

CAPITULO II

ASTRONOMÍA COMETARIA

Progresos de la astronomía cometaria. - Descubrimientos de Newton. - Movimientos y órbitas de los cometas. - Cometas periódicos. - Cometas interiores ó de corto período. - Cometas de período medio. - Cometas de período largo.

Acabamos de relatar á grandes rasgos la historia de las aberraciones del espíritu humano á propósito de los cometas. Ahora vamos á indicar cómo, poco á poco, bien lentamente por cierto, se ha separado la verdad del error, y á la historia de las preocupaciones opondremos la de la ciencia. Ambas son instructivas y mutuamente se esclarecen en todos los períodos de su desarrollo; así, por ejemplo, se concibe que la irregularidad del movimiento de los cometas, su aparición súbita é imprevista, lo insólito de su forma, hayan alejado durante largo tiempo de los hombres que estudiaban la naturaleza, la idea de que tenían ante sus ojos astros reales y verdaderos, sometidos, como los planetas, á leyes regulares. Si fueron necesarios siglos de trabajos, de observaciones y de investigaciones de todo género para llegar á descubrir el verdadero sistema del mundo en cuanto concierne al Sol, á los planetas y á la Tierra, no hay que extrañar las dificultades con que se tropezaba al estudiar el movimiento de los cometas, toda vez que de estos astros nadie se tomaba el trabajo de hacer observaciones exactas y continuas. Y estas mismas dificultades, estos escollos en que tropezaba la ciencia, favorecían muchísimo, por el contrario, las preocupaciones é hipótesis que tan absurdas nos parecen hoy día. Por otra parte, el predominio de las ideas místicas apartaba á los astrónomos de un estudio que más parecía pertenecer á las letras divinas que á las humanas.

No hay nada más interesante, que observar cómo en el seno de estas tinieblas é ignorancia se formaron algunas ideas y concepciones exactas acerca de estos fenómenos; verdad es que esto tuvo lugar en pueblos y tiempos en que la filosofía, no oscurecida aún por las sutilezas escolásticas, se ejercitaba libremente explicando los hechos por hipótesis naturales, y cuando, por una intuición atrevida y dichosa, adivinó la escuela pitagórica, sin demostrarlo, el verdadero sistema del mundo. Es difícil decir si la primera idea exacta sobre la naturaleza de los cometas se debe á los caldeos ó á los antiguos egipcios; podemos creer que consideraban los cometas como astros sujetos á movimientos regulares, y no como sencillos meteoros, si es cierto que sabían predecir sus reapariciones; y en Diodoro de Sicilia se encuentran varios pasajes que atestiguan que los caldeos y los egipcios eran capaces de hacer estas predicciones; pero es probable asimismo que se fundasen para ello en ciertas creencias más bien astrológicas que astronómicas, como demuestra el trozo siguiente del citado autor, relativo á los caldeos:

«Los caldeos, dice, por una larga serie de observaciones han adquirido un conocimiento superior de los movimientos de los cuerpos celestes, saber que les permite anunciar los sucesos futuros de la vida de los hombres; pero, según ellos, cinco estrellas que llaman intérpretes y que los demás llaman planetas, merecen una consideración particular; su movimiento es de una eficacia bien extraña..... Anuncian también la aparición de los cometas, los eclipses del Sol y de la Luna, los temblores de tierra; todos los cambios que sobrevienen en el aire, sean estos saludables ó perniciosos, tanto á las naciones enteras como á los reyes y á los simples particulares.»

Hablando el mismo Diodoro de las observaciones astronómicas de los egipcios y de su saber de los movimientos de los cuerpos celestes, asegura «que predicen á menudo á los hombres lo que debe ocurrirles en el curso de su vida; el efecto sigue á la predicción; no es raro, añade, oírles anunciar las enfermedades que deben herir á los hombres y á los animales. Finalmente, por observaciones acumuladas desde hace mucho tiempo, prevén los temblores de tierra, las inundaciones, el nacimiento de los cometas y en general todo lo que parece superior al alcance del espíritu humano.»

Claro está que en el pensamiento del historiador las predicciones relativas á los cometas que atribuye á egipcios y caldeos no tienen nada de astronómicas; los cometas se encuentran confundidos con los demás meteoros atmosféricos, cuya vuelta estaba relacionada, según algunos, con el curso de los astros por coincidencias raras y misteriosas, como, por ejemplo, las conjunciones y otros aspectos celestes, de los que se han ocupado los astrólogos más tiempo que los astrónomos. Sin embargo, hay que admitir que los caldeos llegaron á obtener algunas nociones bastante exactas sobre los cometas, y que de este pueblo y del egipcio adquirieron los griegos sus primeros conocimientos astronómicos. Véase lo que dice Séneca en sus *Cuestiones naturales*: «Eudoxio fué el primero que transportó de Egipto á Grecia el saber de los movimientos planetarios. Sin embargo, nada dice de los cometas; de donde resulta que los mismos egipcios, el pueblo más curioso de astronomía, había profundizado poco esta parte de la ciencia. Posteriormente Conón, observador también de los más exactos, construyó el catálogo de los eclipses de Sol que habían anotado los egipcios, pero no hizo mención de los cometas, los que no hubiera omitido, de haber encontrado en sus anales algunos hechos precisos sobre este punto.» Séneca también refiere que Apolonio de Myndas obtuvo de los caldeos sus ideas sobre los cometas. Según Apolonio, los caldeos equiparaban los cometas á las estrellas errantes (planetas) y conocían su curso. Expone Séneca en seguida, con todos sus detalles, la opinión de este antiguo astrónomo. «El cometa no es un conjunto de planetas, pero una multitud de cometas forman los planetas reales. No son absolutamente imágenes engañosas, fuegos que aumentan por la proximidad de dos astros; son astros particulares como el Sol ó la Luna: su forma no es precisamente redonda, sino puntiaguda, extendida hacia lo largo. De otro lado, su órbita no es visible; atraviesan las más elevadas regiones del cielo y no se perciben sino en la parte más baja de su curso. No creamos que el cometa que se vió en tiempo de Claudio sea el mismo que apareció bajo Augusto; ni que el que se ha mostrado bajo Nerón y ha rehabilitado los cometas se haya parecido al que

después del asesinato de Julio César, durante los juegos de Venus Genitrix, se elevó sobre el horizonte hacia la undécima hora del día. Los cometas son muy numerosos y de diversas clases; sus dimensiones son desiguales, su color distinto; unos son rojos sin resplandor; otros blancos y brillan con purísima luz; otros presentan una llama mezclada con elementos poco sutiles y se cargan, se envuelven en vapores fumosos. Algunos son rojos como sangre, presagio siniestro de la que pronto se derramará. Su luz aumenta y decrece como la de los demás astros que despiden mayor brillo, que parecen más grandes á medida que descienden y se aproximan á nosotros, y más pequeños y menos luminosos porque retrogradan y se alejan.»

Veremos de aquí á poco que Séneca adoptó este sistema, en el que, aparte de observaciones exactas y de conjeturas que se aproximan mucho á la verdad, se encuentran algunos errores y rastros de las supersticiones de la época. La asimilación de los cometas á los planetas, en lo que concierne á sus movimientos, es un punto de vista luminoso, tanto más exacto, cuanto que Apolonio señala al mismo tiempo una diferencia característica entre las dos clases de cuerpos celestes, á saber, que los cometas no son visibles sino en una pequeña porción de sus órbitas.

Entre los antiguos filósofos que creyeron que los cometas eran astros, estrellas errantes como los planetas, hay que citar á Diógenes, jefe que fué de la escuela jónica después de Anaxágoras, á Hipócrates de Chio y á varios pitagóricos. Un pasaje de Estobeo (siglo v) prueba del propio modo que el libro VII de las *Cuestiones naturales* de Séneca, que esta opinión de los antiguos sobre la verdadera naturaleza de los cometas ha permanecido encerrada sin utilidad en los libros que han atravesado toda la Edad media; los astrónomos no han sacado de estos datos partido alguno: tan profundamente arraigada se hallaba en los espíritus la superstición. Dice Estobeo: «Los caldeos creían que los cometas eran otros tantos planetas, estrellas que se ocultaban durante algún tiempo porque distan mucho de nosotros y que se aparecen cuando bajan hacia la Tierra, según las leyes que les están prescritas; que se les llama cometas por los que ignoran que son verdaderas estrellas que parecen aniquilarse, cuando vuelven á su propia región y se sepultan en el abismo profundo del éter, como los peces en el fondo del mar.»

¿Qué hubiera sido preciso para que estas ideas notables fecundasen? Aplicar á la observación de los cometas las reglas conocidas desde larga fecha y seguidas por todos los astrónomos, y anotar con precisión todas las circunstancias de los movimientos planetarios. ¿Y cuántas de estas observaciones que han llegado hasta nosotros no hubieran sido preciosísimas para el cálculo de las teorías cometarias? A la verdad, para sacar de ellas todo el partido posible hubiera sido menester, con igual esfuerzo, elevarse hasta la concepción del verdadero sistema del mundo, entrevisto por la escuela pitagórica y obscurecido hasta los tiempos de Copérnico y Galileo. ¿Qué obstáculos se han opuesto á un progreso tan natural en la ciencia? Ante todo, el más poderoso fué la tendencia de los espíritus hacia lo maravilloso y sobrenatural y los prejuicios sobre los cometas, que cada vez fueron agravándose, por decirlo así, desde los tiempos de la Grecia heroica y filosófica hasta la Edad media, en que la locura astrológica llegó á su más alto

grado para desdicha de la humanidad. Contribuyó también á ello, desgraciadamente, el influjo de un genio poderoso que abrazó, sin idea preconcebida, cierto es, el erróneo sistema de los cometas-meteoros. En aquellos siglos en que siempre se juraba *per verba magistri*, la palabra de Aristóteles bastaba para convencer, y las ideas de Apolonio y de Séneca debían parecer algo sospechosas y heréticas.

Pingré divide las opiniones de los antiguos sobre los cometas en tres sistemas principales; el que acabamos de referir, y que viene á ser como un esbozo del sistema verdadero; el de Panetius, que consideraba los cometas como desprovistos de toda realidad, esto es, simples efectos de óptica; y por último, el que consiste en suponer que los cometas son meteoros atmosféricos pasajeros y sublunares.

Entre los autores de estos sistemas, unos, como Heráclidas de Ponto y Jenófanes, consideraban que los cometas eran nubes muy altas iluminadas por la luz del Sol, de la Luna ó de las estrellas; Estrabón de Lampsaco, que veía en los cometas como luces sumergidas en el seno de nubes muy densas, comparándolos en cierto modo á gigantescas linternas; ¿no parece que el núcleo luminoso que el telescopio ha revelado á los astrónomos contemporáneos corresponde á la hipótesis del filósofo pitagórico?

Tenemos ahora que examinar las ideas del portentoso genio de la antigüedad, del filósofo estagirita, del gran Aristóteles, cuyas opiniones sobre los cometas, falsas en absoluto, aún hallaban acogida hace dos siglos, y en este concepto, como todas las hipótesis del ilustre filósofo, merecen ser conocidas por el considerable y pernicioso influjo que ejercieron en el espíritu de los astrónomos de la Edad media y del Renacimiento. Para el famoso estagirita son los cometas exhalaciones que se elevan de la Tierra, las que al llegar á las regiones superiores del aire próximas á la del fuego, se encuentran arrastradas por el movimiento del medio que las rodea, y concluyen por reunirse, condensarse é inflamarse, cuya inflamación dura tanto como las materias combustibles, y cuando este fuego deja de ser alimentado se apaga y desaparecen los cometas. Aristóteles dividía el aire en tres regiones: la primera, inmóvil como la Tierra en que se apoya, sirve para que respiren los animales y las plantas; la región media, extremadamente fría, participa de la inmovilidad de la primera; pero la región superior, inmediata á la zona del fuego ó al cielo mismo, se halla arrastrada por el movimiento diurno de este último. Allí suben las exhalaciones emanadas de la Tierra, y caldeadas por el medio ambiente y por el movimiento, engendran los meteoros ígneos á los cuales pertenecen los cometas.

Inútil parece refutar todas estas hipótesis sin fundamento, y aun dar cuenta de las objeciones que á ellas presentaron Séneca y otros escritores de aquel tiempo; pero conviene que nos detengamos un momento para examinar á la ligera el libro de las *Cuestiones Naturales*, en el cual se encierra cuanto en aquella época se sabía sobre los cometas, sus apariciones, movimientos é influjo; y aparte de su valor histórico, merecen un estudio detenido las opiniones personales del autor.

Desde el principio del libro se ve que Séneca aprecia toda la importancia del asunto y la relación que debe existir entre la naturaleza de los cometas y el sis-

tema del universo. Se pregunta á sí mismo si los cometas son de igual naturaleza que los cuerpos situados á mayor altura, puesto que presentan con éstos varios puntos semejantes, como las ascensiones y declinaciones, y también la forma externa, salvo la difusión y la prolongación luminosa; por lo demás, igual brillo é igual fuego. Vemos aquí los cometas asimilados á las estrellas errantes en cuanto á sus movimientos y con la sola distinción de sus colas y nebulosidades. Séneca comprende «cuán importante sería investigar si el mundo gira alrededor de la inmóvil Tierra, ó si el mundo está fijo, y es la Tierra la que se mueve y si no es el cielo el que sale y se pone, sino nuestro globo. Es preciso saber también, agrega finalmente, el cuadro de todos los cometas que aparecieron antes de nosotros, pues su escaso número impide hasta aquí comprender la ley de su movimiento, y asegurarse de que su marcha es periódica y si un orden constante los hace aparecer en el día señalado. Ahora bien, la observación de estos cuerpos celestes es de fecha reciente y hace muy poco que se ha introducido en la Grecia.»

Sin embargo, no parece que Séneca hizo nada por su parte para contribuir á la realización de una aspiración tan prudente y perspicaz. En su tiempo se presentaron varios cometas y apenas los menciona en su libro, sin referir tampoco ninguna circunstancia particular de sus apariciones capaz de permitir un conocimiento medianamente exacto de su marcha aparente.

De estas consideraciones preliminares que indican en el espíritu del filósofo cordobés un presentimiento tan exacto de la verdad, pasa á la exposición de los principales sistemas imaginados en su tiempo para explicar los cometas. Trata de refutar el sistema de Epigena, quien del mismo modo que Apolonio, había consultado á los astrónomos caldeos, pero emitiendo una opinión completamente contraria, es decir, una opinión muy parecida á la de Aristóteles, salvo algunas explicaciones de detalles, falsas también, por supuesto. Al combatir Séneca estas ideas, se eleva en ocasiones á puntos de vista muy acertados, como, verbigracia el de la regularidad relativa de los movimientos cometarios. «Nada hay confuso, dice, nada tumultuoso en su curso, nada que haga presagiar que obedecen á elementos perturbadores y á móviles inconstantes. Y además, aun cuando los torbellinos fuesen bastante fuertes para apoderarse de las emanaciones húmedas y terrestres y lanzarlas desde tan bajo á tales alturas, no las elevarían sobre la Luna, toda su acción se detiene en las nubes. Ahora bien, vemos que los cometas ruedan en lo más alto de los cielos al par de las estrellas.»

Anota Séneca cuidadosamente una de las diferencias características entre los planetas y los cometas. Recordemos que los cometas no se presentan en una sola región del cielo, ni exclusivamente en el círculo del zodiaco; aparecen en el Oriente lo mismo que en el Ocaso, pero con más frecuencia hacia el Norte...» «El cometa tiene su región propia, concluye su curso, no se apaga, se aleja del alcance de nuestros ojos. Si fuese un planeta, podría decirse que rodaría por el zodiaco. ¿Pero quién puede asignar á los astros un límite exclusivo, confinando y poniendo en estrechura estos seres divinos? Estos mismos planetas que á tu vista parecen ser los únicos que se mueven, ¿recorren órbitas distintas unas de otras?»

«¿Por qué no había de haber astros que siguiesen caminos particulares y muy

separados de los que frecuentan los planetas? ¿Por qué había de haber en el cielo alguna región inaccesible?»

Más adelante explica con bastante precisión la causa de las retrogradaciones que se observan en el movimiento de los astros y de los cometas, y también la de las estaciones: «¿Por qué, dice, parece que ciertos astros vuelven atrás en su camino? Se debe al encuentro con el Sol su aspecto de lentitud; se debe á la naturaleza de sus órbitas y de los círculos dispuestos de tal manera, que en ciertos momentos hay una ilusión de óptica. Así los bajeles, aun cuando lleven sus velas hinchadas por el viento, pueden parecer inmóviles.» En el fondo esta es la explicación verdadera, perfectamente aplicable á los movimientos cometarios.

Enumera y describe Séneca las variadas formas que presenta su aspecto, y luego afirma que todos los cometas tienen el mismo origen, opinión por todo extremo arbitraria, que aún no se halla resuelta en nuestros días. En muchos puntos ha discernido la verdad, dando á las veces razones en apoyo de su opinión, fundadas en su buen sentido y basándose otras en explicaciones candorosas, que hoy día nos causan risa, puesto que se fundan en nociones de meteorología, de astronomía y de física admitidas en aquella época, nociones sin valor alguno y que se deben considerar como los comienzos de una ciencia en su infancia.

Refiere el pasaje del historiador Eforo sobre el cometa del año 371, testimonio precioso de un fenómeno que hemos visto reproducirse en nuestros días, la división de un cometa en dos partes; pero el sabio romano da cuenta del hecho para calificar al narrador de crédulo y embustero; y si bien esto parece impropio de Séneca, hablando con verdad, hace treinta años que nuestros soberbios astrónomos pensaban del mismo modo que el filósofo de Nerón, y el mismo Pingré elogia su sagacidad en este punto. Ha sido menester que se desdoblase el cometa de Gambart, á nuestra vista, por decirlo así, para dar al testimonio de Eforo la autoridad que Séneca y otros muchos astrónomos le habían rehusado. El análisis que presenta nuestro filósofo de la opinión de Apolonio, le presta ocasión para pronunciarse en favor de un sistema del que son amplio desarrollo las modernas teorías cometarias. No se contenta, sin embargo, con decir únicamente lo que le parece más probable, sino que profetiza con ardor en nombre de la ciencia de lo porvenir. Estos pasajes de las *Cuestiones naturales* honran muchísimo á su autor y merecen citarse como testimonios de su profunda inteligencia.

«¿Por qué hay que admirarse, dice, de que los cometas, que tan raras veces se presentan en el mundo, no se hallen para nosotros sujetos aún á leyes fijas y que no se sepa ni de dónde vienen, ni dónde se detienen estos cuerpos, cuyas reapariciones ó vueltas sólo se verifican con intervalos inmensos? Todavía no han transcurrido quince siglos desde que

«La Grecia ha contado el número de las estrellas»
(*Naxita tum stellis numeros et nomina fecit*)
(Virg., *Georg.* I)

»Todavía hoy ¡cuántos pueblos hay que sólo conocen el cielo por su efecto y no saben por qué se eclipsa la Luna y se cubre de sombras! Nosotros mismos

hemos llegado en este punto, hace muy poco, á una certidumbre razonada. Vendrá un tiempo en que lo que para nosotros es misterio se hará claro y evidente por los estudios acumulados durante el largo transcurso de los siglos. Para estas grandes investigaciones no basta la vida de un hombre, siquiera la consagrarse toda ella á la inspección del cielo. ¿Qué sucederá cuando de tan corto número de años como vivimos, hacemos un uso tan desigual entre el estudio y los viles placeres? Poco á poco, pues, y de un modo sucesivo se descortará el velo que encubre tantos fenómenos. Tiempo vendrá en que nuestros descendientes se admirarán de que hayamos podido ignorar cosas tan sencillas...»

«...Algún día nacerá un hombre que demostrará en qué parte del cielo vagan los cometas; por qué marchan con tanta rapidez respecto de los demás planetas; cuál es su magnitud y su naturaleza. Contentémonos con lo que hasta aquí se ha hallado; que nuestros sobrinos tengan también su parte en las verdades que hay que descubrir...»

Mil y seiscientos años transcurrieron entre la predicción de Séneca y su completa realización, gracias á los trabajos acumulados de un gran número de astrónomos y á la aparición del libro de los *Principios*, en el que Newton demostró las leyes de los movimientos cometarios.

A mediados del siglo XVI, la evolución del Renacimiento, tan favorable á las letras y á las artes, dejó sentir también su benéfico influjo en las ciencias de observación. Ya á fines del siglo XV se ve á Regiomontano describiendo con esmero los movimientos de los cometas; Apiano se ocupa de la dirección de las colas, opuestas, por lo general, al punto en que el Sol se halla; Cardano hace notar que los cometas se encuentran mucho más allá de la Luna, fundando su opinión en la pequeñez ó ausencia completa de paralaje. Llegó, pues, el momento en que en vez de proceder por vía de hipótesis y conjeturas, se trató de multiplicar las observaciones dándoles el carácter de exactitud y precisión de que hasta entonces habían carecido. Veremos aún muchas opiniones erróneas, pero que se discuten, comparando con los hechos observados sus consecuencias geométricas y astronómicas. Astrónomos distinguidos como Tycho Brahe, Keplero, Galileo, Hevelio y Cassini se equivocaron sobre el verdadero carácter de las órbitas cometarias; filósofos eminentes, como Descartes, intentaron enlazarlos á sus atrevidas y falsas concepciones del sistema del mundo, pero el gran principio que permite reunir en majestuoso conjunto el edificio entero de los conocimientos astronómicos acumulados en la sucesión de los siglos, el principio de la gravitación universal, iba á permitir pronto á Newton extender sus admirables teorías á los cometas, sujetándolos á las mismas leyes que habían aprisionado á los planetas. Desde este momento empieza la verdadera astronomía cometaria, la ciencia de los cometas, que rápidamente se eleva á un grado de desarrollo comparable al de las demás ramas de la astronomía.

Describiremos con brevedad las principales fases de la historia hasta llegar á Newton, en cuyo punto procederemos al estudio directo de los cometas, de sus movimientos y de su constitución física y química, elementos todos que hallarán el lugar que les corresponde en la serie de párrafos consagrados á este asunto interesante.

La aparición del cometa de 1577 puede considerarse como el punto de par-

tida del nuevo período. Tycho Brahe, que acababa de seguir con tanta atención la estrella efímera que apareció repentinamente en la constelación de Casiopea en 1572, hizo numerosas y exactas observaciones del nuevo cometa; determinó su paralaje, poniendo de esta suerte fuera de duda que los cometas se mueven en una región más elevada que la Luna, como anteriormente había indicado Cardano. Trató Tycho de representar el movimiento del cometa haciéndole describir alrededor del Sol una órbita circular superior á la de Venus; en cuanto á la naturaleza física del astro, supone que sea la de un meteoro no atmosférico, puesto que acepta que ha sido engendrado en las profundidades del cielo. Era este un primer ataque á las ideas de Aristóteles, profesadas por otros astrónomos contemporáneos, como Moestlin y Rothmann.

Los cometas de 1607 y 1618 dieron motivo á Keplero para explicar las apariencias de sus movimientos, imaginando una hipótesis que, aunque falsa, no carecía de ingenio. Según el autor inmortal de las tres grandes leyes de los movimientos planetarios, atraviesan los cometas el sistema solar, siguiendo órbitas rectilíneas, y Pingré hace notar, con razón, que el movimiento aparente de los cometas de 1607 y 1618 se explica de un modo más natural en esta hipótesis que en la de Tycho, lo cual puede interpretarse diciendo que el camino seguido por estos astros, en sus porciones visibles se aproxima más á una línea recta que á un círculo. En cuanto á la naturaleza física de los cometas, que Keplero cree tan numerosos en el cielo como los peces en el mar, veamos lo que se lee en el libro segundo de su obra sobre estos astros: «No son eternos, como creía Séneca; se encuentran formados de materia celeste, la cual no ofrece siempre el mismo estado de pureza, y á menudo se junta como una especie de grasa, que empaña el brillo del Sol y de las estrellas. Es necesario, pues, que el aire se purifique y se descargue de esta especie de excremento, lo cual se verifica por medio de una facultad animal ó vital, inherente á la substancia misma del éter. Esta substancia espesa se aglomera bajo una forma esférica, recibe y refleja la luz del Sol y se pone en movimiento como una estrella. El Sol la ilumina con rayos directos que penetran su substancia, arrastra consigo una parte de la materia, y salen para formar al lado opuesto ese rastro luminoso que llamamos la cola del cometa. Esta acción de los rayos solares atenúa las partículas que componen el cuerpo del cometa, las expulsa y las disipa; de esta suerte se consume el cometa al expirar su cola, por decirlo así.» Vemos, por lo tanto, que si en el pensamiento de Tycho y de Keplero se consideran los cometas en la categoría de cuerpos celestes, se trata siempre de astros efímeros de origen reciente y destinados á desaparecer.

Algunas de las ideas de Keplero se resienten de las concepciones místicas y particulares del grande astrónomo sobre los cuerpos celestes; sin embargo, las relativas á la formación de las colas, aunque modificadas, se aceptan por los astrónomos contemporáneos y forman el punto de partida de una de las teorías modernas más acreditadas sobre los fenómenos cometarios.

Galileo creyó asimismo que los cometas se movían en línea recta; pero no supo desprenderse de las opiniones vulgares, y participaba de la creencia común de que estos cuerpos eran meteoros pasajeros y exhalaciones de la Tierra.

Los cometas notables que aparecieron á mediados del siglo XVII, en particu-

lar en 1664 y 1665 y luego en 1680, llamaron la atención de todos los hombres de ciencia, adquiriendo cada vez mayor crédito la idea de que estos cuerpos eran astros verdaderos, y al cabo de quince siglos se volvía al sistema de Apolonio.

Cassini abordó el gran problema de determinar la geométrica de sus órbitas y las leyes de sus movimientos, pero sin conseguir su resolución, de lo cual no debemos maravillarnos si reflexionamos que este ilustre astrónomo no se atrevía aún á abjurar las creencias del sistema del mundo, tan victoriosamente combatidas por Copérnico y Galileo; y como consideraba que la Tierra era un observatorio desprovisto de movimiento, hubo de confundir los aparentes de los cometas con los reales. Supuso Cassini que estos astros eran tan antiguos como el mundo; pero les hizo describir órbitas circulares, muy excéntricas á la Tierra, con objeto de explicar la débil porción de la órbita visible durante la corta duración de sus apariciones.

Un observador laborioso, Hevelio, adoptó con ligeras modificaciones el sistema de Keplero, es decir, las órbitas rectilíneas ó sensiblemente rectilíneas. Los cometas son también, según este astrónomo, producto de las exhalaciones de la Tierra, de los demás planetas y del Sol. Arrastrados primero por un movimiento ascensional, combinado con el movimiento de rotación del planeta que les dió origen, consigue la masa alcanzar, después de haber descrito una línea espiral, los límites del torbellino de este planeta, y llegando á este punto, se mueve ó escapa según la tangente á la superficie límite. Pero la resistencia que le opone el éter modifica la forma de su órbita, que de rectilínea pasa á ser parabólica. En todo esto no hay más que un sistema puramente hipotético que sin duda habrá costado á su autor grandes esfuerzos de imaginación, pero que, sin embargo, no se apoya en ningún principio verdadero de mecánica astronómica; así que las ideas de Hevelio hallaron pocos partidarios entre los astrónomos, y la obra en que las ha expuesto, que contiene, por otra parte, preciosos datos históricos y de observación relativos á los cometas de 1652, 1664 y 1665, no es hoy día más que un objeto curioso de la historia de la ciencia.

Keplero descubrió en 1618 las tres leyes que han hecho su nombre inmortal é imperecedera su gloria; estas leyes rigen los movimientos de los cuerpos que, como los planetas y la Tierra, circulan alrededor del Sol en períodos regulares. Según la primera ley, la órbita descrita alrededor del Sol es una elipse, ocupando este lumínar uno de los focos; la segunda es relativa á la velocidad del planeta, la cual aumenta cuanto más cerca se encuentra el astro del foco, y es más débil cuanto mayor es la distancia; de modo que la velocidad máxima corresponde al perihelio, y al afelio la mínima. La tercera ley indica la relación constante que existe entre el período de cada revolución periódica y el diámetro mayor de la elipse.

¿Por qué no trató Keplero de aplicar á los movimientos de los cometas las leyes planetarias, dejando á Newton la gloria de una generalización que tan natural parece hoy día? Porque las porciones de las órbitas cometarias visibles desde la Tierra son, por lo común, fragmentos muy pequeños de la curva inmensa, excesivamente prolongada, que describe cada cometa en una revolución total; de otro lado, en tiempo de Keplero, no se tenía noticia de que en ningún

caso hubiera reaparecido un cometa, y por último, este gran genio se hallaba dominado por la idea peripatética de que los cometas eran meteoros pasajeros y efímeros.

Newton pudo elevarse á una concepción superior de los movimientos de los cuerpos celestes, gracias á los continuos progresos de las ciencias físicas y matemáticas; halló la razón de las leyes que el genio de Keplero había obtenido de las observaciones de Tycho Brahe y de las suyas propias; les dió la interpretación mecánica; en una palabra, obtuvo todas las particularidades de los movimientos celestes, como otras tantas consecuencias necesarias de un principio único, el de la gravitación recíproca de las masas de estos cuerpos y de la del globo solar.

Desde este momento dejaron los cometas de ser la desesperación de los astrónomos; sometidos á la gravitación, describen, lo mismo que los planetas, órbitas cuyo foco común es el Sol y que se diferencian, sin embargo, por dos caracteres principales. El primero es la inclinación de los planos de sus órbitas sobre el plano de la órbita terrestre, y en vez de estar comprendida en límites estrechos puede alcanzar esta inclinación todos los valores posibles. Desde la Tierra, pues, pueden verse, y en efecto se ven, los cometas en todas las regiones del cielo, al paso que el curso aparente de los planetas permanece siempre confinado en la estrecha zona llamada zodiaco. Además, consiste su segundo carácter especial en que la elipse descrita por un cometa es, por lo general, muy prolongada, y por esta causa precisamente, sólo vemos una porción muy restringida, pues más allá se encuentra el cometa sumergido en unas regiones celestes tan distantes de la Tierra, que es por completo invisible. Por otra parte, el período de una revolución es generalmente tan grande, que en tiempo de Newton no se habían podido computar dos vueltas sucesivas del mismo astro. Ahora bien, elipses tan prolongadas, cuando sólo se consideran los arcos descritos en la proximidad del perihelio, pueden sensiblemente confundirse con parábolas de igual foco y de igual vértice. Por esta causa, apoyándose Newton en la asimilación aproximada, obtuvo el medio de determinar, sirviéndose de un reducido número de observaciones, los elementos de una órbita cometaria, problema mucho más sencillo que el que tiene por objeto el conocimiento de la elipse completa.

Tenemos aún que admitir una diferencia entre los movimientos cometarios y los de los planetas; los de estos últimos son siempre directos, y todos se efectúan para un observador de pie, y colocado sobre la cara boreal del plano de la eclíptica, de derecha á izquierda, ó de Occidente á Oriente. Los movimientos de los cometas son, unos directos, y retrógrados otros. Esta consideración de gran peso hizo admitir las ideas de Newton en contra de los torbellinos de Descartes. Si el cielo planetario está lleno de torbellinos de materia que circula en el mismo sentido alrededor del Sol, y en torno de cada uno de los cuerpos del sistema, ¿cómo puede comprenderse, en efecto, que los cometas atravesasen este medio en un sentido opuesto al de su propio movimiento?

Todas estas ideas tan sencillas y al mismo tiempo tan grandiosas, en la unidad de su conjunto, no se admitieron, como es sabido, por los físicos y los astrónomos del siglo de Newton. ¿Por qué? Imbuídos todavía del espíritu de sistema,

de secta, se inclinaban los unos á las antiguas doctrinas de Aristóteles, y los otros hacia las atrevidas novedades del cartesianismo.

Pero no era posible dudar de que la verdad se abriera paso.

Halley, ilustre contemporáneo de Newton, contribuyó á su triunfo en lo respectivo á las teorías cometarias; emprendió el cálculo, laborioso en aquella época, de las órbitas de veinticuatro cometas, principalmente de aquellos cuyas observaciones eran bastante numerosas y exactas; las comparó, creyendo reconocer cierta identidad entre muchas de ellas. Un cometa observado hacía poco tiempo, el de 1682, le pareció semejante á los cometas de 1607 y de 1531; aseguróse de esta conformidad, y afirmó que era el mismo astro, observado en varias apariciones sucesivas, y predijo, por último, su reaparición. Ni Halley ni Newton pudieron presenciar el suceso, del cual referiremos la historia más adelante; pero el año 1759, en que tuvo lugar, en efecto, la vuelta del cometa de 1682, fué una fecha decisiva en la historia de la astronomía cometaria, y puede decirse que, á partir de esta época memorable, no hubo ya lugar para las hipótesis, á lo menos en lo relativo á los movimientos de los cometas.

Henos, pues, en disposición de entrar en la parte científica de nuestro asunto.

Los cometas participan del movimiento diurno. Durante el período de sus apariciones, salen y se ponen como el Sol, la Luna, las estrellas y los planetas, y desde este punto de vista no se diferencian, pues, de los demás astros.

Cuando aparece un cometa, nótese el lugar del cielo que ocupa en el momento en que se principia la observación, lo cual es fácil de ejecutar, comparándolo con dos estrellas, más ó menos cercanas al punto brillante de donde arranca la cola, esto es, el *núcleo*; luego que ha pasado algún tiempo, una hora, verbigracia, se notará que los tres puntos luminosos, á saber, el núcleo y las dos estrellas, han cambiado de lugar respecto del horizonte, describiendo cada uno de ellos una parte de arco de círculo. El centro común de estos arcos es el polo celeste, que para este caso puede considerarse que es la estrella polar, y su magnitud depende del período de la observación, y también de la distancia angular de cada objeto al polo, ó sea de sus respectivas distancias polares. Su dirección es la del movimiento general del cielo y de las estrellas, es decir, de Oriente á Occidente.

Este primer examen nos indica exactamente la posición del cometa fuera de la atmósfera de la Tierra; el movimiento diurno es, en efecto, un movimiento aparente, extraño á los astros y propio é inherente, en realidad, al observador, ó si se prefiere al observatorio, puesto que depende de la rotación del globo terrestre sobre su eje. La totalidad de la atmósfera participa de este movimiento, y un cuerpo que estuviese en ella sumergido podría, sin duda alguna, tener un movimiento peculiar, sin participar por esto del movimiento diurno.

Los antiguos, que consideraban los cometas como meteoros de origen atmosférico, se veían obligados, ó bien á admitir la inmovilidad de la Tierra, ó bien á aceptar que los cometas, después de haberse formado en la atmósfera, se alejaban de nuestro globo; y una vez independientes, se movían en el mismo cielo. Este era, por ejemplo, el sistema de Hevelio que antes examinamos.

Esta primera observación no nos permite distinguir los cometas de la multitud de puntos brillantes que tachonan el azulado firmamento, de las estrellas fijas

verbigracia. Es verdad que los cometas aparecen en regiones en que antes eran invisibles, y que luego, al cabo de cierto tiempo, desaparecen; pero por esta sola causa pudieran ser confundidos con esas estrellas particulares, que se ven brillar repentinamente en una constelación, aumentar de brillo y luego debilitarse y desaparecer. A este tipo pertenecen las famosas estrellas efímeras de 1572 (la Peregrina), de 1604, de 1670, de 1868, y otras, que aparecieron y se extinguieron en las constelaciones de Casiopea, el Serpentario, la Zorra, la Corona boreal, etc. Ahora bien, todas estas estrellas presentaron la particularidad de que en los puntos exactos en que se mostraron el primer día, permanecieron inmóviles hasta su desaparición, ó al menos sólo se vieron arrastradas por el movimiento diurno. Como las estrellas situadas á inmensas distancias de nuestro mundo solar, no han tenido movimiento propio, por lo menos movimiento propio sensible, durante todo su período de aparición, que á veces ha sido bastante largo. Lo mismo ocurre con las nebulosas, y lo que las distingue de los cometas es su inmovilidad aparente, en el seno de las constelaciones. Como vemos, para buscar un cometa hay que valerse de los mismos medios visuales y fotográficos que se emplean para descubrir los pequeños planetas (figura 3).

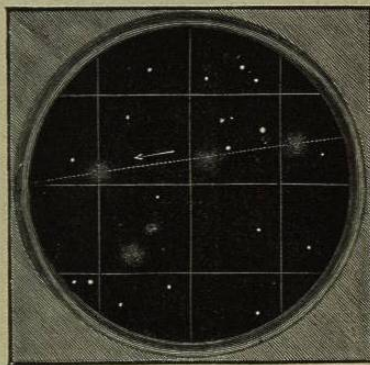


Fig. 3. — Diferencia entre el movimiento propio de un cometa y el aparente de una nebulosa.

Los cometas, por el contrario, tienen un movimiento propio muy rápido á las veces; se les ve que cambian de lugar sensiblemente de día en día y aun de hora en hora, en el seno de las constelaciones, presentando este carácter común con los planetas, y ahora sabremos que este movimiento propio se debe á las mismas causas.

Primeramente, al movimiento real del astro, ó sea á su dislocación progresiva en el espacio celeste; supongamos por un instante que la Tierra está inmóvil; un observador colocado en su superficie, verá que el astro en movimiento corresponde poco á poco con estrellas distintas, y que describe sobre el fondo del cielo una línea cuyas forma, dirección y dimensiones aparentes dependerán del verdadero camino seguido por el astro, de su forma real, de su dirección y de su velocidad. Por ejemplo, la Luna, que describe una curva ovalada ó elipse en torno de la Tierra en un mes próximamente, parecerá que en este tiempo recorre de Occidente á Oriente un círculo máximo de la esfera. Los planetas Mercurio y Venus, que giran alrededor del Sol describiendo órbitas cerradas más ó menos distintas de un círculo, pero encerradas por la órbita terrestre, parecerá que se mueven á uno y otro lado del astro, oscilando periódicamente ya al Oriente, ora al Occidente del Sol. Los demás planetas, como Marte, Júpiter y Saturno, vistos desde la Tierra, dan una vuelta entera al cielo en tiempos desiguales, describen alrededor del Sol órbitas externas á la de la Tierra y los

tiempos reales de sus revoluciones varían con las dimensiones de estas órbitas.

Sin embargo, no se verifican estos fenómenos de un modo tan sencillo, y vamos á ver por qué.

En primer lugar, porque al movimiento real y regular de los planetas viene á agregarse el movimiento propio de la Tierra; además, porque en el intervalo de un año se mueve nuestro globo también alrededor del Sol, en una curva ú órbita cerrada poco distinta de un círculo, en una palabra, en una elipse de la que ocupa el Sol uno de los focos. Esta dislocación de la Tierra, como se puede suponer, debe complicar el movimiento aparente de los planetas y sus cambios de posición en la bóveda estrellada. Unas veces parece que se acelera este movimiento propio, lo que ocurre, naturalmente, cuando el planeta y la Tierra se mueven describiendo arcos en opuestos sentidos, puesto que se suman sus velocidades. Del propio modo un viajero arrastrado en un sentido por el tren, ve pasar otro tren al lado del suyo, con una velocidad igual á la suma de sus velocidades respectivas, si ambos trenes van en sentido contrario; si caminan paralelamente en la misma dirección, no se alejan sino con una rapidez igual á la diferencia de su marcha, y aun pudieran parecer inmóviles, caso de ser iguales sus velocidades. Esto es lo que ocurre con los planetas vistos desde la Tierra. Su movimiento propio se detiene algunas veces hasta que llega á ser nulo, y entonces el astro permanece estacionario; otras veces parece retrogradar.

Aunque ya en las páginas anteriores explicamos estos efectos, conviene que insistamos sobre ellos antes de pasar á lo que tenemos que decir sobre los movimientos cometarios.

Es evidente que resultan de la combinación del movimiento propio de un planeta en su órbita y del movimiento de la Tierra en la suya. Ahora bien, sea el que quiera el curso seguido en realidad por un cometa en el cielo, su trayectoria aparente se encontrará modificada por la dislocación propia del observador, es decir, de la Tierra.

Así, pues, segundo punto: para conocer la órbita verdadera de un cometa, será menester llevar en cuenta el efecto óptico resultante del camino que, haya seguido nuestro planeta, y la porción de su órbita recorrida durante la aparición del astro viajero.

Las estaciones y retrogradaciones planetarias, aunque bastante sencillas, relativamente, han sido por largo tiempo una de las graves dificultades con que tropezaron los astrónomos; pero cuando se descubrió el verdadero sistema del mundo en toda su sencillez por el inmortal canónigo de Thorn, y conocido luego con más exactitud por Keplero, estas complicaciones aparentes de los movimientos celestes, que habían sido los escollos de los sistemas erróneos, se convirtieron en otras tantas confirmaciones luminosas de la verdadera teoría.

Análogas fueron las dificultades, pero mucho más graves y numerosas, que impidieron por largo tiempo á los astrónomos el descubrimiento de la naturaleza de los cometas y las leyes verdaderas de sus movimientos.

Hemos visto que los cometas aparecen en todas las regiones de la bóveda estrellada y que recorren en todos sentidos y con velocidades diversas todas las constelaciones posibles. El tercer cometa de 1739 y el cometa de 1472 que cita Pingré, describieron en un solo día, el primero un arco de 120 grados, es decir,

la tercera parte de una circunferencia celeste, y el segundo un arco de 41 grados y medio en longitud y de cerca de 4 grados en latitud. Su movimiento real era, cierto es, de contrario sentido al de la Tierra, de manera que su velocidad aparente se componía de la suma de las velocidades de ambos astros. En esto había, pues, un efecto de paralaje, es decir, además del movimiento del astro observado, el resultado del cambio de lugar ó dislocación propia del observador. Estos ejemplos pueden multiplicarse en gran manera, pero nos concretaremos á los siguientes: «El cometa de 1729, dice Lalande, que Cassini observó durante varios meses, después de haber recorrido más de 15 grados hacia el occidente desde la cabeza del Caballo pequeño hasta la constelación del Aguila, se encorvó repentinamente hacia el Este, lo que demostró de un modo palmario el efecto de la paralaje anua.»

Estos movimientos tan rápidos dependen de circunstancias fáciles de comprender, principalmente de la proximidad del cometa á nuestro globo y de la dirección de su movimiento respecto del movimiento de la Tierra. Lacaille imaginó una hipótesis en la cual el movimiento angular propio de un cometa alcan-

zaría una rapidez enorme. Supone el sabio astrónomo que se moviese un cometa en sentido contrario á nuestro globo en el mismo plano de la eclíptica; se encuentra en el perihelio á su distancia mínima del Sol, y por consecuencia en el punto de su órbita en que su velocidad es máxima.

Del mismo modo la Tierra, en el perihelio, camina con un movimiento más rápido de traslación. Por último, el cometa dista de la Tierra casi tanto como la Luna y se halla en oposición. La fig. 4 representa todas estas hipótesis, sin duda difíciles de realizar, pero no imposibles; por lo tanto supongámoslas reunidas. En estas condiciones particulares, se vería desde la Tierra que el cometa describía en el cielo un arco de cerca de 39° en longitud en la primera hora y de 32° en la hora siguiente. En el transcurso de tres horas el arco total recorrido en medio de las constelaciones llegaría á $92^{\circ} 58'$ con completa independencia del

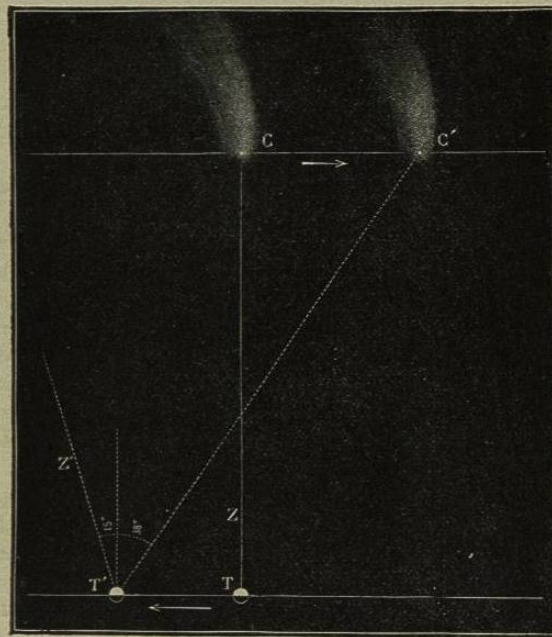


Fig. 4. - Movimiento máximo aparente de un cometa y de la Tierra