro planeta sigue también una órbita elíptica. Por la

combinación de los movimientos, Marte pasa cada 15 años á 14 millones de leguas solamente, que fué lo que sucedió en 1877.

Este planeta tiene un diámetro de 6.728 kilómetros. La vuelta al mundo de Marte es, pues, de 21.125 kilómetros. Se ve que es más pequeño que la Tierra. Su superficie sólo es las 29 centésimas partes de la superficie del globo terrestre, y su volumen las 15 centésimas partes del nuestro.

Como es seis veces y media más pequeño que la Tierra en volumen, resulta ser siete veces y media más grueso que la Luna, y tres veces más voluminoso que Mercurio. Pesa nueve veces menos que nuestro globo: si se representa por 1.000 el peso de la Tierra, el de Marte lo estará por 105. Su densidad, comparada á la media del globo terrestre, es de 0,711; es decir, las siete décimas del nuestro.

Marte gira sobre sí mismo en 24 horas, 37 minutos y 23 segundos.

La duración del día y de la noche es casi la misma en Marte que en la Tierra; excede á la nuestra en poco más de media hora. Es notable que esta duración sea tan análoga para estos dos planetas vecinos.

Entre Marte y la Tierra, la diferencia es poco sensible con respecto al movimiento de

rotación: los fenómenos que de éstos se derivan, la sucesión de los días y de las noches, la salida y la puesta del Sol y de las estrellas, la marcha de las horas rápidas ó lentas, según el estado del alma, los trabajos, los goces ó las penas, en una palabra, el curso cotidiano de la vida y el curso habitual de las cosas, se verifican casi en las mismas condiciones que aquí.

El conocimiento tan exacto que tenemos del movimiento de rotación del planeta Marte (tan preciso, en verdad, como el del movimiento de la Tierra), nos ha permitido determinar no menos exactamente la inclinación de su eje de rotación sobre el plano de su órbita. Esta inclinación es casi análoga á la nuestra, de donde resulta que las estaciones son las mismas que las terrestres; sabemos además que esas estaciones no son muy diferentes á las nuestras en su variación de intensidad, entre el verano y el invierno. Un astrónomo de la Tierra no tiene necesidad de hacer el viaje á Marte para conocer sus climas.

Ese mundo presenta, como el nuestro, tres zonas bien distintas: la zona tórrida, la templada y la glacial. Así, la duración de los días y de las noches, sus diferencias según las latitudes, sus variaciones según el curso del

año, los largos días y las largas noches de las regiones polares, en una palabra, todo lo que concierne á la distribución del calor, son otros tantos fenómenos casi semejantes en Marte y en la Tierra. Entre los dos planetas hay, sin embargo, una notable diferencia; *la duración* de las estaciones. Esta duración es mucho más larga en Marte. En efecto, el año marciano es de 687 días; cada una de las cuatro estaciones, es, pues, casi el doble que las de aquí. Además, la órbita de Marte, siendo muy alargada la desigualdad en la duración de las estaciones, es más marcada que en la Tierra.

El día de Marte es 37 minutos más largo que el nuestro, y su año consta de 668 días marcianos. Tal es, para los habitantes de Marte, el número de días de su calendario.

Podemos estudiar desde la Tierra las variaciones climatológicas causadas por las estaciones, y este estudio es uno de los más interesantes que podemos hacer, pues transporta nuestro pensamiento al seno de una naturaleza física, que ofrece con la nuestra simpática analogía.

Hace más de dos siglos que observamos desde la Tierra los principales sucesos de la meteorología marcial. Asistimos á la formación de los témpanos polares, á los deshielos,

á las intemperies, nubes, lluvias, tempestades y al regreso del buen tiempo; en una palabra, á todas las vicisitudes de las estaciones. La sucesión de esos hechos es en la actualidad tan conocida, que los astrónomos pueden predecir la forma, magnitud y la posición de las nieves polares, así como el estado probable, nuboso ó claro, de su atmósfera. El globo de Marte está rodeado de atmósfera análoga á la de la Tierra.

La comparación de todos los dibujos telescópicos de Marte prueba que hay en ese globo manchas permanentes, y el análisis de esos aspectos ha permitido trazar, con cierta aproximación, la geografía general.

Las observaciones son bastante numerosas y bastante armónicas para dar resultados satisfactorios; poseemos hoy cartas *geográficas* de Marte que representan el estado actual de nuestros conocimientos acerca de este planeta vecino (1).

La geografía de Marte no se parece á la de la Tierra.

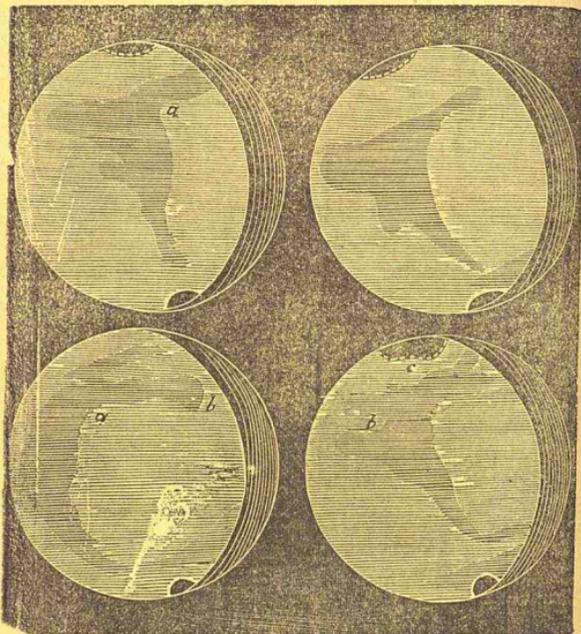
Las *tres cuartas* partes de nuestro globo es-

(1) Estas cartas figuran en mis obras *Las Tierras del Cielo* y *Astronomía popular*; también hemos publicado un pequeño globo del planeta Marte.

tán cubiertas de agua, y en Marte la distribución en mares y tierras es casi igual, y hasta hay un poco más de *tierra que de agua*. En lugar de haber islas rodeadas del elemento líquido, los continentes parecen reducir los Océanos á simples mares interiores, á verdaderos Mediterráneos. Allí no hay Atlántico, ni Pacífico, y la vuelta al mundo puede darse por tierra. Los mares están cortados en golfos prolongados en gran número de brazos, que se introducen, como nuestro mar Rojo, en la tierra firme. Se ha acordado considerar como *mares* las manchas sombrías, y el fondo claro como *tierras*; que haya agua en ese mundo es muy evidente, puesto que se la *vé* en estado de hielo polar, en el de nieve, y también en el de nubes que flotan en la atmósfera, comprobándose además su presencia con ayuda del espectroscopo.

Los mares, vistos de lejos, aparentan ser más oscuros que las tierras, porque el agua absorbe una gran parte de la luz, y la restante que refleja es muy poca. Los terrenos cubiertos de agua deben, pues, parecer sombríos en comparación á los demás. Los mares de Marte se divisan verdosos, y los continentes teñidos de rojo anaranjado; lo cual indica que en ese mundo los vegetales son de ese color.

Este curioso planeta vecino se muestra generalmente al telescopio bajo aspectos análogos á los que hemos representado en la figura,



Aspectos del planeta Marte.

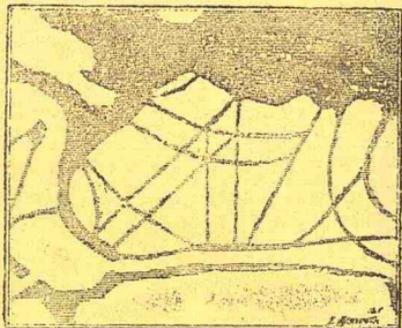
y que reproducen algunas de las observaciones que hemos hecho en 1890 en nuestro ob-

servatorio de Juvisy. Las manchas grises representan los mares, y las de nieve pueden verse en los polos. Los tres primeros dibujos han sido hechos el día 30 de Julio, á las 6,45, 7,20 y 8 horas 45 minutos, y manifiestan visiblemente la rotación del planeta de derecha á izquierda; el punto *a* de las figuras 1 y 3, es un cabo que se adelanta en el mar, y que fué bien visible en ese día. Un largo brazo de mar se extiende de *a* hacia *b*. La figura 4 ha sido tomada el 31 de Julio á las 7,20, y muestra el mismo mar ante nuestros ojos; hay en *b* una isla, y en *c* una región blanquecina.

Con muy poderosos telescopios, los continentes de Marte se distinguen cruzados por líneas rectas, que ponen en comunicación todos los mares marcianos.

M. Schiaparelli, eminente observador, los ha descubierto, y les ha dado el nombre de *canales*. ¿Son verdaderos canales? ¿Serán antiguos ríos rectificadas y ensanchados? Hay menos agua en Marte que en la Tierra, y los continentes parecen completamente llanos. Los observadores del cielo tienen seguramente en éste uno de los más curiosos problemas por resolver. Se tendrá idea de este aspecto por el dibujo que reproducimos, el cual representa una región atravesada por los canales.

La densidad media de los materiales que componen este planeta, que es inferior á la de los materiales constitutivos de nuestro globo, es de 71 por 100; resulta, además, del volumen y de la masa de Marte, que el peso de los cuerpos es extremadamente ligero en su superficie. Así, pues, la intensidad de la pe-



Los canales de Marte.

santez en la superficie de la Tierra, representándola por 1.000, sólo es de 376 en la superficie de Marte: es, pues, la más pequeña que conocemos, después de la de la Luna, que, como ya hemos visto, es aun menor. Resulta que un kilogramo terrestre transportado á Marte pesaría sólo 376 gramos. Un hom-

bre de peso de 70 kilogramos, transportado allí, no pesaría más que 26 kilogramos.

Tal es la fisiología general de este planeta vecino. La atmósfera que lo rodea, las aguas que lo riegan y fertilizan, los rayos del Sol que lo calientan é iluminan, los vientos que lo recorren de un polo á otro, las estaciones que lo transforman, son elementos suficientes para atribuirle un género de vida análogo al de nuestro propio planeta. La menor pesantez en su superficie ha debido modificar este orden de vida, apropiándolo á su condición especial.

Así, el globo de Marte no es ya para nosotros una masa ó blok de piedra girando en el espacio bajo la atracción solar como materia inerte, estéril é inanimada, sino que debemos considerarlo como un mundo *viviente*, poblado de seres que pueden ofrecer gran analogía con nosotros y adornado de paisajes análogos á los que nos encantan en la naturaleza terrestre... Nuevo mundo á que ningún Colón podrá llegar, pero sobre el cual, sin embargo, habita, sin duda, actualmente toda una raza humana, que trabaja, piensa y medita, como nosotros, en los grandes y misteriosos problemas de la naturaleza.

LOS PEQUEÑOS PLANETAS

Démos hacer aquí una parada de algunos instantes antes de llegar al mundo gigantesco de Júpiter, retenidos por la interesante república de los pequeños planetas.

Estos pequeños cantones celestes son en número de varios centenares, y se encuentran todos comprendidos entre la órbita de Marte y la de Júpiter. La zona en la cual se mueven es anchísima, pues mide cerca de 100 millones de leguas.

En esa zona inmensa ya se han descubierto más de trescientos pequeños planetas, y no se pasa año sin que los astrónomos, siempre vigilantes al borde del Océano de los cielos, no señalen otros nuevos, ya sea buscándolos expresamente, ya sea descubriéndolos al hacer otras observaciones, ya al tomar datos para formar cartas de estrellas vecinas á la elíptica. A veces, cuando se apunta á las estrellas fijas que deben figurar en la carta, aparece un astro que no estaba la víspera; entonces se examina su posición y se comprueba que no es fijo. Se sabe, pues, que este astro no es una estrella, deduciéndose, por tanto, que es un planeta.

Presentan estos pequeños planetas el mismo aspecto que las estrellas, por ser telescópicos, invisibles á simple vista y divisarse con igual brillo que las estrellas de décima á décimatercera magnitud. Son, tal vez, fragmentos de un anillo de materias cósmicas que se formaría en tiempo de la creación del sistema solar entre la órbita de Marte y la de Júpiter; puede ser que sean también restos de mundos destruidos. Son tan pequeños, que no es posible distinguir nada en su superficie ni deducir su historia.

Hemos representado en el plano del sistema solar (pág. 89) la zona de los pequeños planetas que gravitan entre Marte y Júpiter.

JÚPITER

Hemos llegado al gigantesco mundo de Júpiter, que gobierna á la distancia de 192 millones de leguas del Sol, es decir, á una distancia del astro del día cinco veces mayor que la de la Tierra. Ese globo colosal gravita alrededor del Sol, describiendo una órbita naturalmente *exterior* á la nuestra y cinco veces mayor, con lenta revolución, en la cual emplea cerca de doce años. La exacta duración de su revolución en derredor del Sol es de

4.332 días terrestres, ó sea 11 años, 10 meses y 17 días.

El planeta Júpiter no es esférico, pero sí esferoidal; es decir, achatado en sus polos. El ojo menos experimentado reconoce en seguida este planeta al verlo con telescopio. Su achatamiento es de $\frac{1}{17}$.

El diámetro de Júpiter es 11 veces mayor que el de la Tierra; es decir, 140.926 kilómetros. En contorno mide, pues, este mundo 442.509 kilómetros. Su volumen excede 1.279 veces al de la Tierra, y es 309 veces más pesado. Su densidad no es más que el cuarto de la de nuestro planeta. La pesantez en su superficie es dos veces y media más intensa que aquí: un hombre del peso de 70 kilos transportado á Júpiter pesaría 174.

Ese globo parece surcado de fajas más ó menos anchas, más ó menos intensas, que se forman principalmente hacia la región ecuatorial.

Las fajas de Júpiter pueden ser miradas como carácter distintivo de ese gigantesco planeta, y se las ha observado desde la primera mirada telescópica que ha dirigido el hombre á mundo tan lejano, y desde entonces no se las ha visto desaparecer más que en circunstancias extremadamente raras.

A veces, independientemente de esos regueros blancos y grises, que en ocasiones están matizados de amarillo ó color anaranjado, se divisan manchas ya más luminosas, ya más oscuras en el fondo, sobre el cual están de-



Aspecto telescópico de Júpiter.

positadas; y hasta irregularidades, rasgones muy pronunciados en forma de fajas.

Si se observa entonces con atención la posición de esas manchas sobre el disco, no se tarda en observar que se mueven del este al

oeste. Cinco horas bastan á una mancha para cruzar el disco de un borde al otro.

Se tendrá una idea del aspecto telescópico actual del planeta Júpiter por el examen de la figura. Se notará en la zona blanca, encima del Ecuador, una mancha gris alargada longitudinalmente que presenta color rojizo en el telescopio. Esta mancha, que hace varios años que se divisa, parece representar vapores por encima de un continente en formación; mide 46.000 kilómetros de larga por 14.000 de ancha; es, pues, cuatro veces más larga que el diámetro de la Tierra. Estas manchas pertenecen á la atmósfera de Júpiter, pero no viajan en derredor del planeta, como sus satélites, con una rapidez propia é independiente del movimiento de rotación; forman parte de la inmensa capa nubosa que rodea ese vasto mundo. Además, no están fijas á la superficie del globo, como lo están los continentes y los mares de Marte, sino relativamente móviles, como nuestras nubes en la atmósfera. Su cambio y su desaparición por el oeste, para reaparecer al este, su vuelta exactamente medida sobre el meridiano central, no dan al observador la duración precisa del movimiento de rotación del planeta en derredor de su eje. Para determinar ese movimiento es preciso hacer gran

número de observaciones. Así, se ha comprobado que este inmenso planeta está animado de un movimiento de rotación dos veces más rápido que el de la Tierra; en lugar de ser de 24 horas la duración del día y de la noche, no es más que de diez horas; sólo transcurren 4 horas con 57 minutos entre la salida y la puesta del Sol, y en cualquier época del año la noche es aún más corta á causa de los crepúsculos. Como por otra parte el año es casi igual á doce de los nuestros, la rapidez de los días hace que los habitantes de Júpiter cuenten 10.455 días en su año.

Seguramente su calendario es muy diferente del nuestro. Otra diferencia tenemos que agregar: la carencia de estaciones.

Júpiter gira, en efecto, de tal modo, que su eje de rotación es casi perpendicular al plano en el cual se mueve en derredor del Sol. La posición que la Tierra presenta el día del equinoccio, Júpiter la conserva siempre; de manera que puede decirse que ese mundo inmenso goza de una primavera perpetua.

La inclinación del ecuador no es más que de tres grados, es decir, casi insignificante. Resulta que la duración del día y de la noche es la misma durante el año en todas las latitudes; que el día es constantemente igual á la

noche (un poco más largo á causa de los crepúsculos); que la temperatura es siempre la misma, sin que jamás se sientan las heladas del invierno ni los calores tórridos del verano, y que los climas se suceden suave y armónicamente según una gradación lenta y uniforme del ecuador hacia los dos polos.

El régimen meteorológico de Júpiter, tal como lo observamos desde la Tierra, conduce á la conclusión de que la atmósfera de este planeta sufre variaciones más considerables que las que serían producidas por la sola acción solar.

Esta atmósfera es muy espesa, su presión es enorme, y la superficie del globo no parece haber llegado á ese estado de fijeza y estabilidad que tiene hoy nuestro planeta.

Es probable que á pesar de ser más viejo que la Tierra, ese globo haya conservado su calor originario mucho más tiempo en razón de su volúmen y de su masa. ¿El calor propio que Júpiter parece poseer aún, es bastante elevado para impedir toda manifestación vital? ¿Y ese globo está todavía en estado de Sol luminoso, ó en estado de sol obscuro al par que abrasador? ¿Es enteramente líquido, ó apenas recubierto de una primera capa cuajada, como la Tierra lo ha sido antes del principio de la

aparición de la vida en su superficie? O bien, ¿ese colosal planeta se encuentra en el estado de temperatura por la cual nuestro propio mundo ha pasado durante el *período primario de las épocas geológicas*, en que la vida empezaba á manifestarse bajo formas extrañas en seres vegetales y animales, de asombrosa vitalidad, en medio de las convulsiones y de las tempestades de un mundo naciente? Esta última conclusión es la más racional que podemos deducir de nuestras observaciones.

Agreguemos que ese mundo boga acompañado de cuatro satélites, que giran en derredor de él, á las distancias respectivas de 430.000, 682.000, 1.088.000 y 1.914.000 kilómetros, en períodos de 1 día 18 horas, 3 días 13 horas, 7 días 4 horas, y 16 días 16 horas.

El tercero es mayor que Mercurio é igual casi á la mitad de la Tierra.

SATURNO

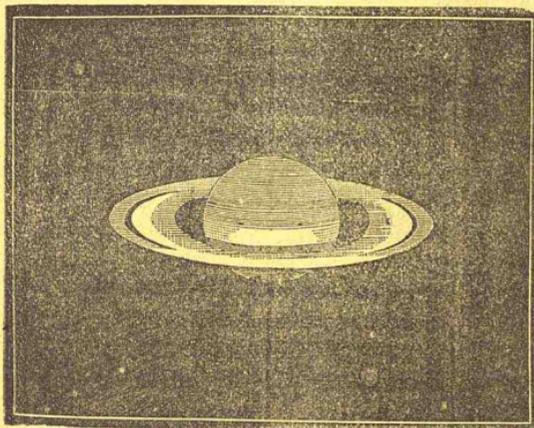
De la Tierra á la órbita de Marte hemos recorrido 19 millones de leguas; de la órbita de Marte á la de Júpiter, hemos cruzado 136; para llegar á Saturno es preciso ahora franquear de un salto un nuevo abismo de 163 millones de leguas, puesto que este planeta

gravita á la distancia de 355 millones de leguas del astro central de nuestro sistema, distancia casi diez veces superior á la de la Tierra al mismo centro. La revolución de Saturno en derredor del Sol se verifica en 10.759 días, ó sean 29 años y 167 días. Ese mundo mide cerca de cien mil leguas de circunferencia, su diámetro está con respecto al de la Tierra en la proporción de 9,30 á 1, y mide 118.500 kilómetros; su superficie es 85 veces más extensa que la de nuestro planeta, y su volumen es 719 veces más considerable. Pesa, por tanto, 92 veces más que la Tierra, lo que prueba que está compuesto de materiales menos pesados y que su densidad media no es más que 128 milésimas de la de nuestro globo. Flotaría en un océano como una bola de madera.

El globo de Saturno es aún más aplanado en sus polos que el de Júpiter, pues su achatamiento es de $\frac{1}{10}$; de manera que mientras que su diámetro ecuatorial mide 112.500 kilómetros, su diámetro polar sólo tiene 110.000. Este inmenso mundo gira sobre sí mismo en 10 horas y 15 minutos, y su año se compone de 29,477 días.

Tiene estaciones poco más ó menos de la misma intensidad que las nuestras, pero que cada una dura más de 7 años.

A la distancia que gravita, en derredor del Sol, el calor y la luz que recibe son 90 veces menor que los que nosotros recibimos; pero es posible que su atmósfera esté constituida de tal modo que absorba este calor y no lo deje perder.



El planeta Saturno.

Saturno presenta un fenómeno único en el sistema solar: el globo que forma el planeta propiamente dicho, está rodeado á distancia considerable de un anillo casi plano muy ancho, que vemos oblicuamente, y que en lugar de parecernos circular, nos parece elíptico y

de una dimensión transversal variable. Vista desde la tierra una porción del anillo, parece que una parte del mismo está delante del planeta, en tanto que la parte opuesta se halla por detrás.

En la que está delante se observa una sombra bien marcada.

El planeta no es luminoso de por sí mismo, y, como sus hermanos, está sencillamente iluminado por el Sol. Es seguramente la maravilla de todo el sistema del mundo; ¡qué singular creación! Suspendido en el cielo saturniano, á la altura de 20.000 kilómetros por encima del ecuador, ese arco de triunfo celeste parece una corona de gloria, corona que mide 71.000 leguas de diámetro y menos de 100 kilómetros de espesor.

El anillo de Saturno está dividido en tres zonas distintas. Se compone de una multitud de partículas, arrastradas por un remolino rápido en derredor del planeta. Las partes más cercanas deben realizar su revolución en 5 horas y 50 minutos, y las más lejanas en 12 horas y 5 minutos, pues de no ser así, se desplomarían sobre la superficie del planeta.

Saturno está enriquecido con ocho satélites que giran alrededor de él.

URANO

Nuestro viaje planetario nos ha transportado á las regiones extremas del dominio del Sol, regiones descubiertas por las últimas conquistas de la astronomía. Por su antigüedad, Saturno marcaba el límite del sistema; pero en 1781, el descubrimiento de un nuevo planeta hecho por William Herschel, astrónomo hanoveriano, emigrado en Inglaterra, alejó este límite de 355 á 733 millones de leguas, causando una verdadera revolución en el campo científico. Se ha dado á este planeta el nombre de Urano.

A esa distancia del centro común de las órbitas planetarias, Urano gravita con lenta revolución, en la que emplea 84 de nuestros años. Cada año de Urano es, pues, igual á 84 de los nuestros; si la biología está en la misma relación que la nuestra con la traslación del planeta, un niño de 10 años cuenta 840 años terrestres; una joven de 18 años no tiene menos de 1.700 primaveras, y un centenario habrá vivido 8.400 años de los nuestros; es decir, que habría nacido antes de que se empezara á construir las Pirámides...

Urano mide 55.400 kilómetros de diámetro. De donde resulta que el volumen de este planeta es 69 veces mayor que el de la Tierra, y pesa 14 veces más que ésta. La materia que lo compone es mucho más ligera que la de nuestro mundo. Su densidad no es más que la quinta parte de la terrestre, pero es mayor que la de Saturno y menor que la de Júpiter.

Está rodeado de cuatro satélites, que en lugar de girar del oeste á este, como en todo el sistema solar, giran en un plano casi perpendicular al en que el planeta se mueve. ¿El eje de rotación coincide con el plano de revolución de los satélites? Se han observado fajas ecuatoriales análogas á las de Júpiter, é indican más bien una inclinación de 58 grados, que es ya considerable. El Sol uraniano se aleja durante el curso de su largo año hasta esta misma latitud; es como si nuestro Sol abandonase el cielo del Africa central y de los trópicos para llegar á situarse en el zenit de San Petersburgo, ó como si en París viésemos en verano al astro del día girar en derredor del polo sin ocultarse ni aun de noche durante 21 años, y permanecer invisible también durante 21 años en invierno... Las estaciones son allí verdaderamente extrañas, pues las regiones ecuatoriales no son más privilegiadas que las

polares. Relativamente á la Tierra es verdaderamente un mundo al revés.

Pero, por otra parte, ¿qué son estas estaciones producidas por un sol 390 veces menos caloroso que el nuestro? Urano, estando 19 veces más apartado del astro central que nosotros, se divisa con un disco 19 veces más pequeño en diámetro, y por consiguiente, 390 veces menor en superficie.

La atmósfera de Urano ha sido confirmada por el análisis espectral, defiriendo de la nuestra por sus facultades de absorción, que la asemejan más á la de Saturno y de Júpiter que á la que nosotros respiramos, y encierra, además, gases *que no existen en nuestro planeta*. He ahí, pues, un mundo que difiere del nuestro bajo todos los puntos de vista, tanto y más que las condiciones de habitabilidad del obscuro fondo de los mares, lo cual nos hace deducir que no puede estar habitado por seres semejantes á nosotros.

Hasta ahora no se ha podido distinguir bien su superficie, aparte de algunas fajas ecuatoriales apenas perceptibles.

NEPTUNO

Si en 1781 el descubrimiento de Urano había retrocedido las fronteras del sistema solar de 355 á 733 millones de leguas del Sol, en 1846, el descubrimiento de Neptuno por Le Verrier, alejó por otro salto esas fronteras de 733 á 1.100 millones, más de un millón de leguas; así es como la idea del universo se ha agrandado en la inteligencia humana en razón directa de los descubrimientos de la astronomía. Neptuno tiene 48.000 kilómetros en diámetro, su superficie es 16 veces más extensa que la de nuestro globo, su volumen es de 55 Tierras, y le acompaña un satélite.

Cada año de ese mundo es igual á 165 de los nuestros; como ya hemos dicho en Urano, si se vive allí por término medio tantos años como en la Tierra, los niños deben mamar aún á la edad de 200 años, ingresarán en el servicio militar á la edad de 3.300 (si esta feliz invención de la guerra permanente ha sido imaginada como en nuestro inteligente planeta), ¡y los centenarios gemirán bajo el peso de 16.500 inviernos! Sin duda que la vida se desliza allí muy lentamente.

Se concibe que la distancia que separa este

planeta del nuestro, de más de un millón de leguas, haga que nuestros poderosos telescopios no alcancen á distinguir nada en su superficie. Su constitución física nos es poco menos que desconocida. Sabemos, sin embargo, por la rapidez de su satélite, y por las perturbaciones ejercidas por Urano, que su masa es 16 veces mayor que la de la Tierra, que su densidad media no es más que la tercera parte de nuestro globo y que la pesantez es poco más ó menos la misma que aquí. El análisis espectral ha probado además con certeza, como para Urano, la existencia de una atmósfera absorbente en la cual se encuentran gases que *no existen en el nuestro* y que ofrecen casi la misma composición química que los de Urano.

La distancia de Neptuno al Sol, siendo 30 veces mayor que la de la Tierra al astro del día (¿debemos aún darle este nombre?), se distingue con diámetro 30 veces más pequeño que nuestro Sol terrestre, y envía 900 veces menos calor y menos luz. Es como un crepúsculo eterno.

Tal es la última isla de nuestro archipiélago planetario; tal es la última provincia conocida de la república solar, última etapa ó jornada de nuestra descripción de ese sistema.

EL CIELO ESTRELLADO

Descripción general de las constelaciones.

En las silenciosas noches brillan las estrellas en la inmensidad de los cielos formando misteriosas asociaciones. Avanzan lentamente del Este hacia el Oeste con el carro de la noche, presentando ante nosotros todo el cielo estrellado, que parece girar en derredor nuestro como si el hombre fuese el soberano contemplador de tantas maravillas. ¿Qué nombres se han dado á esos visitantes celestes, y cómo se pueden reconocer fácilmente esos astros resplandecientes? He ahí las preguntas que suele hacerse al contemplar el cielo, y á las cuales es muy fácil responder.

Tratemos de leer en el gran libro del cielo, siempre abierto á nuestros ojos. Con facilidad se pueden encontrar las principales estrellas sirviéndose de algunas alineaciones.

Todo el mundo conoce la Osa Mayor, constelación formada de siete estrellas bastante brillantes, que giran en derredor de la estrella del Norte ó estrella Polar. Se llama también el Carro de David, y es visible en cualquier hora de la noche, ya en la parte superior de la bóveda celeste, ya más próxima al horizonte hacia el Este ó hacia el Oeste, cambiando de posición según las horas y las estaciones. La figura siguiente representa esta importante constelación.



Las siete estrellas principales de la Osa Mayor.

Ella no se oculta jamás, y vigila noche y día encima del horizonte Norte, girando lentamente en 24 horas en derredor de una estrella de que vamos á ocuparnos ahora mismo. En la figura de la Osa Mayor, las tres estrellas de la extremidad forman la cola, y las cuatro del cuadrilátero constituyen el cuerpo. Con-

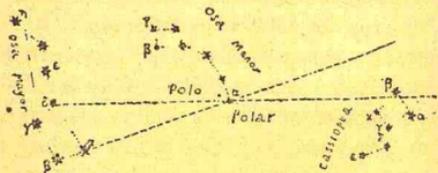
siderada como Carro, las cuatro estrellas forman las ruedas, y las tres la lanza. Por encima de la segunda de estas últimas (ζ), llamada también Mizar, quien tenga buena vista distinguirá una pequeña estrella llamada Alcor, que también se designa con el nombre de Jinete; los árabes la llaman Saidak, es decir, la Prueba, porque les sirve para probar el alcance de la vista. Las letras griegas sirven para designar cada estrella, usándose las primeras del alfabeto; alfa (α) y beta (β) marcan las dos primeras estrellas, gamma (γ) y delta (δ) las otras, epsilon (ϵ), zeta (ζ) eta (η) las tres de la lanza. También se las ha dado nombres árabes, que pasaré en silencio por haber caído en desuso, á excepción de Mizar.

Esta brillante constelación septentrional, que la forman (á excepción de la δ) estrellas de segunda magnitud, desde los más remotos tiempos ha cautivado la atención de los contempladores y ha personificado las estrellas del Norte.

Ahora que conocemos la Osa Mayor, es preciso saber utilizarla para que nos sirva en nuestros viajes celestes, en nuestras indagaciones uranográficas.

Si se traza una línea recta por las dos estrellas marcadas α y β que forman la extremi-

dad del cuadrilátero y se prolonga más allá del alfa una longitud igual á cinco veces la distancia de la beta á la alfa, ó una cantidad igual á la distancia de alfa á la extremidad de la cola, eta, se encuentra una estrella un poco menos brillante que las precedentes, que forma la extremidad de una figura semejante á



Método para encontrar la estrella polar.

la Osa Mayor, pero más pequeña y dirigida en sentido contrario. Es la Osa Menor ó Carro Menor, formada igualmente de siete astros. La estrella á que nuestra línea nos conduce, ó sea la que está á la extremidad de la cola de la Osa Menor, ó en el extremo de la lanza del Carro Menor, es la *estrella Polar*.

La estrella Polar goza de cierta fama, como todos los personajes que se distinguen de lo común, porque es la única entre todos los astros que centellean en nuestras noches estrelladas, que permanece inmóvil en los cielos.

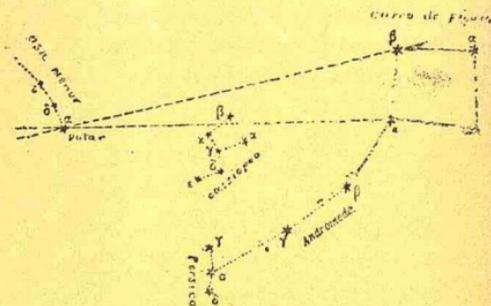
En cualquier momento del año, del día ó de la noche, que se observe el cielo, siempre se la encontrará en el mismo lugar. Todas las demás estrellas giran en 24 horas en derredor de ella, que está en el centro de esta inmensa rotación. La Polar permanece inmóvil señalando un polo del mundo, y sirve de punto fijo á los navegantes del Océano, así como á los viajeros del desierto inexplorado.

Mirando á la estrella Polar, que se halla inmóvil, como hemos dicho, en medio de la región septentrional, se tiene el *Norte* enfrente, el *Sur* detrás, el *Este* á la derecha y el *Oeste* á la izquierda. Todas las estrellas girando en derredor de la Polar deben ser reconocidas por sus relaciones mutuas, más bien que por referencias á los puntos cardinales.

Del otro lado de la estrella Polar, con respecto á la Osa Mayor, hállase otra constelación fácil de reconocer. Si de la estrella del medio (δ) se traza una línea al polo y se prolonga una longitud igual, se atraviesa la de Casiopea, compuesta de cinco estrellas principales, que forman casi una M; la pequeña estrella χ (kappa), que termina el cuadrilátero, la da también la forma de una silla. Ese grupo toma todas las situaciones posibles girando en derredor del polo, encontrándose tan pron-

to arriba como abajo, unas veces á la izquierda y otras á la derecha; mas es siempre fácil de encontrar, puesto que, como las precedentes, no se oculta jamás, y está siempre al lado opuesto de la Osa Mayor. La estrella Polar es el eje de giro de estas dos constelaciones.

Si trazamos por las estrellas α y δ de la Osa Mayor dos líneas al polo, y prolongamos esas líneas más allá de Casiopea, llegarán al cuadrilátero de *Pegaso*, del cual uno de los lados se prolonga por tres estrellas en posición casi semejante á las de la lanza de la Osa Mayor.



Casiopea, Andrómeda, Pegaso y Perseo.

Esas estrellas pertenecen á *Andrómida* y llegan hasta la constelación *Perseo*.

La última estrella del cuadrilátero de Pegaso

es, como se ve, la primera α de Andrómeda. Al Norte de la β de Andrómeda se halla cerca de una pequeña estrella una nebulosa oblonga, que se comparaba en otros tiempos á la luz de una vela vista á través de una delgada lámina de cuerno: es la primera nebulosa citada en los anales de la Astronomía. En Perseo, la estrella (α), es decir, la más brillante, situada en la prolongación de las tres principales de Andrómeda, está entre otras dos menos resplandecientes, que forman con ella un arco cóncavo muy fácil de reconocer, y que va á servirnos para nueva orientación. Prolongándolo del lado de δ , se encuentra una estrella muy brillante de primera magnitud. Es la *Cabra*, ó *Capella*, ó α del *Cochero*.



Cabra, Perseo, Pléyades.

Formando un ángulo recto con esta prolongación hacia el lado del Mediodía, se llega á las *Pléyades*, brillante conglomerado de es-

trellas. A un lado está la estrella Algol, ó *Cabeza de Medusa*.

Esta estrella Algol, ó β de Perseo, que se divisa no lejos de la α , pertenece á la clase de estrellas variables. En lugar de alumbrar con intensidad fija, como los otros astros, es tan pronto brillante como tan pronto pálida, y pasa de la segunda magnitud á la cuarta. A fines del siglo XVII se ha reparado por primera vez en esta variabilidad. Las observaciones hechas desde esta época han demostrado que es periódica y regular y que este período es de asombrosa rapidez: el mínimo tiene lugar cada 2 días 20 horas 48 minutos.

Prolongando más allá del cuadrilátero de Pegaso la línea curva de Andrómeda, se llega á la vía láctea, hallándose en esos parajes: el Cisne, semejante á una cruz; la Lira, donde brilla Vega; el Aguila (Altaír con dos satélites), y Hércules, constelación hacia la cual el movimiento del Sol nos lleva.

Tales son los principales personajes que habitan las regiones circumpolares.

Vamos á pasar al lado opuesto al que acabamos de hablar; pero siempre cerca del Polo.

Volvamos á la Osa Mayor. Prolongando la curva formada por la cola, encontraremos á

alguna distancia una estrella de primera magnitud, *Arturo*, ó α del *Boyero*. Un pequeño círculo de estrellas que se divisa á la izquierda del *Boyero* constituye la *Corona boreal*. En el mes de Mayo de 1866 se vió alumbrar en esta constelación una pequeña estrella, cuyo resplandor no duró más que quince días.

La constelación del *Boyero* forma un pentágono. Las estrellas que la componen son de tercera magnitud, á excepción de *Arturo*, que es de primera. Esta es una de las más próximas á la Tierra, pues forma parte del pequeño número de las que su distancia ha podido medirse; está á 81 trillones de leguas de la Tierra y brilla con hermoso color amarillo de oro.

Trazando una línea de la estrella Polar á Arturo, y levantando una perpendicular en el medio de esta línea, por el lado opuesto á la Osa Mayor, se encuentra una de las más brillantes estrellas del cielo. Vega ó alfa de la Lira, vecina á la Vía Láctea, forma con las dos estrellas que acabamos de nombrar un triángulo equilátero.

La línea de Arturo á Vega corta á la constelación Hércules. Entre la Osa Mayor y la Menor se divisan una larga serie de pequeñas

estrellas que forman como anillos y se dirigen hacia Vega: son las estrellas del Dragón.

Las estrellas próximas al polo, y que han recibido por esta circunstancia el nombre de circumpolares, están distribuidas en los grupos que acabamos de mencionar. Yo invito á mis lectores que aprovechen algunas hermosas noches para ejercitarse en encontrar esas constelaciones. El mejor medio es ayudar á las indicaciones precedentes con un mapa celeste.

Todas esas constelaciones giran en derredor de la estrella del Norte, ó más bien alrededor del eje del mundo, cuya inclinación sobre el horizonte de cada lugar es invariable.

Resulta de esta invariabilidad que son siempre las mismas estrellas las que se elevan por encima del horizonte de un mismo lugar, cualesquiera que sea la época del año. Solamente, entre las que salen y ocultan, las unas están por encima del horizonte durante la noche y entonces son visibles, en tanto que otras verifican su orto y su ocaso durante el día, impidiendo la claridad el divisarlas á simple vista.

Las estrellas circumpolares, al contrario, no llegan jamás al horizonte y se ven todas las noches del año.

En fin, otras estrellas describen sus circunferencias diurnas por debajo del horizonte, y no son jamás visibles en el lugar considerado, al menos de no estar en el Ecuador.

Se vé, pues, que la esfera celeste puede dividirse en tres zonas: 1.º La zona de las estrellas circumpolares y de las estrellas perpetuamente visibles. 2.º La de las estrellas que salen y se ocultan, y cuya visibilidad durante la noche depende de la época del año en que se miran. 3.º En fin, la zona de las que no se elevan jamás por encima del horizonte.

Como todo el cielo gira en 24 horas en derredor del eje del mundo, todas las estrellas pasan una vez al día por el Meridiano.

Se sabe que en su marcha aparente, y por encima de nuestras cabezas, el Sol sigue un curso regular y permanente, que cada año en las mismas épocas pasa á igual altura, que si está más próximo en el mes de Diciembre que en el de Junio, no deja de ser regular su carrera, puesto que tal variación depende simplemente de las estaciones terrestres, y, por último, que en las mismas épocas vuelve siempre á los mismos puntos del cielo.

Recordaremos también que las estrellas permanecen perpetuamente en derredor de la Tierra, y que si desaparecen por la mañana

para volver por la noche, es únicamente porque impide verlas la luz del día.

Se denomina Zodiaco á la zona de estrellas que cruza el Sol durante el año. Esta palabra procede de la griega *Zōdion*, animal, etimología que se debe á la clase de figuras, trazadas sobre esta faja de estrellas para representar las constelaciones, pues son, en efecto, animales la mayoría de las figuras que las representan.

Se ha dividido la circunferencia del cielo en doce partes, que se han llamado los doce signos del Zodiaco, y nuestros padres las denominaban *las casas del Sol*, y también las *residencias mensuales de Apolo*, porque el Sol visita una cada mes y vuelve cada primavera al origen del Zodiaco. Dos memorables versos latinos nos presentan los doce signos en el orden que los recorre el Sol.

Sunt: Ariēs, Taurus, Gemini,

Cancer, Leo, Virgo,

Libraque, Escorpius, Arcitenens,

Capur, Anphora, Piscis.

O bien en castellano: el Carnero, el Toro, los Gemelos, el Cangrejo, el León, la Virgen, la Balanza, el Escorpión, Acuario y los Peces.

Si logramos conocer nuestro cielo boreal, si sus principales estrellas quedan suficiente-

mente marcadas en nuestra mente con las relaciones recíprocas que guardan entre sí, no tenemos que temer confusión alguna, y nos será fácil reconocer las constelaciones zodiacales.

Dadas esas someras indicaciones, los primeros signos serán muy fáciles de encontrar. Para tener de ellos un conocimiento completo y duradero, es necesario seguir sobre el mapa las descripciones que vamos á dar y ejercitarse en seguida por la noche en reconocer directamente las estrellas en el firmamento.

El *Carnero* está situado entre Andrómeda y las Pléyades, que ya conocemos. Trazando una línea recta de Andrómeda á ese grupo de estrellas, se atraviesa la cabeza del Carnero, formada por dos estrellas de tercera magnitud: el Carnero es el primer signo del Zodiaco, porque en la época en que esta parte principal de la esfera celeste fué establecida, el Sol entraba en este signo en el equinocio de la primavera, y el ecuador cruzaba en este punto á la eclíptica.

La constelación *Toro* le sigue, yendo del oeste al este. La reconoceréis fácilmente por el grupo de las Pléyades que brillan á su espalda, por el de las Hiadas que centellean á

su frente, y por la magnífica estrella que marca su ojo derecho, la estrella Aldebarán, de primera magnitud. Está también situada encima de la espléndida constelación Orión, que encontraremos y saludaremos bien pronto; Aldebarán alumbra en la prolongación Norte de la línea de los Tres Reyes. (Véase la figura de las págs. 216 y 217.)

Las Pléyades, que centellean al noroeste de Aldebarán, están formadas por una multitud de estrellas, de las cuales seis se divisan fácilmente á la simple vista, pero con el telescopio pueden contarse varios centenares.

Los *Gemelos* son fáciles de reconocer al este de las precedentes, porque sus cabezas están formadas por dos bellas estrellas, Cástor y Pólux, á las cuales llegaremos igualmente por una diagonal que cruce la Osa Mayor en la dirección de la lanza. También Cástor forma un hermoso triángulo con la Cabra y Aldebarán; así, que es muy fácil de encontrar. Descendiendo hacia el Toro, ocho ó diez estrellas que terminan la constelación, se encuentra algo más abajo Proción, estrella de primera magnitud. Esta región, marcada por Orión, Sirio, Géminis, la Cabra, Aldebarán, Pléyades, es la más hermosa de la esfera celeste. A fin de otoño, y en las más bellas no-

ches de invierno, resplandece durante la noche en nuestro hemisferio. Los Gemelos son, en la fábula Cástor y Pólux, hijos de Júpiter, célebres por su amistad indisoluble, por lo que fueron recompensados con la inmortalidad.

El *Cangrejo*, ó Cáncer, se divisa por debajo de la línea de Cástor y Pólux, en cinco estrellas de cuarta ó quinta magnitud. Es el personaje menos importante del Zodiaco.

El *León* es un gran trapecio formado por cuatro bellas estrellas situadas al este de los Gemelos. Se puede también encontrar, prolongando en sentido opuesto, la línea $\alpha\beta$ de la Osa Mayor, que nos ha servido para hallar la Polar. La más brillante de sus estrellas, alfa, se llama Régulus: es el corazón del León.

La *Virgen* sigue tras León, siempre del lado del este, como puede verse en el mapa. Si nos sirviéramos aún de la muy complaciente constelación que hemos utilizado con tanta frecuencia, prolongaríamos hacia el Mediodía la gran diagonal $\alpha\gamma$ del cuadrilátero de la Osa Mayor, y encontraríamos una hermosa estrella de primera magnitud, colocada justamente á la izquierda en nuestra figura; es la Espiga de la Virgen, astro conocido de muy antiguo. Ya que conocemos á Arturo ó alfa

del Boyero y al alfa del León, podemos observar aún que esas dos estrellas y la Espiga forman un triángulo equilátero.

La *Balanza* es el séptimo signo del Zodiaco. Al este de la Espiga de la Virgen se divisan dos estrellas de segunda magnitud, que son alfa y beta de la Balanza, las cuales marcan los dos patillos. Con otras dos estrellas menos brillantes, forman un rombo sobre la eclíptica. Hace dos mil años, el Sol pasaba por esta constelación en el equinoccio de otoño, de donde procede el origen de ese signo, que iguala el día á la noche y el trabajo al sueño.

El *Escorpión*, cuyo corazón está señalado por la estrella roja Antares, astro de primera magnitud, es fácil de reconocer por su forma encorvada. Antares, alfa del Escorpión, está en la prolongación de la línea que une á Régulus (alfa del León) con la Espiga; esas son tres brillantes estrellas colocadas en línea recta en la dirección oeste-este. Antares forma también con la Lira y Arturo un gran triángulo isósceles, del cual esta última estrella es el vértice.

Sagitario forma un trapecio oblicuo, y está un poco hacia el oriente de Antares, siguiendo siempre la dirección de la eclíptica. Consta

de astros de tercera magnitud, é inferiores. Esta constelación no se eleva mucho sobre el horizonte de París.

Capricornio no es tan rico en estrellas brillantes. Las que centellean á su frente, alfa y beta, son las únicas que se pueden contemplar á la simple vista. Estas se encuentran en la prolongación de la línea que va de la Lira al Aguila. La región del Zodiaco que visitamos ahora es la más pobre del cielo, contrastando con la opuesta, donde hemos admirado Aldebarán, Cástor y Pólux, la Cabra, etc.

Encima de Capricornio alumbra Altair ó alfa del Aguila.

Acuario forma, con sus tres estrellas terciarias, un triángulo muy aplastado. La base se prolonga en una fila de estrellas del lado de Capricornio, y hacia la izquierda llega á la Urna.

Los *Peces*, último signo del Zodiaco, hállese al Sur de Andrómeda y de Pegaso, y están enlazados por una cinta. Poco aparente, como las precedentes, esta constelación está compuesta de dos hileras de estrellas no muy luminosas que parten de la alfa, de tercera magnitud, que forma el nudo de la cinta y van divergiendo, la una hacia alfa de Andrómeda, y la otra hacia alfa de Acuario.

Nuestra descripción general del cielo estrellado debe ahora completarse con la de los astros del cielo austral.

Orión es la más bella de las constelaciones. El mejor medio de rendir homenaje á los personajes de valor, es el de aprender á conocerlos bien.

Observad nuestro mapa zodiacal por debajo de Tauro y Géminis al sur del Zodiaco, y encontraréis ese gigante que levanta su masa hacia la frente del Toro.

Siete estrellas brillantes se distinguen: dos de ellas, alfa y beta, son de primera magnitud, y las otras cinco son de segunda.

Alfa y gamma marcan los hombros, kappa la rodilla derecha, y beta la rodilla izquierda; delta, epsilon y zeta el tahalí ó la cintura; por debajo de esta línea hay tres estrellas muy luminosas y muy próximas: es la Espada; entre el hombro occidental y Tauro se ve el Escudo, compuesto de una fila de pequeñas estrellas dispuestas en línea curva. La cabeza está marcada por una pequeña estrella de cuarta magnitud.

En una hermosa noche de invierno, volveos hacia el Sur y reconoceréis inmediatamente esta grandiosa constelación. La línea de la cintura, prolongada por los dos lados, pasa al

noroeste por la estrella Aldebarán ó el ojo del Toro, y al sudeste por Sirio, la más brillante estrella del cielo, de la que pronto nos ocuparemos.

Durante las bellas noches de invierno es cuando esta constelación brilla sobre nuestras cabezas. En ninguna otra estación está el firmamento tan magnífico como en los meses de invierno. Al par que la naturaleza nos priva de ciertos goces por un lado, nos ofrece, en cambio, otros no menos preciosos. Las maravillas del cielo se presentan á nuestros ojos desde Tauro y Orión, al este, hasta la Virgen y el Boyero al oeste, divisándose hasta 18 estrellas de primera magnitud en toda la extensión del firmamento: una docena visibles desde las nueve hasta media noche, además de las bellas estrellas de segundo orden, de las nebulosas admirables y otros astros muy dignos de la admiración de los mortales. Las principales estrellas son: Sirio, Procion, la Cabra, Aldebarán, la Espiga, el Corazón de la Hidra, Rigel, Betelgenze, Cástor y Pólux, Régulo y beta del León.

Así es como la naturaleza establece en todas partes una compensación armoniosa, y mientras entristece nuestros días de invierno, rápidos y helados, nos regala largas noches en-

riquecidas con las opulentas creaciones del cielo.

La constelación de Orión es no solamente la más rica en estrellas brillantes, sino que reserva á los iniciados tesoros que ninguna otra nos podría ofrecer. Se puede casi llamar la California del cielo.

Olvidaba agregar que las tres estrellas oblicuas que forman el *tahalí* ó *cintura*, han sido denominadas *Los Tres Reyes Magos*, el *Bastón de Jacob*, y que en nuestras campiñas se las distingue con el nombre de Rastrillo.

Al sudeste de Orión, en la línea de los Tres Reyes, alumbrá la más bella de todas las estrellas, *Sirius* ó alfa de la constelación del Perro Mayor. Este astro, de primera magnitud, marca el ángulo superior oriental de un gran cuadrilátero, cuya base, vecina al horizonte de París, es adyacente á un triángulo. Las estrellas del cuadrilátero y del triángulo son todas de segunda magnitud. Esta constelación sale anochecido á fin de Noviembre, pasa por el meridiano á fin de Enero, y se oculta á fin de Marzo.

Cuando los astrónomos se atrevieron á ensayar las operaciones relativas á determinar las distancias de las estrellas, la luz de Sirio, la más brillante estrella del cielo, tuvo el don

de atraer particularmente su atención. Después de largos y minuciosos estudios, se llegó á determinar su distancia, que es de 23 trillones de leguas.

El Perro Menor, ó Proción, se halla encima del Mayor, debajo de Géminis, Cástor y Pólux, y al este de Orión.

La Hidra es una extensa constelación que ocupa la cuarta parte del horizonte, bajo Cáncer, León, y la Virgen. La cabeza, formada de cuatro estrellas de cuarta magnitud, está á la izquierda de Proción, en la prolongación de una línea que pasa por esta estrella y por Betelgenze. El lado occidental del gran trapecio de la constelación León, como la línea de Cástor y Pólux, se dirigen hacia la estrella alfa, de segunda magnitud, que señala el corazón de la Hidra; se observan también constelaciones de segundo orden: el Cuervo y la Copa.

El Eridán, la *Ballena*, el *Pez austral* y el *Centauro*, son las únicas constelaciones importantes que nos quedan por describir. Se encuentran en el orden que acabamos de indicar, á la derecha de Orion. El Eridán es un río compuesto de gran número de estrellas de tercera y cuarta magnitud, que descienden y serpentean á la izquierda del pie de Orión, ó sea Rigel, y van á perderse debajo del hori-

zonte. Después de seguir largas sinuosidades, termina en una bella estrella de primera magnitud, Achernar, invisible para nuestras latitudes.

Para encontrar la Ballena hay que fijarse debajo de Aries, en una estrella de segunda magnitud que forma triángulo equilátero con Aries y las Pléyades: es la alfa de la Ballena, ó la Mandíbula. La estrella del Cuello, omicron, es una de las más curiosas del cielo. Se la llama la Maravillosa, *Mira Ceti*, y pertenece á la clase de estrellas *variables*; tan pronto se divisa muy brillante como se hace completamente invisible. Se han estudiado esas variaciones desde fines del siglo XVI, determinándose que el período de creciente y de menguante es de unos 331 días, aunque parece irregular, pues á veces se retrasa 25 días y otras adelanta igual período. El estudio de estos singulares astros ofrece curiosos fenómenos.

En fin, la constelación Centauro está situada debajo de la Espiga de la Virgen. El Centauro contiene la estrella más cercana á la Tierra, alfa, de primera magnitud, que dista próximamente 10 *trillones* de leguas.

Mas estamos ocupándonos de las constelaciones australes invisibles desde nuestras lati-

tudes. Prácticamente no nos interesan; así que debemos describir con preferencia las que tenemos sobre nuestras cabezas, é inquirir el medio de reconocerlas fácilmente. Quien utilice las indicaciones que acabamos de dar, se convencerá que nada es tan fácil como aprender á conocer por sus nombres las principales estrellas del cielo.

Como hay gran diversidad en el *resplandor* de las estrellas, para facilitar la indicación se han clasificado esos astros por orden de *magnitud*. La palabra magnitud es impropia, puesto que no tiene relación alguna con las dimensiones reales de los astros, en atención á que esas dimensiones nos son aún desconocidas. Data tal denominación de una época en que se creía que las estrellas más brillantes eran las más grandes. Las magnitudes, por tanto, corresponden simplemente al *resplandor aparente* de las estrellas, denominándose de primera magnitud las que brillan con más vivacidad en la obscuridad de la noche; de segunda magnitud las que brillan algo menos, etcétera. Se han dividido en seis órdenes todas las estrellas, visibles á la simple vista; pero no debe olvidarse que el brillo aparente depende del tamaño real de la estrella, de su luz intrínseca y de su distancia á la Tierra.

ÍNDICE

| | <u>Páginas</u> |
|---|----------------|
| I El cielo..... | 5 |
| II La Astronomía..... | 11 |
| III Nuestro planeta..... | 31 |
| IV Los movimientos de la Tierra..... | 43 |
| V Consecuencia de los movimientos de la Tierra..... | 51 |
| VI El nuevo ojo de la humanidad..... | 69 |
| VII El sistema del mundo..... | 85 |
| VIII El Sol..... | 103 |
| IX La Luna..... | 117 |
| X Los métodos en Astronomía..... | 137 |
| XI Descripción de los planetas de nuestro sistema..... | 159 |
| XII El cielo estrellado..... | 197 |

