

colocar dentro de la esfera inmediata de su acción central, un anillo de materia nebulosa, animado de movimiento de rotación, probablemente situado entre la órbita de Marte y la de Venus (por lo menos sabemos ciertamente que se extiende más allá de la terrestre) (1), y al cual se debe esa apariencia luminosa en forma de

nes del siglo XVII por Flamsteed hasta nuestros días, quedaban perfectamente explicadas suponiendo más allá de aquel planeta la existencia de otro, cuya masa fuese $\frac{1}{9500}$ de la del Sol, y que describiese una órbita determinada por estos elementos:

Semi-eje mayor (siendo 1 el de la tierra) . . .	56,134
Escentricidad	0,40761
Revolucion sideral	217,587
Longitud del perihelio	284° 47'

Habiendo comunicado el señor Le Verrier todos estos cálculos á los señores Encke y Galle, astrónomos de Berlín, este último descubrió el planeta seis horas después de recibida la carta, y casi en el mismo sitio indicado por el astrónomo francés.

5.º «Hebé» descubierto el 1.º de Julio de 1847 por el ya citado señor Hencke de Driessen.

Háse después calculado que su año es de 1573 días; su órbita se halla, como la de Astrea, entre las de Vesta y Juno, aunque más cercana á la primera; pero con una inclinación y escentricidad mucho mayores.

4.º «Iris» descubierto el 15 de Agosto de 1847, por el señor Hind, astrónomo del observatorio particular del señor Bishop, fabricante de licores en Londres. De los cálculos y observaciones de los señores Faye y Goujon, astrónomos de París, resulta que la revolución de este pequeño planeta dura cuatro años y un mes; el semi-eje mayor de su órbita es de 2,39; su escentricidad 0,55, y su inclinación 3º 2'. De ser exactos estos cálculos, la órbita de Iris escende en escentricidad á todas las conocidas hasta ahora.

3.º «Flora» (b) descubierta también por el señor Hind el 18 de Octubre de 1847. Pertenece, como el anterior, á los pequeños planetas ó asteroides cuyas órbitas se encuentran entre las de Marte y Júpiter.

6.º «Tétis ó Métis» descubierta el 25 de Abril de 1848 por el señor Graham, astrónomo del observatorio particular del señor Eduardo Cooper, en Markree Castle, condado de Sligo en Irlanda. La inclinación y escentricidad de su órbita, situada entre las de Hebé ó Iris, son muy poco notables. La escasa pequeñez de este astro no ha permitido que se obtengan respecto de él datos exactos. Gasparis, que le descubrió en Nápoles al mismo tiempo que Graham, le llamó «Igea».

7.º «Parténope» descubierta el 11 de mayo de 1850 por el señor Gasparis, astrónomo napolitano. Es también muy pequeño y pertenece al grupo de los citados asteroides.

(«Nota del Traductor»)

(1) «Si, dans les zones abandonnées par l'atmosphère»

(b) Sir John Herschell, que invitado por Hind eligió para este planeta el nombre de la diosa de las flores, decía con este motivo en una carta que escribió á Schumacher: «Palas, Juno, Ceres y Vesta, como prudentes y magestuosas dueñas, bastan para hacer respetable el grupo situado entre Marte y Júpiter; mientras que Astrea, Iris, Hebé y Flora, atraerán todas las miradas y llenarán los ánimos de dulces y graciosas imágenes.»

pirámide que se conoce con el nombre de luz zodiacal. Por último, forman parte asimismo del sistema solar un número incalculable de asteroides, sumamente pequeños, cuyas órbitas cortan la de la tierra ó se separan muy poco de ella, y por los cuales se explica la aparición de las estrellas vagas ó eeshalaciones y la caída de los aerolitos.

Cuando se para la consideración en estas formaciones tan complejas, en los innumerables astros de esta clase que circulan en derredor del sol describiendo elipses más ó menos escéntricas, y eso sin tratar de explicar el origen de la mayor parte de los cometas, como lo hizo el inmortal autor de la *Mecánica celeste*, por medio de porciones de materia desprendidas de las nebulosas, y errantes de un mundo á otro (2), fuerza es reconocer que los planetas con sus satélites no forman sino una pequeñísima parte del sistema solar, en cuanto al número, que no en cuanto á la masa ó cantidad de materia.

Háse supuesto que los planetas telescópicos Vesta, Juno, Ceres y Palas, forman una especie de grupo intermedio, y que sus órbitas, tan estrechamente entrelazadas, tan inclinadas, tan escéntricas, determinan en el espacio una zona de separación entre los planetas que caen á la parte de adentro, Mercurio, Venus, la Tierra, Marte, y la región de los planetas exteriores Júpiter, Saturno y Urano (5).

Y en efecto, estas dos regiones presentan notabilísimos contrastes. Los planetas interiores más próximos al sol son de mediana magnitud, muy densos, giran lentamente sobre sí mismos en tiempos casi iguales (veinticuatro horas poco más ó menos), son poco aplanados, y excepto la tierra, se hallan totalmente desprovistos de satélites; al paso que los planetas exteriores son de magnitud mucho más considerable, cinco veces menos densos, giran sobre sí mismos con doble velocidad por lo menos, son más aplanados, y el número de sus satélites comparado con el de los planetas interiores está en razón de diez y siete á uno, si es que efectivamente tiene Urano las seis lunas que se le atribuyen.

Con todo, las consideraciones de donde hemos deducido los caracteres generales de estos dos grupos no pueden estenderse con igual

re du soleil, il s'est trouvé des molécules trop volatiles pour s'unir entre elles ou aux planètes, elles doivent, en continuant de circuler autour de cet astre, offrir toutes les apparences de la lumière zodiacale, sans opposer de résistance sensible aux divers corps du système planétaire, soit à cause de leur extrême rareté, soit parce que leur mouvement est à fort peu près le même que celui des planètes qu'elles rencontrent.» Laplace, «Exp. du Syst. du monde,» (3.ª edic., p. 415.)

(2) Laplace, obra cit., p. 596 y 414.

(3) Litrow, ASTRONOMIE, 1825, t. II, p. 107, Mädler, ASTR., 1841 página 212; Laplace, ob. cit., p. 210.

grado de exactitud á cada uno de los planetas en particular, y no es posible por lo tanto comparar así, una á una, las distancias al centro común de los movimientos con las magnitudes absolutas, las densidades con los tiempos de rotación, ni las escentricidades y mútua inclinación de las órbitas con los ejes máximos. No conocemos relación necesaria entre los seis elementos que acabamos de enumerar y las distancias magnitudes existe alguna ley de la mecánica celeste, análoga, por ejemplo, á la que relaciona los cuadrados de los tiempos periódicos á los cubos de los ejes máximos. Marte dista más del sol que Venus y la tierra, y es sin embargo más pequeño, pues cabalmente del que menos difiere por lo tocante al diámetro, entre todos los planetas de antiguo conocidos, es del más cercano al sol, de Mercurio. Saturno es más pequeño que Júpiter; pero en cambio, mucho mayor que Urano.

Aun más: á la zona de los planetas telescópicos sigue inmediatamente Júpiter, el mayor de todos los astros secundarios de nuestro sistema; y sin embargo, la superficie de aquellos asteroides, cuyo pequeñísimo diámetro casi se escapa de nuestros instrumentos, apenas escende en el duplo á la de la Francia, Madagascar ó Borneo.

Por muy poco densos que sean, como en efecto lo son, esos colosos planetarios que gravitan hácia el sol en los confines de nuestro sistema, todavía, sin embargo, se echa aquí también de menos la regularidad en la serie de creciente (1); pues Urano es más denso que Saturno aun admitiendo para su masa el cálculo de Lamont, $\frac{1}{340000}$ que es el más pequeño; y no obstante la escasa diferencia que se observa en las densidades de los planetas más cercanos al sol, (1), encontramos por uno y otro lado de la tierra á Venus y á Marte, ambos á dos menos densos que ella.

Pues si á la duración de la rotación atendemos, no hay duda que disminuye á proporción que es mayor la distancia al sol; y sin embargo, Marte invierte más tiempo en su rotación que la tierra, y Saturno más que Júpiter.

Por lo tocante á las escentricidades de las ór-

(1) Keplero, sobre la densidad decreciente y el volumen creciente de los planetas á proporción que se aumenta su distancia al Sol, considera este astro central como el más denso de todos. V. su «Építome Astron. Copern. in VII lib. digesta, 1618--1622, p. 420. Leibnitz pensaba también, como Keplero y Otto de Guericke, que el volumen de los planetas crece en razón de sus distancias al Sol. V. su carta al burgo-maestre de Magdeburgo. (Maguncia, 1671) en la colección de los «Escritos alemanes de Leibnitz,» dada á luz por Guhraner, 1.ª parte, p. 264.

(1) Para las comparaciones de las masas V. á Encke, «Noticias astronómicas» de Schumacher, 1843, núm. 438, p. 114, ed. alem.

bitas, las mayores pertenecen á las elipses que describen Juno, Palas y Mercurio, y las menores á las de Venus y la tierra, no obstante que estos dos planetas van inmediatamente uno después de otro en el orden de las distancias. Mercurio y Venus presentan exactamente el mismo contraste que los cuatro planetas menores, porque las escentricidades poco diferentes de Juno y de Palas son tres veces mayores que las de Ceres y de Vesta.

Iguales anomalías se nos presentan cuando consideramos la inclinación de las órbitas sobre el plano de la eclíptica, y la posición relativa de los ejes de rotación; elementos que influyen, de muy diferente manera que la escentricidad, en los climas, en la extensión del año y en la duración variable de los días. Las elipses más prolongadas, conviene á saber, las de Juno, Palas y Mercurio, son también las más inclinadas sobre la eclíptica, aunque en proporciones muy diferentes: la inclinación de la órbita de Palas, á la cual no se encuentran otras análogas sino entre los cometas, es con corta diferencia veintiseis veces mayor que la de Júpiter; al paso que la del planeta menor Vesta, no obstante su proximidad á Palas, apenas escende del séstuplo del mismo ángulo.

Ni se ha logrado tampoco formar una serie regular con las posiciones de los ejes de rotación de los cuatro ó cinco planetas respecto de los cuales se ha podido determinar con exactitud este elemento. En cuanto á Urano, si hemos de juzgar por la posición de los planos de los dos únicos satélites que recientemente han vuelto á ser observados, la inclinación de su eje de rotación sobre el plano de su órbita, apenas llegará á 11º; de suerte que Saturno viene á estar colocado bajo este respecto entre Júpiter, cuyo eje de rotación es casi perpendicular á su órbita, y Urano.

De la enumeración de estas irregularidades resulta que el mundo de las formaciones celestes debe ser aceptado como un hecho, como un dato natural que no cae bajo las especulaciones del espíritu, por faltarnos absolutamente toda especie de encadenamiento visible de causa á efecto. En otros términos: las relaciones de magnitud absoluta y de posición relativa de los ejes, las razones en que están las densidades de los diferentes planetas, las duraciones de rotación y las escentricidades, son cosas cuya necesidad no es más concebible para nuestro entendimiento que la distribución de las aguas y de las tierras en la superficie de nuestro globo, los contornos de sus continentes ó la altura de sus cadenas de montañas. Ninguna ley general podemos establecer á estos diversos respectos, ni en los cielos ni en las desigualdades de las capas terrestres; esos son otros tantos hechos naturales producidos por el conflicto de fuerzas múltiples, que han obrado en otro tiempo

bajo condiciones completamente desconocidas hoy para nosotros.

Ahora bien: en materia de cosmogonía, el hombre atribuye al capricho de la casualidad lo que no puede explicar por la acción generadora de las fuerzas que le son familiares. Con todo, si los planetas se han formado por la condensación progresiva de anillos de materias gaseosas, concéntricas al sol; las densidades, las temperaturas, las tensiones magnéticas desiguales de estos anillos, explican las diferencias actuales de forma y de tamaño, á la manera que las primitivas velocidades de rotación, y pequeñas variaciones en la dirección de los movimientos, pueden darnos cuenta de las inclinaciones y de las escentricidades. Cuanto mas que las atracciones de las masas y las leyes de la gravedad, debieron de desempeñar aquí su papel como en los sollevamientos que produjeron las irregularidades de la superficie terrestre; bien que, sin embargo es imposible deducir del estado actual de las cosas la serie completa de las mutaciones que han debido recorrer antes de llegar á él.

Respecto de la ley bien conocida con que se intentó relacionar las distancias de los planetas al sol, se halla comprobada numéricamente su inexactitud por lo tocante á los intervalos que separan de aquel astro á Mercurio, Venus y la Tierra, dado que por otra parte no estuviese, como lo está, en contradicción manifiesta con la noción misma de serie, á causa del primer término que en ella se supone.

Los once (1) planetas principales que actualmente componen el sistema solar; van acompañados en sus movimientos por catorce planetas secundarios (*lunas ó satélites*) cuya existencia es incontestable, ó por diez y ocho si contamos los cuatro que no la tienen tan bien establecida. Así, pues, los planetas principales son á su turno centros de los movimientos de sistemas subalternos; por donde claramente se ve que la naturaleza ha procedido en las formaciones celestes como en el reino de la vida orgánica, donde tan frecuente es que las clases secundarias reproduzcan los tipos primitivos en torno de los cuales vienen á agruparse los animales y los vegetales.

Los satélites son mas numerosos hácia las regiones extremas del mundo planetario, mas allá de las órbitas tan estrechamente enlazadas de los planetas que se designan con el nombre de menores; mas los planetas de la parte opuesta carecen de lunas, si exceptuamos la Tierra, cuyo satélite es proporcionalmente desmesurado, como que su diámetro equivale á la cuarta parte del de la Tierra, siendo así que el mayor satélite conocido, la sexta luna de Saturno, es linealmente diez y siete veces mas pequeño que

(1) Véase la nota de la pág. 95. (N. del T.)

este último astro. Los planetas mas apartados del sol, los mayores, los menos densos y los mas aplanados, son cabalmente los que poseen mayor número de satélites, sin que ni el mismo Urano sirva de excepción á esta regla bajo ningún concepto, pues su aplanamiento es superior en 0.1 al de todos los demas planetas, según resulta fijamente de las recientes investigaciones de Mädler. Mas en aquellos lejanos sistemas, la diferencia de diámetros y de masas entre los satélites y el astro central, es mucho mas pronunciada que en el sistema análogo formado por la tierra y la luna (2), las cuales distan entre sí 1.578.176 piés castellanos (poco menos de 69.000 leguas). También las relaciones de densidad son de todo punto diferentes: la densidad de la luna es como $\frac{1}{8}$ de la de la tierra; al paso que el segundo satélite de Júpiter parece mas denso que su planeta central, si es licito prestar entera fé á los cálculos y avalúos tan delicados como lo son los de las masas y el volumen de aquellos satélites.

De todos estos sistemas secundarios, ó á lo menos de todos aquellos cuya teoría ofrece cierto grado de exactitud, el mas singular indisputablemente es el de Saturno, en el cual se encuentran reunidos los casos extremos por lo tocante á las magnitudes absolutas y á las distancias entre los satélites y el planeta central. Así, pues, el sexto y el séptimo satélite de Saturno son enormes, de volumen muy superior á cualquiera de los cuatro de Júpiter, principalmente el sexto que quizás se diferencie muy poco de Marte, cuyo diámetro es cabalmente doble que el de nuestra luna; mientras que por el contrario, los dos satélites mas cercanos á Saturno descubiertos en 1787 por Guillermo Herschell con el auxilio de su telescopio de 40 piés y despues con gran trabajo nuevamente observados por Juan Herschell, en el Cabo de Buena Esperanza, por Vico en Roma y por Lamont en Munich, son juntamente con los satélites de Urano, los astros mas pequeños y los menos visibles de todo nuestro sistema solar, hasta el punto de que no basta el auxilio de los telescopios mas graduados, si no se saben escoger las circunstancias mas favorables para observarlos.

(2) Admitiendo con Burckhardt que el diámetro de la luna sea 0.2725, y $\frac{1}{15.45}$ su volumen, su densidad será 0.5396 ó $\frac{1}{2}$ próximamente. V. así mismo á G. Beer y H. Mädler, «la luna», p. 2 y 10, ed. alem., y la ASTRONOMIE de Mädler, p. 137, alem. El volumen de nuestro satélite, según Hansen, es de $\frac{1}{54}$ poco mas ó menos ($\frac{1}{15.45}$ según Mädler), y su masa $\frac{1}{77}$, tomando respectivamente por unidades el volumen y las masas de la tierra. Las relaciones entre Júpiter y su tercer satélite, que es el mayor, son las siguientes: volumen, $\frac{1}{17}$; masa, $\frac{1}{13.55}$. Para el aplanamiento de Urano, V. las «Notic. astronómicas» de Schum. 1844, núm. 493.

Por lo demas, son tan estremadamente pequeños los discos aparentes de todos estos satélites, que para determinar sus dimensiones reales hay que recurrir á medidas micrométricas, las mas difíciles é inseguras de todas; bien que por fortuna la astronomía calculadora, la que representa por números los movimientos de los astros, tales como aparecen al observador terrestre, no tanto ha menester del conocimiento exacto de los volúmenes, cuanto del de las masas y las distancias.

El que entre todos estos astros secundarios se aparta mas de su planeta central, es el séptimo satélite de Saturno, que dista de él mas de 600.000 leguas, casi el décuplo que la luna de la tierra. El último satélite de Júpiter está á mas de 516.000 leguas de su planeta central; bien es verdad que el sexto de Urano, á hallarse bien comprobada su existencia, no distaria menos de 432.214 leguas.

Comparemos ahora, á fin de que resalten estos singularísimos contrastes, el volumen de cada planeta central con las dimensiones de la órbita que recorre su último satélite.

Las distancias de los últimos satélites de Júpiter, Saturno y Urano, espresadas en radios de sus planetas respectivos, son entre sí como 91, 64 y 27; en cuyo caso el séptimo satélite de Saturno casi no dista mas del centro de este planeta que la luna del centro de la tierra, pues la diferencia vendrá á ser de $\frac{1}{5}$. El satélite mas cercano á su planeta central es indudablemente el primero de Saturno, que nos ofrece además el ejemplo único de una revolución completa efectuada en menos de 24 horas. Su distancia, espresada en semidiámetros de Saturno, es de 2, 47, según Mädler, que equivalen á 26.660 leguas, ó á 15.806 si se cuentan desde la superficie de Saturno, ó bien á 1636 contando desde el borde exterior del anillo: distancia harto pequeña, de la cual se comprende que pueda un viajero formarse idea cierta, si recordamos la aserción del capitán Beechey, osado navegante que dice haber recorrido en 3 años 18.200 millas geográficas, ó sean 24,226 de nuestras leguas comunes.

Ultimamente, si en vez de comparar entre sí las distancias absolutas, continuamos calculándolas en radios de los respectivos planetas centrales, encontraremos que la distancia del cuarto satélite de Júpiter al centro de este planeta (distancia superior en 8.618 leguas á la que hay de la luna á la tierra) se reduce á seis semidiámetros de Júpiter, al paso que la Luna dista de nosotros 60 radios terrestres.

Por lo demas, las relaciones mútuas de los satélites entre sí, y con sus respectivos planetas centrales, prueban que estos mundos secundarios están sometidos á las leyes de la gravitación que rigen los movimientos de los planetas, en torno del sol. Así que, los doce satélites de Saturno, de Júpiter y de la tierra se mueven de

Occidente á Oriente, lo mismo que los planetas en elipses que se diferencian poco del círculo. Los únicos satélites de órbita mas elíptica que Júpiter son la luna y el primero de Saturno, cuya escentricidad es de 0, 068. La órbita del sexto satélite de Saturno, calculada con bastante exactitud por Bessel, ofrece una escentricidad de 0, 029, mayor por consiguiente que la de la tierra.

Hácia los confines del mundo planetario, en aquellas regiones distantes de nosotros 19 radios de la órbita terrestre, y en donde la fuerza central del Sol se encuentra notablemente debilitada, el sistema de los satélites de Urano presenta anomalías verdaderamente raras. Mientras que los demas satélites recorren, como los planetas, órbitas poco inclinadas sobre el plano de la eclíptica, y se mueven de Occidente á Oriente, incluso el anillo de Saturno que parece una agregación de satélites confundidos, ó por lo menos, invariablemente ligados entre sí, los satélites de Urano se mueven al contrario, de Oriente á Occidente, y en planos situados casi perpendicularmente á la eclíptica, como se halla plenamente comprobado por las observaciones de Sir John Herschell proseguidas constantemente en varios años. Si los planetas y sus satélites se han formado por la condensación de las primitivas atmósferas del sol y de los planetas principales, y si estas atmósferas se han dividido sucesivamente en anillos fluidos animados por un movimiento de rotación, forzoso es que se hayan operado efectos no conocidos de retardación ó de reacción muy energéticos, para que los movimientos del segundo y del cuarto satélite se efectúen en sentido inverso á la rotación del planeta central.

Puede decirse, casi con visos de certeza, que cada satélite da una vuelta completa sobre su eje en el mismo tiempo que efectúa su revolución sideral en torno del planeta á quien acompaña; de donde se deduce que siempre debe presentar á este la misma faz. En realidad, no pueden ser exactamente iguales estos dos periodos, á causa de las desigualdades periódicas que experimenta la revolución sideral, debiéndose á esto principalmente la libración aparente, es decir, una especie de balanceo que en nuestra luna se estiende á varios grados de longitud y latitud. Por eso descubrimos sucesivamente algo mas de la mitad de la superficie de nuestro satélite, hallándose la parte nuevamente visible, ya al Este, ya al Oeste del disco aparente. Estos pequeños movimientos libratorios, y otros del mismo género que se manifiestan hácia los polos, dejan ver mejor en ciertas épocas partes muy interesantes, tales como el circo de Malapert que oculta á las veces el polo austral de la luna, las regiones árticas que rodean el cráter de Gioja, y la gran llanura pardusca, situada cerca de Endimion, mas estensa que el *Mare*

vaporum (1). Sin embargo, los $\frac{2}{3}$ de la superficie total de la luna, se escapan á nuestras miradas y permanecerán eternamente ocultos para nosotros, á menos que no intervenga nuevamente, lo cual es poco probable, la acción de otras fuerzas perturbadoras. La contemplación de otras grandiosas leyes del mundo material nos invita á buscar alguna analogía en el mundo de la inteligencia, y pensamos entonces en aquellas regiones inaccesibles donde la naturaleza ha ocultado el misterio de sus creaciones, y cuyo destino parece ser asimismo el de permanecer ignoradas para siempre, bien que de siglo en siglo la naturaleza nos las haya dejado ver en muy pequeña parte, y que el hombre haya por lo tanto comprendido una verdad mas, si ya no una ilusión, como á las veces sucede.

Hasta ahora hemos considerado como productos de una velocidad originaria, y como unidos entre sí por el estrecho lazo de una atracción recíproca, primeramente á los planetas y luego á los satélites y á los anillos concéntricos en forma de arcada no interrumpida, de que nos presenta ejemplo uno de los planetas mas lejanos. Réstanos aún hablar de otros cuerpos que también giran en torno del sol, cuya luz reflejan, y sea en primer lugar del innumerable enjambre de los cometas.

Cuando inquirimos según las reglas del cálculo de las probabilidades la repartición uniforme de las órbitas de estos astros, los límites de sus mas cortas distancias al Sol y la posibilidad de que ellos mismos se escapen á nuestras miradas, nos vemos conducidos á asignarles un número tan enorme que espanta á la imaginación. Ya Keplero, con aquella vivacidad de expresión que tan en alto grado poseía, dijo: «Mas cometas hay en el cielo que peces en el Océano.» Con todo, el número de las órbitas calculadas hasta ahora apenas llega á 150, si bien es cierto que se calcula en 600 ó 700 el de los cometas cuya aparición y carrera por entre las constelaciones conocidas se hallan comprobadas por documentos mas ó menos auténticos. Mientras que los pueblos clásicos del Occidente, es decir, los griegos y los romanos, se limitaban á indicar de tiempo en tiempo el lugar del cielo en que un cometa efectuaba su aparición, sin fijar nunca cosa alguna acerca de su dirección aparente, los chinos, por el contrario, observaban y anotaban con esquisita diligencia todos estos fenómenos, de suerte que en sus preciosos anales encontramos pormenores circunstanciados sobre el camino seguido por cada cometa. Estos documentos se remontan á veces á mas de cinco siglos antes de la era cristiana, y de ellos sacan

(1) Beer y Mädler, obra citada, §. 183, pág. 208, y § 347, pág. 342; y los mismos autores en la «Descripción física de los astros», pág. 4 y 69, tabla I. ed. alem.

aún los astrónomos resultados de grande utilidad (1).

Entre todos los astros de nuestro sistema solar, los cometas, con sus largas colas que á las veces ocupan algunos millones de leguas, son los que con menor cantidad de materia llenan mayores espacios. Es imposible, en efecto, atribuir á los cometas una masa equivalente á $\frac{1}{30000}$ de la masa terrestre, á lo menos ateniéndose á los datos que hasta hoy poseemos sobre este punto; y sin embargo, el cono de materias gaseiformes que los cometas proyectan á lo lejos, ha sido algunas veces (en 1680 y en 1811) igual en longitud á una línea que se tirase desde la tierra al sol: línea inmensa que atraviesa la órbita de Mercurio y la de Venus. Parece también que aquellas emanaciones gaseosas han tocado á nuestra atmósfera y han podido mezclarse con ella, principalmente en los años de 1819 y 1825.

Los cometas se presentan bajo aspectos tan diversos con relación á los individuos mismos mas bien que á la especie, que sería imprudente generalizar los hechos observados y aplicarlos indistintamente á todas las apariciones de estas *nubes errantes*; nombre que les daban ya Xenophanes y Theon de Atejaandria, el contemporáneo de Pappo. Los cometas telescópicos carecen casi siempre de colas, y se parecen á las estrellas nebulosas de Herschell, pues presentan el aspecto de nebulosidades redondeadas, de luz pálida y concentrada hácia el medio. Tal es, á lo menos, el tipo mas simple de la especie; pero no lo presentamos como tipo de un astro naciente, porque puede referirse de la misma manera á astros caducos, cuya materia se haya volatilizado y diseminado poco á poco en el espacio.

Cuando se trata de cometas mayores y mas visibles, ya entonces se distingue en ellos la *cabeza*, el *núcleo* y la *cola* simple ó múltiple, de-

(1) Los cuatro cometas mas antiguos cuyas órbitas se han podido calcular, y que han sido observados por los chinos, son: el del año 240 (en el reinado de Gordiano III.) el de 359 (en el de Justiniano,) el de 563 y el de 857. Según Dusejour, este último cometa estuvo, durante 24 horas, á menos de 717,800 leguas de la tierra. Su aparición espantó de tal manera á Luis el Piadoso, que para conjurar el peligro hizo voto de fundar varios conventos. Por este tiempo, los astrónomos chinos observaban de una manera verdaderamente científica el curso aparente del nuevo astro; midieron su cola, á la que dieron una longitud de 60°, y describieron sus variaciones; porque este cometa fué tan pronto simple como múltiple. El primer cometa, cuya órbita ha sido calculada por observaciones europeas solamente, es el de 1436, una de las apariciones del cometa de Halley, la cual pasó largo tiempo, aunque equivocadamente, por la primera aparición bien segura de este famoso cometa. Arago, en el «Annuaire» de 1836, pág. 204. Véase también la pág. 114 del testo, al final, y la nota de la 113.

signada por los astrónomos chinos con el pintoresco nombre de escoba (*sui*). El núcleo no tiene por lo general contornos bien delineados, puesto que se han visto algunos tan brillantes como las estrellas de primera ó de segunda magnitud, y aun se distinguieron en mitad del día hasta en la parte del cielo mas iluminada por el sol, los núcleos de los grandes cometas que aparecieron en los años de 1402, 1552, 1577, 1744 y 1845 (1); hechos notabilísimos de los cuales podría deducirse que la materia de los cometas se torna algunas veces mas densa y mas apta para reflejar la luz del sol. Los únicos cometas que han presentado un disco completo en los grandes telescopios de Herschell (2) son el de 1807, descubierto en Sicilia, y el bellísimo de 1811, cuyos discos tenían respectivamente 1^a y 0^a. 77 de diámetro aparente, lo cual da 180 y 142 leguas para los diámetros reales. Los núcleos, de contornos menos determinados, de los cometas de 1798 y 1815 no tenían mas que 8 ó 9 leguas de diámetro.

Los cometas cuya constitución física fué mejor estudiada, y especialmente el ya citado de 1811 que permaneció visible largo tiempo, presentaron la notable particularidad de que el núcleo no parecia formar cuerpo con la nebulosidad luminosa que le rodeaba, antes se veía por todas partes un espacio oscuro que aislaba al uno de la otra; ni la intensidad de la luz crecía tampoco regularmente desde los bordes al centro de la cabeza, pues se veían varias zonas brillantes concéntricas alternando con capas de materia nebulosa menos compacta ó no tan resplandecientes, y por lo tanto mas oscuras.

La cola de los cometas es simple á veces, y á veces doble, en cuyo caso son por lo comun las dos hebras muy desiguales en longitud (1807 y 1845); y aun se han visto cometas de cola séxtupla (el de 1744) cuyos radios extremos formaban un ángulo de 60°.

La cola es, ademas, recta, ó curva; en este último caso puede ser cóncava por sus dos bordes exteriores (cometa de 1811), ó tan solo por

(1) Arago, en el «Annuaire» de 1852, pág. 209 y 211. El cometa de 1402 fué visible en medio del día como el de 1845. Este último fué observado en los Estados-Unidos, el 28 de Febrero entre la una y las tres de la tarde, por J. G. Clarke (en Portland, Estado del Maine.) La distancia que media desde el núcleo de este cometa á los bordes del sol, se ha podido medir con gran exactitud; este núcleo debía ser muy denso; el cometa presentaba la apariencia de una nube blanca de contornos bien determinados, teniendo solamente un espacio oscuro entre el núcleo y la cola. («Amer. Journ. of Science.» t. XLV. núm. 1, pág. 229; «Not. astron.» de Schumacher, 1843, núm. 491, pág. 173.)

(2) «Philos. Transact. for» 1808, P. II, pág. 133; «for» 1812, P. I, página 118. Los diámetros de los núcleos medidos por Herschell, son de 358 y de 428 millas inglesas. Para las dimensiones de los cometas de 1798 y de 1803, véase Arago, en el «Annuaire» de 1852, pág. 205.

uno de ellos, que es siempre el que mira á la región que el cometa abandona: tal como se nos presenta quebrada la llama cuando encuentra algun obstáculo.

Por último, las colas aparecen siempre en oposición al sol, y dirigidas en el sentido de una línea que partiendo de su origen fuese á parar derechamente en el centro de aquel astro: observación capital que, según Eduardo Biot, habian hecho ya los astrónomos chinos desde el año de 857, y que no fué notada en Europa hasta el siglo XVI por Francastor y Pedro Apiano, si bien con mayor claridad y exactitud. Varias de estas apariencias ópticas tan complicadas se esplican facilísimamente, sin mas que considerar las emanaciones gaseosas que los cometas proyectan á lo lejos, como atmósferas de forma conoidal con capas múltiples.

Para hallar diferencias bien marcadas en la forma de estos astros, no es indispensable pasar de un cometa á otro y comparar los cometas desprovistos de apéndices visibles con el 5^o de 1618, por ejemplo, cuya cola tenía 104° de longitud; pues no cabe duda en que un mismo cometa experimenta cambios continuos que se suceden con asombrosa rapidez. Heinsio lo comprobó en San Petersburgo, con el cometa de 1744; pero las observaciones mas exactas y decisivas acerca de estas variaciones de forma, las hizo Bessel en Könisberg á la última reaparición del cometa de Halley en 1835. Hácia la parte del núcleo que miraba directamente, al sol se descubrió un apéndice luminoso en forma de borla, cuyos rayos se encorvaban hácia atras y llegaban á confundirse con la cola; «el núcleo del cometa de Halley aparecía con sus efluvios un cohete volador algun tanto quebrado y encorvado de cola á impulsos de una brisa suave.» Arago y yo hemos notado desde el observatorio de Paris cambios muy notables, de una noche á otra, en estos rayos emitidos por la cabeza del cometa [1].

El gran astrónomo de Konisberg ha deducido de sus numerosas medidas y de consideraciones puramente teóricas, á que el cono luminoso se alejaba poco á poco de la dirección del radio vector hasta una cantidad bastante considerable, pero que volvía siempre á la misma dirección para separarse otra vez de ella por la parte opuesta; de suerte que, el cono luminoso y el cuerpo del cometa de donde partía, debían hallarse animados de un movimiento de rotación ó mas bien de oscilación en el plano de la órbita. Estas oscilaciones no pueden esplicarse por la atracción que el Sol ejerce sobre todos los cuerpos graves, antes bien parece que denotan la

(1) Arago, «Cambios físicos del cometa de Halley, desde el 15 al 25 de Octubre de 1835,» en el «Annuaire» de 1836, pág. 218 y 221. La dirección que afectan ordinariamente las colas de los cometas, es bien conocida desde el tiempo de Neron: «Comæ radios solis effugiunt,» dice Séneca, «Nat. Quæstion. VII, 20.

existencia de una fuerza polar, es decir, de una acción que pugnase por llevar hacia el Sol la estremidad de uno de los diámetros del cometa, y por alejar del mismo astro la otra estremidad; fenómeno en cierto modo análogo al que nos ofrece la polaridad magnética de la tierra; y suponiendo que el Sol se hallase dotado de la polaridad inversa, el efecto *podría* muy bien ser sensible en la retrogradación de los puntos equinocciales. No debemos entrar aquí en mas amplios desarrollos acerca de este punto; pero hemos creído que observaciones tan memorables (1), y miras tan grandiosas respecto de los astros mas extraordinarios del sistema solar, bien merecían encontrar puesto y sitio propios en el bosquejo de un cuadro general de la naturaleza.

Contra la regla general que siguen las colas de los cometas de hacerse mayores y mas brillantes cerca del perihelio, bien que permaneciendo siempre en dirección opuesta al Sol, el cometa de 1825 ha ofrecido el curiosísimo y singular espectáculo de una cola doble, uno de cuyos ramales seguían la dirección contrapuesta al Sol, mientras que el otro se extendía casi rectamente hacia este astro formando con el primero un ángulo de 160°. ¿No podríamos recurrir para darnos razón de este fenómeno escepcional, á ciertas modificaciones de la polaridad obrando sucesivamente y provocando esas dos corrientes de materia nebulosa que luego pudieron continuarse libremente (2). En la filosofía natural de Aristóteles se encuentra una aproximación asaz estrambótica entre la vía láctea y los fenómenos que acabamos de describir. Supone el Estajirita que las innumerables estrellas de que la vía láctea se compone, forman en el firmamento una zona incandescente (luminosa), una especie de cometa inmenso cuya materia se renueva sin cesar (3).

(1) Bessel, en las «Notic. astron.» de Schum., 1836, núms. 300 á 302 y págs. 188, 192, 197, 200, 202 y 250. El mismo autor en el «Annuaire» de Schum., 1837, págs. 149 y 168.—W. Herschell ha creído encontrar en el hermoso cometa de 1811, indicios de haber estado animados con un movimiento de rotación el núcleo y la cola («Phil. Transact. for» 1812, parte I, pág. 140; la misma observación hizo Dunlop, en Paramattá, con el tercer cometa de 1825.

(2) Bessel, en las «Notic. astron.» de Schum., 1836, núm. 303, pág. 251. («Annuaire» de Schum., 1837, pág. 173.) Véase asimismo á Lehmann, sobre las colas de los cometas, en el «Ann. astron.» de Bode, para 1826, página 168.

(3) Aristot. «Meteor.» I, 8, 11-14 y 19-21 (ed. Ideler, t. I, págs. 52-54.) Biese, PHILOSOPHIE VON ARISTOT., tomo II, pág. 86, ed. alem. Al considerar la influencia que ejerció Aristóteles durante todo el periodo de la edad-media, no podemos nunca deplorar bastantemente la hostilidad manifestada por este grande hombre contra las magníficas ideas de los pitagóricos acerca de la estructura del universo. En el mismo libro en que Aristóteles refiere que la escuela de Pitágoras consideraba á los cometas como otros tantos planetas de largo periodo, declara por su

parte que los cometas son simples meteoros pasajeros que nacen y se disipan en nuestra atmósfera. Estas ideas de Pitágoras, cuyo origen hace subir Apolonio de Mynda hasta los Caldeos, llegaron de la escuela de aquel filósofo hasta los romanos, los cuales se limitaron meramente á reproducirlas como hicieron con todo lo demas. Al describir las órbitas de los planetas el filósofo de Mynda, dice de ellas que penetran profundamente en las regiones superiores del cielo. Séneca («Nat. Quæst.» VII, 17) se espresa sobre el mismo asunto en estos términos: «Cometes non est species falsa, sed proprium sidus sicut Solis et Lunæ: altiora mundi segat et tunc demum apparet quum inimum cursum sui venit;» y añade (VII, 37): «Cometes æternos esse et sortis ejusdem cujus cœtera (sidera.) etiamsi faciem illis non habent similem.» Plinio (II, 23) alude tambien á las ideas de Apolonio de Mynda, cuando dice: «Sunt qui et hæc sidera perpetua esse credant suoque ambitu ire, sed non nisi relicta á Sole cerni.»

(1) Olbers, «Notic. astron.» 1828, págs. 137 y 14. Arago, «De la constitution physique des comètes (Annuaire» de 1852, págs. 205--208.) Ya los antiguos habian notado que nuestra vista penetra por entre los cometas como por entre una llama. La observación mas antigua de haber continuado visibles algunas estrellas, no obstante la interposición de un cometa, se remonta hasta Demócrito (Aristot. «Meteor.» I, 6, 11.) Con este motivo refiere Aristóteles que él mismo habia observado la ocultación de una estrella de Géminis, causada por la interposición de Júpiter. Séneca («Nat. Quæstion.» VII, 18) dice que se ven las estrellas por entre un cometa como por entre una nube; y aunque es verdad que estas palabras no deben entenderse del cuerpo mismo del cometa sino tan solo de la cola, por lo que despues añade (VII, 26): «non in ea parte qua sidus ipsum est spissi et solidi ignis, sed qua rarus splendor occurrit et in crines dispergitur. Per intervalla ignium non per ipsos vides.» era sin embargo superflua esta última restricción, atento que tambien puede verse por entre una llama cuyo espesor no sea muy considerable. Galileo tampoco lo ignoraba, é hizo sobre este punto algunas investigaciones, de las cuales habla en el «Saggiatore (Lettera a Monsignor Cesarini, 619.)»

(2) Bessel, «Notic. astron.» 1836, núm. 301, págs. 204--206. Struve, «Colec. de las Memor. de

cia tan completa de poder refringente, casi no es lícito admitir que la materia de los cometas sea un fluido gaseiforme. ¿Deberemos, pues, recurrir á la hipótesis de un gas casi infinitamente rarefacto, ó bien habremos de suponer que los cometas se componen de moléculas independientes, cuya reunión forma nubes cósmicas desprovistas de la facultad de obrar sobre los rayos luminosos á la manera que las nubes de nuestra atmósfera, las cuales no alteran las distancias zenitales de los astros que observamos? Por lo que toca al amortiguamiento de luz que experimentan al parecer las estrellas por la interposición de la sustancia cometaria, hásele con razón atribuido al fondo iluminado sobre el cual se proyectan en tal caso sus imágenes.

Debemos á las investigaciones de Arago sobre la polarización, los datos mas importantes y decisivos acerca de la naturaleza de la luz de los cometas. Su polariscopio le ha servido para resolver los mas difíciles problemas, asi sobre la constitución física del sol como de los cometas. Este instrumento permite en muchas circunstancias decidir si un rayo de luz, que llega hasta nosotros despues de haber recorrido un espacio cualquiera, es un rayo directo, un rayo reflejo, ó un rayo refracto, y si el cuerpo luminoso de donde procede es sólido, líquido ó gaseiforme. Con el auxilio de este aparato se analizò simultáneamente en el observatorio de Paris la luz del signo Bootes y la del gran cometa de 1819: con la luz de la estrella fija sucedió lo que era de esperar, es decir, lo que debe suceder con rayos emitidos bajo todas las inclinaciones y azimuts posibles por un sol que brilla con luz propia; mas la luz del cometa apareció polarizada, y por lo tanto contenía luz refleja (1).

la Academ. de S. Petersburgo, 1836, páginas 140--143, y «Notic. astron.» 1836, núm. 303, pág. 258. «En Dorpat, la estrella que se hallaba en conjunción con el cometa no distaba mas que 2.2 del punto mas brillante del núcleo, y á pesar de eso no dejó de ser visible, ni tan siquiera se debilitó su luz, antes al contrario el núcleo del cometa fué el que quedó como eclipsado por el resplandor mas vivo de la estrella, no obstante que esta última pertenecía á las de 9.^o ó 10.^o magnitud.

(1) Las primeras investigaciones en que se valió Arago de los fenómenos de la polarización para analizar la luz de los cometas, datan desde el 5 de Julio de 1819, la noche misma de la súbita aparición del gran cometa. Hallábame yo á la sazón en el Observatorio, y tuve ocasion de convencerme, como Mathieu y Bouvard, ya difunto este último, de que las dos imágenes luminosas producidas por el antejo prismático resplandecían con desigual brillo cuando el instrumento recibía la luz del cometa, al paso que cuando miráramos al signo Bootes, no lejos del cual se hallaba aquella noche el cometa, las dos imágenes brillaban con igual intensidad. Cuando en 1833 reapareció nuevamente el cometa de Halley, el aparato modificado indicaba la presencia de la luz polarizada, por el contraste de dos imágenes de colores complementarios (rojo y verde, por ejemplo;) nueva aplicación de la «polarización cromática,» cuyo descubrimiento se

La existencia de rayos polarizados en la luz procedente de los cometas, no ha sido tan solo comprobada por la desigual brillantez de las dos imágenes, pues de ello nos ha dado una nueva prueba el contraste mas notable aún de los colores mas complementarios, fundado sobre las leyes de polarización cromática que Arago descubrió en 1811. Iguales observaciones se hicieron nuevamente con idéntico resultado en 1833, época de la última aparición del cometa de Halley. Estos brillantes trabajos no son, sin embargo, bastantes para decidir si á la luz solar que los cometas reflejan no se mezcla nada de su luz propia; combinación de que ofrecen un ejemplo bastante probable ciertos planetas, y entre ellos Venus.

Tampoco es posible atribuir todas las variaciones que se han observado en el brillo de los cometas, á sus cambios de posición respecto al sol, pues es probable que nazcan tambien de la condensación progresiva y de las modificaciones que debe experimentar el poder reflector de las materias que los constituyen. Evelio descubrió que el núcleo del cometa de 1618 se disminuyó á su paso por el perihelio y se fué nuevamente dilatando á proporción que el astro se alejaba del sol. Estos hechos notables permanecieron largo tiempo olvidados, hasta que Valz renovó las mismas observaciones sobre los cometas de corto periodo. El hábil astrónomo de Marsella hizo ver con cuánta regularidad decrece el volumen de los cometas al mismo tiempo que su radio vector; pero no parece fácil encontrar la esplicación de este fenómeno en la acción de un etea cósmico mas denso hacia la parte del sol, pues sería preciso en tal caso representarnos la atmósfera de los cometas como una masa gaseosa impenetrable al éter (1).

Merced á las variadísimas formas de las órbitas cometarias, la astronomía solar se ha enriquecido en esta última época con un descubrimiento brillantísimo. Encke, astrónomo de Berlin, demostró en 1819 la existencia de un cometa de corto periodo que nunca se aparta de la region en que se mueven los planetas, y tiene situado el punto de su órbita mas lejano del sol, entre la region de los planetas menores y

debe á Arago. «Annales de chimie,» t. XIII, pág. 108. «Annuaire» 1832, pág. 216. «On doit conclure, dice Arago, de l'ensemble de ces observations, que la lumière de la comète n'était pas en totalité composée de rayons doués des propriétés de la lumière directe, propre ou assimilée: il s'y trouvait de la lumière réfléchie spéculairement et polarisée c'est-à-dire de la lumière venant du soleil. On ne peut décider par cette méthode, d'une manière absolue, que les comètes brillent seulement d'un éclat d'emprunt. En effet, en devenant lumineux par eux-mêmes, les corps ne perdent pas, pour cela, la faculté de réfléchir des lumières étrangères.»

(1) Arago, en el «Ann.» de 1832, pág. 217-220. Sir John Herschell, «Astronomie,» § 488.