

un abanico rojizo (por contraste) de 180° próximamente de abertura, de rayos curvilíneos que arrancaban de un núcleo amarillo verdoso.» Vemos que el astrónomo romano considera rojo el color del abanico, como producido por un efecto de contraste. La opinión de Tacchini es muy otra; después de hablar de ciertas particularidades de su espectro, terreno que todavía nos está vedado, agrega: «Esta hermosa banda coloreada sólo se presentaba en el paso del núcleo, el cual, examinado con el ocular ordinario, aparecía de un blanco verdoso, mientras que el abanico era sensiblemente rojo, *aun ocultando el núcleo por medios artificiales.*»

Esta cuestión del color de la luz en las diversas partes que componen un cometa, núcleo, atmósfera y cola, es muy interesante, pues se encuentra ligada á la de su misma naturaleza, como más adelante veremos.

CAPITULO IV

TEORÍAS COMETARIAS

Primeras hipótesis. — Hipótesis modernas.

Echemos una ojeada sobre el contenido de los capítulos que acabamos de leer.

Encontramos en ellos acumulados un gran número de hechos, de observaciones interesantes é instructivas, de fenómenos cuyas variaciones sugieren pensamientos infinitos sobre los astros á que se refieren. Y sin embargo, todos estos hechos no nos permiten responder categóricamente y con seguridad á esta sencilla pregunta: ¿Qué es un cometa?

Hemos dicho una pregunta sencilla. Y lo es en verdad, con gran frecuencia, en el pensamiento del que la formula, si conoce poco las ciencias y sobre todo la astronomía; pero en realidad no hay cuestión más compleja. Para intentar responder, para decir al menos lo que se cree saber de cierto sobre los cometas, para exponer las conjeturas probables sobre los puntos dudosos, hay que proceder con método y dividir las dificultades.

De la misma exposición que se ha hecho en los capítulos precedentes de los fenómenos cometarios, resulta, á nuestro entender, una primera división natural del asunto. Por una parte tenemos los movimientos de los cometas, reales ó aparentes, todo lo que concierne á las órbitas que describen en el seno del éter, en una palabra, las leyes que rigen á los cometas, así en la parte que pudiera llamarse regular de su curso, como en las vicisitudes ó perturbaciones que sufren por parte de los cuerpos celestes extraños. En esto, en teoría á lo menos, no hay dificultad alguna; ninguna sombra en la explicación de los hechos, en la periodicidad de ciertos cometas, en la desaparición de otros, en los retardos y adelantos de los demás, cuyas épocas de regreso pueden conocerse. La gravitación es el principio que da cuenta de todos los hechos y movimientos. La teoría de los cometas, desde este punto de vista, es igual á la de los planetas, y si aún se tropieza con ciertas dificultades y con algunas cosas inexplicadas, no hay en esto motivo de duda para ningún astrónomo digno de este nombre.

Hay, empero, dificultades, como ya hemos visto; verbigracia, nos preguntamos por qué razón la órbita del cometa de Encke se acorta progresivamente en su período. ¿Será por la resistencia del medio ó por la acción de una fuerza repulsiva? Aquí se encuentran divididos los pareceres, pero esto no quebranta el principio de la gravitación en razón de las masas y recíproco al cuadrado de las distancias.

Hay también obscuridades; y en esta clase entra la cuestión del origen de

los cometas. Estos astros no parecen pertenecer todos al sistema solar, puesto que algunos cometas se mueven en hipérbolas. Pero todos vinieron primitivamente del exterior. ¿Formarán, como cree Hoek, grupos ó sistemas, y la conversión en órbitas cerradas de sus órbitas originales se deberá á la acción perturbadora de las masas planetarias? Estas cuestiones no se hallan resueltas todavía; pero cualquiera que sea la respuesta que en su día dé la ciencia, es claro que en nada perjudicarán, según opinión unánime de los astrónomos, á las causas de los movimientos y á sus leyes.

En fin, asimismo hay cosas inexplicadas, como la no reaparición del cometa de 300 años, es decir, el de 1264-1556; como la imposibilidad de volver á ver algunos cometas de período corto, y como, por último, la división del cometa de Biela en dos astros distintos y su desaparición final.

Pero este último fenómeno, por otra parte tan curioso, depende quizás de otra causa y no de un influjo extraño, y en este caso se relacionaría á la segunda clase de los problemas contenidos en el enunciado de la cuestión antes formulada.

¿Qué es, pues, un cometa?

La masa, la densidad, el aspecto físico del núcleo luminoso, de la atmósfera que lo envuelve, de los efluvios que lanza cuando se aproxima el cometa al Sol; las variaciones de forma y de volumen del núcleo y de la nebulosidad; todas estas transformaciones singulares que el telescopio revela, en particular el nacimiento, el desarrollo y la desaparición de las colas; he aquí otros tantos puntos sobre los que no nos faltan datos, sin duda alguna, y bien lo atestiguan los precedentes capítulos, pero al mismo tiempo difíciles de coordinar en un conjunto lógico y de reducir á un principio único, del que pudieran deducirse todas las observaciones como otras tantas consecuencias particulares. Aquí tenemos el indicio de una constitución especial, como hace notar con razón M. Roche, autor de las investigaciones de tanto interés que vamos á analizar ahora. Veamos, por lo demás, en qué términos plantea M. Roche la cuestión que se trata de resolver.

«Lo que caracteriza los cometas, dice, más aún que la forma y posición de sus órbitas, son los cambios que sufren durante el curso de su aparición y que se suceden á veces con asombrosa rapidez. Estos cambios denotan una constitución física peculiar de tales astros, por lo que se distinguen esencialmente de los demás cuerpos celestes. Al paso que el centro de gravedad del cometa describe su trayectoria alrededor del Sol, bajo la influencia de la gravitación solar y de la acción perturbadora de los planetas á que se aproxima, experimenta el mismo cometa, en su figura y dimensiones aparentes, modificaciones profundas en las que no se puede dejar de reconocer la acción del Sol; pues en las inmediaciones del perihelio, sobre todo, es cuando se desarrollan en mayor escala.»

M. Roche divide los fenómenos de que tratamos en dos clases: una se refiere á la cola, á su aparición, á sus diversas y variadas formas, á su brillo y extensión; la otra á las variaciones de forma é intensidad luminosa de las distintas partes que componen la cabeza del cometa. Estos, como hemos visto, son fenómenos de observación reciente, al paso que la formación de las colas se había notado desde mucho tiempo antes. Por este motivo se han dirigido los esfuerzos de los astrónomos á tratar de la explicación de estas colas consideradas como

elemento diferencial ó característico de los cometas. Las hipótesis que estos esfuerzos han originado son muy numerosas, pero pueden reducirse á cuatro principales que vamos á estudiar sucesivamente.

Panetio, filósofo de la antigüedad, creía que los cometas no tenían existencia real y que eran falsas apariencias. «Son, dice, imágenes formadas por la reflexión de los rayos del Sol en la extensión de los cielos.» Para Cardano y otros astrónomos y físicos, como Apiano y Tycho-Brahe en el Renacimiento, y Gergonne y Saigey posteriormente, eran las colas de los cometas puras ilusiones ópticas.

Veamos qué dice Cardano, en su libro titulado *De Subtilitate*, sobre este asunto. «Es, pues, evidente que un cometa es un globo situado en el cielo y hecho visible por la iluminación del Sol; los rayos luminosos que lo atraviesan producen el simulacro de una barba ó de una cola.» Por otra parte, no se encuentra ningún detalle sobre la manera que tienen de producirse estas apariencias, las que, en la idea del médico milanés, eran, sin duda, análogas á los efectos de refracción que determina la convergencia de los rayos luminosos que atraviesan un vidrio lenticular, ó bien la bola llena de agua, de que en otro tiempo se servían algunos artistas para concentrar la luz sobre su obra.

«Pero como han hecho notar Newton y Gregory, dice oportunamente Roche, la luz sólo es visible cuando llega á la retina, y sería preciso, pues, que los rayos solares refringidos por la cabeza del cometa y reunidos detrás de él en un haz convergente, fuesen enviados otra vez hacia la Tierra por corpúsculos materiales. Así se ve algunas veces, al estar el Sol cerca del horizonte oculto por las nubes, que sus rayos, reflejados por las partículas de aire ó de vapor, se dibujan detalladamente en el cielo bajo forma de haces luminosos.»

La idea fundamental en que reposa esta explicación se ha modificado en varias ocasiones desde la fecha de Cardano, cuyo nombre conserva. Nos concretaremos á mencionar en este orden de ideas una Memoria de Gergonne, titulada: *Ensayo analítico sobre la naturaleza de las colas de los cometas*. El origen del fenómeno se considera como puramente óptico; las colas sólo serían una apariencia debida á la porción más iluminada de la atmósfera cometaria, ó con más exactitud, á la superficie cáustica que envuelve á los rayos solares que se refringen al atravesar el núcleo ó las capas inmediatas. Estos rayos se hacen visibles, reflejándose en las partículas que componen la atmósfera del cometa. Pero sería menester en esta teoría que la atmósfera tuviera un radio cuando menos igual á la longitud de la cola, y esto solo constituye una objeción casi insuperable, cuya importancia no desconoce el autor. «No olvidemos, en efecto, que determinados cometas han tenido colas cuya longitud se elevaba á muchas decenas de millones de leguas. Siendo la atmósfera de los cometas, necesariamente, mucho más restringida, habría que suponer que la reflexión tiene lugar en las partículas de un medio interplanetario independiente de los cometas, y que se extiende á distancias superiores en mucho á los límites de la luz zodiacal. Saigey, en su *Física del globo*, admite esta explicación de las colas de los cometas, y según él, también los planetas tienen sus colas *virtuales*, que llegarían á ser reales «si los espacios planetarios estuvieran llenos de una materia análoga á la que acompaña á aquellos astros.»

En esta línea final vemos que Saigey se decide evidentemente por la extensión indefinida de las atmósferas cometarias, dejando subsistente en toda su fuerza la objeción que antes indicamos.

En cuanto á la forma de las colas, á su curvatura, multiplicidad y oscilaciones, las explica así: la curvatura, por un efecto de aberración debido á la velocidad no infinita de la propagación de la luz, pues al hablar de la cola de la Tierra dice que el eje del haz luminoso debe tener matemáticamente la forma de una espiral de Arquímedes, cuyo círculo generador sea 64.000 veces mayor que la órbita terrestre, de tal manera que la porción más brillante de este haz esté ligeramente encorvada hacia la parte posterior del movimiento de traslación del globo. La multiplicidad la explica por la irregularidad de la forma del núcleo, y las oscilaciones, por un movimiento de rotación que conserva las irregularidades en períodos normales.

En este sistema, hoy casi por completo abandonado, parece difícil dar cuenta de las particularidades que hemos descrito detalladamente y cuyo aspecto, variable de hora en hora, revela el telescopio; como son el desarrollo de los penachos luminosos aun delante del núcleo, el de las envolturas, así como la impulsión lateral de la materia luminosa que forma los bordes de la cola. No es menos difícil, por último, explicar la formación de las colas, que á veces se han visto proyectadas hacia el lado mismo del Sol, á menos que, al propio tiempo que se asimilan los cometas á globos diáfanos y refringentes, no se les haga desempeñar también el papel de espejos cóncavos.

Hemos visto que la observación de ocultaciones de estrellas por las atmósferas cometarias no ha permitido comprobar poder alguno refringente en las nebulosidades de la cabeza; por lo tanto, únicamente la refracción en el núcleo podría dar lugar á la formación de cáusticas que á tal distancia nos produjeran el efecto de colas. Y basta sobre una hipótesis que tiene pocas probabilidades de salir del descrédito en que ha caído.

Keplero, que por un instante se dejó seducir por la teoría de Cardano, la abandonó bien pronto, substituyéndola por la acción de los rayos solares. En este sistema las colas cometarias tienen cuerpo y están formadas por materiales tomados del cometa y de su núcleo, ó cuando menos de su nebulosidad. «El Sol, dice Keplero, hiere la masa esférica del astro por rayos directos que penetran en su substancia, arrastrando consigo una parte de esta materia y saliendo más allá ese trozo de luz que llamamos *cola del cometa*. Esta acción de los rayos solares enrarece las partículas que componen el cuerpo del cometa, las impulsa y las disipa.»

Hooke, contemporáneo de Newton, para explicar la ascensión de las materias ligeras y tenues que, emanadas del núcleo, van á formar la cola refluyendo al lado opuesto al Sol, admite que estas materias ligeras carecen de gravedad y oponen su *levitación* á la *gravitación*; según él, tienden á huir del Sol, lo cual se reduce á admitir una fuerza repulsiva, sin decir dónde está su asiento.

La opinión de Keplero fué completada, extendida y modificada. Admitida por Eulero y luego por Laplace, puede considerarse como el punto de partida de la teoría que sostienen muchos astrónomos contemporáneos, entre ellos Faye, según la cual los rayos solares ejercen á distancia una acción repulsiva; en su

forma moderna le consagraremos un párrafo particular, y mientras tanto veamos cómo formulaba Laplace esta hipótesis en la *Exposición del sistema del mundo*.

«Las colas que los cometas arrastran tras sí, parecen formadas de moléculas muy volátiles que el calor del Sol eleva de sus superficies y que la impulsión de sus rayos aleja indefinidamente. Esto resulta de la dirección de estos rastros de vapores, situados siempre más allá de la cabeza de los cometas relativamente al Sol, y que cruzándose á medida que se aproximan estos astros, alcanzan su máximo únicamente después del paso por el perihelio. La extremada debilidad de las moléculas aumenta la relación de las superficies á las masas, y la impulsión de los rayos solares puede hacerse sensible, y hasta obligar á describir á cada molécula, poco más ó menos, una órbita hiperbólica, hallándose el Sol en el foco de la hipérbola conjugada correspondiente. La serie de moléculas que se mueven en estas curvas desde la cabeza del cometa, forma un rastro luminoso opuesto al Sol, y algo inclinado hacia la región que abandona el cometa al avanzar en su órbita, y esto es, en efecto, lo que nos demuestra la observación. La rapidez con que crecen estas colas puede servirnos para juzgar de la celeridad de ascensión de sus moléculas. Se concibe que las diferencias de volatilidad, de grueso y de densidad de las moléculas deben producir modificaciones considerables en las curvas, que describen, lo que es causa de variaciones en la forma, largo y ancho de las colas. Si se combinan estos efectos con los que pueden resultar de un movimiento de rotación de estos astros y con las ilusiones de la paralaje anua, se columbra la razón de los fenómenos singulares que nos presentan sus nebulosidades y sus colas.»

Esta hipótesis, como vemos, admite dos modos de acción de las radiaciones del Sol. La primera, que Keplero indica vagamente, es un efecto de dilatación debido á la actividad calorífica de los rayos solares, efecto á que precede, sin duda, una evaporación en las partes líquidas de la superficie del núcleo. La nebulosidad se hace así más voluminosa, y cada vez más ligeras las capas que la forman. Hasta aquí no se encuentra ninguna dificultad; los efectos físicos conocidos del calor dan cuenta de esta parte de la teoría. Donde empieza la dificultad es cuando hay que admitir que los mismos rayos que han obrado como agentes caloríficos estén asimismo dotados de otra propiedad hasta aquí desconocida: la de determinar un movimiento de avance ó de propulsión de las moléculas reducidas á un estado de tenuidad conveniente. ¿Existe semejante fuerza?

Hace años se supuso por un instante que el *radiómetro* de Crookes podía en realidad indicar esta acción de los rayos solares sobre la materia encerrada en el vacío; pero hoy sabemos que el efecto producido se debe á la pequeña cantidad de aire que contiene el instrumento. Si Crookes hubiese demostrado que el movimiento de su radiómetro se debía realmente al impulso de los rayos del Sol, nos veríamos obligados á aceptar la teoría de Keplero, que abandonada durante dos siglos, se hallaría en este caso muy cerca de la verdad.

Para dar cuenta Newton de la formación de las colas, no supone más causas que la acción ordinaria de los rayos caloríficos de una parte, y de otra la gravitación. Pero si no imagina ninguna fuerza nueva, acepta forzosamente la suposición de que el cometa, durante todo el tiempo del desarrollo de la cola, atraviesa un medio sometido á la gravedad y que se dirige hacia el Sol.

Esta teoría, que primero fué vagamente formulada por Riccioli y luego por Hooke, quien se decidió por una fuerza repulsiva, la aceptaron varios astrónomos del siglo XVIII, el P. Boscovich, Gregory, Pingré, Delambre, Lalande, etc. A la verdad, Gregory no se satisfizo con la causa que Newton indicó para la ascensión de las colas, y creía también en una actividad propia de los rayos solares, en una impulsión efectiva que se agrega á la fuerza repulsiva aparente, y su sistema parece ser una combinación de los dos que acabamos de exponer.

A la teoría de Newton se han hecho diversas objeciones de importancia. La existencia de un medio resistente que gravite hacia el Sol, de una atmósfera solar, en una palabra, ha de hallarse necesariamente limitada á cierta distancia del foco de nuestro mundo. Laplace ha probado que esta atmósfera, para subsistir, debe estar animada de un movimiento de circulación, y que tiene por límite la distancia en donde la fuerza centrífuga, originada por este movimiento, es igual á la de la gravedad. En el plano del ecuador solar viene á ser este límite los 17 centésimos de la distancia media de la Tierra; corresponde al radio de la órbita de un planeta cuya revolución, de igual período que la rotación solar, se efectuase, por lo tanto, en veinticinco días y medio. Ahora bien, los cometas presentan sus hermosas colas mucho antes de llegar á tan corta distancia del Sol; se han visto algunas, de extensión considerable, en cometas cuya distancia perihelia superaba al radio de la órbita terrestre, radio que viene á ser, poco más ó menos, unas seis veces mayor que la distancia límite.

Por otra parte, este medio dotado de gravedad sería también un medio resistente; además de la acción perturbadora que ejercería esta resistencia sobre la cabeza del cometa y la órbita del astro, obraría con mucha mayor intensidad sobre las colas en razón de su rareza misma. Antes del paso por el perihelio, en la primera parte del movimiento, la curvatura y la impulsión de la cola hacia atrás se explicarían naturalmente por esta resistencia; pero después del paso por el perihelio continúa la cola afectando la misma posición relativamente al radio vector que une el núcleo al Sol, de suerte que parece que el astro mueve su cola hacia adelante de su propio movimiento, fenómeno incompatible con la hipótesis de un medio resistente. También se ha asimilado el medio de que hablamos á la luz zodiacal, y Mairán, que explicaba de esta suerte las auroras boreales terrestres, veía asimismo en esta luz la causa ú origen de producción de las colas de los cometas. Pero las objeciones precedentes, y otras que sería muy largo desarrollar, se oponen á esta nueva hipótesis.

Que la causa que determina la producción de las colas y su desarrollo tan rápido é inmenso á la vez, sea una fuerza *sui generis* ó una fuerza aparente, lo cierto es que presenta todos los caracteres de una acción repulsiva. El calor, la impulsión de los rayos solares, la gravedad, se han combinado de diverso modo para esta explicación; también se ha hecho entrar en juego la fuerza eléctrica ó magnética.

Olbers, Herschel y Bessel abordaron sucesivamente el problema desde este punto de vista. Analicemos rápidamente las opiniones de estos ilustres astrónomos.

El cometa de 1811 provocó las meditaciones de Olbers. «Este astrónomo, dice M. Roche, atribuye á la proximidad del cometa al Sol un desarrollo de

electricidad en ambos astros; de aquí nace una acción repulsiva del Sol y otra acción repulsiva del cometa sobre la nebulosidad que lo rodea.» Con la primera de estas fuerzas explica Olbers la formación y el desarrollo de las colas; y por la segunda da cuenta de la formación de los sectores luminosos ó penachos, y también de las envolturas sucesivas, semejantes á las del cometa de Donati. Biot prestó su adhesión á esta hipótesis.

La idea de Herschel viene á ser casi igual. «No es improbable, dice, que el Sol se encuentre cargado siempre de electricidad positiva; cuando se aproxima el cometa y su substancia se vaporiza, la separación de las dos electricidades se opera, el núcleo se hace negativo y la cola positiva. Desde este instante la electricidad del Sol dirigirá el movimiento de la cola, como un cuerpo electrizado obra sobre otro no conductor, electrizado por influencia.»

Liais, en su libro titulado *El Espacio Celeste*, se muestra partidario de la existencia de una fuerza repulsiva de naturaleza eléctrica; según este astrónomo, la acción calorífica de los rayos solares modifica el estado molecular físico y químico del núcleo, y da origen á ambas clases de electricidad; una de ellas se desarrolla en el núcleo, mientras que las partes más tenues y ligeras de la cabecera se cargan de la de signo contrario, transportándola hasta los límites de la atmósfera cometaria. También el Sol, por su parte, se encuentra constantemente en un estado de tensión eléctrica muy enérgico; de las dos clases de electricidad que posee, la más poderosa atraerá el núcleo, por ejemplo, si éste está cargado de fluido contrario, y repelerá las moléculas de la atmósfera electrizada, que lleva el mismo signo. Obrando esta repulsión sobre la parte de atmósfera que presenta ya cierta tendencia á alejarse del Sol, formará una primera cola, casi directamente opuesta al radio vector, y al obrar sobre las moléculas anteriores, que tendrá que repeler hacia atrás, formará una segunda cola.

En el cometa de 1861 se vió muy bien esta segunda cola, y según Liais, debe existir en todos los cometas; pero no se perciben con claridad, á menos de ser muy largas ó cuando por encontrarse la Tierra en su plano común, que es el de la órbita, se proyectan en perspectiva una sobre otra.

Lo que antecede bastará para que se comprenda en conjunto este último sistema, que no difiere esencialmente de los de Olbers y Herschel.

En una *Memoria sobre la constitución física del cometa de Halley*, formuló el ilustre Bessel una teoría que difiere algo de la eléctrica. Su objeto principal era dar una explicación del curioso fenómeno de las oscilaciones de los penachos luminosos observados en 1835, que posteriormente se reprodujo en el cometa de 1862. Compara Bessel el eje del cometa á un imán inmenso, cuyos polos ó extremos se dirigen al Sol, el uno, mientras que el otro tiende á alejarse; las oscilaciones observadas resultan de las desigualdades y faltas de equilibrio, el que se rompe y restablece bajo el influjo de las fuerzas internas y de la fuerza polar emanada del Sol; esta última, en su parte ó acción respectiva, tiende á formar la cola. M. Roche juzga esta teoría insostenible y muy complicada.

Ahora vamos á exponer, del modo más concreto que nos sea posible, los trabajos del distinguido profesor de Mompeller, M. Roche, sobre los fenómenos que tienen lugar en el interior de las masas cometarias, alrededor de sus núcleos, y á distancia de las nebulosidades y las colas.

Principia M. Roche por reducir los datos del problema á su forma más sencilla, asemejando el cometa á una masa enteramente fluida, homogénea y sin movimiento de rotación. Las fuerzas que la solicitan son la atracción mutua de sus propias moléculas y la gravitación hacia el Sol; para que una masa semejante permanezca en equilibrio sometida á estas fuerzas, es necesario que tenga la figura de un elipsoide cuyo centro sea el mismo centro de gravedad ó de revolución respecto del radio vector tirado desde el Sol, con el cual coincide el eje mayor. Introduciendo entonces el movimiento del cometa hacia el Sol, examina el autor las modificaciones que produce en la forma de su atmósfera la disminución de la distancia, sin considerar más que la atracción mutua de ambos cuerpos celestes. Esférica al principio su forma, cuando el cometa se halla muy lejos, va haciéndose progresivamente elíptica á medida que el cuerpo se aproxima al Sol, si bien hay un límite para esta distancia, que depende de la densidad del fluido de que se compone la atmósfera cometaria.

Supone también M. Roche que puede haber, entre el inmenso número de cometas del mundo solar, alguno que se ajuste á las condiciones de esta primera hipótesis; pero le parece que lo más común será que el núcleo central se encuentre rodeado por una atmósfera mucho más rara, sostenida por la fuerza de gravedad, como las atmósferas de todos los cuerpos celestes. Estudiando con esmero los fenómenos que se desarrollan en un cometa cuando se aproxima al Sol, se observa que dependen, en parte á lo menos, de la acción de la gravedad solar. Las diferencias de las atracciones que el Sol ejerce sobre la parte de atmósfera cometaria más inmediata y sobre la más distante, deben producir cierta prolongación del cometa según la dirección del Sol, más pronunciada mientras menor sea la distancia. En una palabra, la causa de las mareas terrestres debe aquí manifestarse de un modo análogo, si bien en proporciones mucho más vastas, en la proximidad del perihelio.

M. Roche llama á su hipótesis *teoría de las mareas cometarias*, y sólo se apoya en la gravitación y en el calor; á poco de publicar una de sus primeras Memorias, vino el cometa de Donati á llamar la atención de los astrónomos, por los fenómenos singulares que reveló la observación de la estructura del núcleo, de la nebulosidad y de la cola; Faye aconsejó á M. Roche que introdujera en su análisis la hipótesis de una fuerza repulsiva real, inherente á los rayos solares, como había supuesto Keplero, con cuyo artificio resultaba que la forma de las capas de nivel dejaba de ser simétrica respecto del núcleo cometario, como en efecto manifiestan las observaciones.

M. Faye estudió el asunto desde el punto de vista físico, escogiendo de entre todas las teorías que hemos mencionado, la que más se conformaba con las observaciones, decidiéndose, por último, por una fuerza repulsiva real, propia de los rayos solares, que es la base de la teoría conocida con el nombre de teoría de Keplero, á la que Euler y Laplace prestaron su asentimiento. Dice Faye que esta fuerza repulsiva nace del calor, y por su medio produce este agente efectos mecánicos; depende de la superficie y no de la masa del cuerpo incandescente, y su acción sobre un cuerpo está en razón de la superficie de este cuerpo y no de su masa; no se propaga instantáneamente como la fuerza atractiva de Newton, ni obra á través de la materia como la atracción. Admite que su intensidad

decrece en razón inversa del cuadrado de la distancia y que su velocidad de propagación es igual á la de los rayos caloríficos y luminosos.

Para explicar la formación de las colas simples ó múltiples, su curvatura y dirección y los sectores luminosos ú oscuros, presenta Faye las explicaciones siguientes. La acción de la fuerza repulsiva sobre un cuerpo en movimiento alrededor del Sol, no coincide con el radio vector, sino que se ejerce siempre en el plano de la órbita, de suerte que la figura que tiende á imprimir á un cuerpo primitivamente esférico, como un cometa muy distante del Sol, debe ser simétrica respecto de este plano. En segundo lugar, hallándose esta fuerza en razón de las superficies, los efectos que produzca dependen de la densidad de las materias que componen el cometa, de lo cual se deduce que, salvo el caso particular en que estas substancias sean completamente homogéneas, deben formarse varias colas producidas por la fuerza repulsiva. Pero los ejes de estas colas múltiples, que son tanto más largas cuanto menor es su curvatura, deben hallarse siempre situados en el plano de la órbita, como en el caso de una cola única.

Según la generación mecánica de estos apéndices, cuya materia se encuentra en un estado de división, de tenuidad y de independencia molecular de que es difícil formarse idea, cada cola, en su porción regular, debe ofrecer una curvatura simple en la parte posterior del movimiento del núcleo; esta curvatura, débil para las materias específicamente más ligeras, es más considerable para las dotadas de mayor densidad. En cuanto á la forma propia de una cola cualquiera, hay que considerarla como la envoltura de las materias de igual densidad, que sucesivamente abandonan la cabeza del cometa, bajo la triple influencia de la fuerza repulsiva, de la atracción solar y de la velocidad general, á la que sería preciso agregar también, como hace Bessel, la escasa velocidad propia de la emisión nuclear. Si en un instante dado se considera el conjunto de las moléculas lanzadas de esta suerte de la estrecha esfera de atracción del cometa, se las hallará distribuidas, principalmente en el contorno de una sección, circular casi, de la nebulosidad; y si sigue esta misma serie de moléculas durante los instantes sucesivos, se verá que por efecto de sus movimientos en trayectorias independientes, deben ocupar arcos cada vez mayores, cuya sección se prolongará en el sentido del plano de la órbita, mientras que el diámetro transversal crece en menor proporción. Por este motivo se extenderán las colas principalmente en el plano de la órbita, sobre todo las colas más encorvadas; pero considerándolas por el canto, parecerán rectas, y más brillantes en los bordes que en el centro. Si hay varias colas, parecerá que todas se proyectan unas sobre otras en el momento en que la Tierra atraviese el plano de la órbita, y como distan mucho de ser opacas, se verán las colas más estrechas dibujadas en medio de la banda más ancha y más próxima al observador. Es menester, sin duda, que la Tierra haya pasado ya por el plano de la órbita, para que puedan distinguirse las colas múltiples una á una.

De este modo da cuenta Faye del nacimiento y desarrollo de las colas y de las varias apariencias que ofrecen los apéndices cometarios. Esta teoría, en conjunto, es en verdad bastante satisfactoria, pero no nos atreveríamos á asegurar que ante los complejos y variados hechos que tan minuciosamente hemos descrito, no puedan formularse serias objeciones. Para presentar un solo ejemplo,

nos bastará señalar la dificultad de explicar el aspecto de la cola múltiple, en forma de abanico, del gran cometa de 1861, el 30 de junio, día en que la Tierra pasó precisamente por el plano de la órbita; en esta situación debían aparecer las colas múltiples proyectadas unas sobre otras, según la teoría, lo cual distó mucho de ser así.

En cuanto á las emisiones del núcleo, á los sectores y penachos y á las envolturas luminosas, se explican por la sola consideración de las fuerzas atractivas en unión con el influjo creciente de las radiaciones solares caloríficas. M. Faye acepta en este punto las teorías de Roche y considera que las figuras teóricas ideadas por este último representan con gran fidelidad los fenómenos reales.

El eminente físico inglés Tyndall formuló una nueva teoría que puede concretarse á los puntos siguientes:

Un cometa es un conjunto de vapor que la luz del Sol puede descomponer; la cabeza y la cola visibles son nubes actínicas que resultan de esta descomposición; la contextura de las nubes actínicas es la revelación de la de un cometa.

La cola, según esta teoría, no es una materia proyectada, sino una materia precipitada sobre los rayos solares, que atraviesan la atmósfera del cometa. Se demuestra experimentalmente que este precipitado puede producirse con lentitud relativa á lo largo del rayo, ó bien formarse en un instante indivisible en toda la longitud del rayo. La sorprendente rapidez del desarrollo de la cola, se explicaría de esta suerte, sin invocar el increíble movimiento de traslación admitido hasta aquí.

Cuando un cometa gira en torno de su perihelio no se compone la cola, en totalidad, de la misma materia, sino de nueva materia precipitada por los rayos solares que atraviesan la atmósfera del cometa en sus nuevas direcciones. Así se explica la extraordinaria vibración de la cola sin acudir tampoco á un movimiento de traslación.

La cola se encuentra siempre al lado contrario al Sol, por esta razón: dos fuerzas antagonistas obran á la vez sobre el vapor cometario; una, la *fuera actínica*, que tiende á producir el precipitado; otra, la *fuera calorífica*, que tiende á producir la evaporación. Si la primera es más poderosa, se obtiene la nube cometaria; si lo es la segunda, el vapor cometario transparente. Es un hecho que el Sol hace obrar estos dos agentes, y nada hay de hipotético en suponer su existencia. Para que el precipitado tenga lugar detrás de la cabeza del cometa, ó en el espacio ocupado por la sombra de la cabeza, tan sólo es necesario admitir que los rayos caloríficos del Sol sean absorbidos con mayor abundancia por la cabeza y el núcleo que los rayos actínicos.

Cuando la cola primitiva deja de estar resguardada por el núcleo, la disipa el calor solar, sin que esta disipación sea instantánea. En el combate entre las dos clases de rayos, una ventaja pasajera, debida á las variaciones de densidad ó á cualquiera otra causa actínica, puede obtenerse por los rayos actínicos, aun en las porciones de la atmósfera cometaria que no se encuentran resguardadas por el núcleo. De esta suerte se explican las corrientes laterales y la emisión aparente hacia el Sol de las colas débiles.

En la reciente teoría mecánica de los cometas, se supone que salen del Sol

radiaciones de materia muy tenue, de materia de la corona, en todas direcciones, penetrando en el espacio celeste á grandes profundidades, y á veces cruzándose entre sí. Al chocar la atmósfera de los cometas con estas corrientes, afectará en proyección la forma de arcos luminosos, casi concéntricos, alcanzando su mayor brillo en la parte más avanzada de cada estrato. Cuando las radiaciones coronales sean varias, se producirán en el cometa colas múltiples, cuyos ángulos de desviación serán función de las velocidades de las radiaciones, y las inclinaciones, de las que éstas posean. Cuando la cola se dirige hacia el Sol y no al lado opuesto, como es lo general, se supone que la radiación de materia coronal tiene menor velocidad que el cometa que se aleja.

Después de los notables trabajos de Maxwell sobre la teoría electro-magnética de la luz, se han efectuado experimentos de laboratorio, con auxilio de los rayos X, para reproducir algunos de los fenómenos que ofrecen á nuestra vista los cometas; se supone por algunos físicos que los cuerpos calentados con los rayos catódicos emiten proyecciones de éter, que tienen á su vez la propiedad de arrastrar consigo moléculas de los gases, en un estado de rarefacción semejante al que se obtiene en las ampollas de Crookes; al partir del Sol esta especie de viento etéreo, y encontrar un gas radiante como el que forma el cuerpo de los cometas, lo arrastraría consigo, transportándolo por el espacio á largas distancias y dando lugar á la formación de las colas. Hay que tener en cuenta que las moléculas materiales arrastradas así, adquieren una velocidad prodigiosa, muy superior á la normal de las moléculas gaseosas ordinarias; de manera que así se explicaría la luz de los cometas y de otros cuerpos celestes, que parecen incandescentes, y cuya temperatura, sin embargo, es la del cero absoluto. Valiéndose de los rayos catódicos ha conseguido el Sr. Goldstein, de Berlín, reproducir experimentalmente la radiación de la luz del núcleo y el desarrollo de la cola, explicándose satisfactoriamente muchas de las particularidades que ofrecen los fenómenos cometarios.

Indicamos en alguno de los párrafos anteriores que también se admitía la teoría de que un cometa fuera un enjambre de meteoritos, teoría muy plausible, puesto que, según ella, el fin de un cometa sería la desintegración, y de esto hemos presentado antes varios ejemplos, como el del cometa de Biela. El señor Callandreu, que ha estudiado á fondo esta teoría, defendida principalmente por Schiaparelli y Bredichiu, ha calculado de un modo general el influjo que la trayectoria descrita por la cabeza de los cometas de período corto, en la proximidad de Júpiter, tiene sobre la desintegración. Asimismo determinó la extensión de la esfera de estabilidad en diferentes puntos de la órbita, llevando en cuenta, no sólo la atracción del Sol, sino también la de Júpiter. Trata el asunto desde un punto de vista exclusivamente dinámico, sin tener en cuenta el influjo de las radiaciones térmicas del Sol, ni su aparente fuerza repulsiva sobre la materia cometaria, considerando que un cometa es como un enjambre esférico de partículas, de densidad uniforme, ó que á lo sumo varía con relación á las distancias al centro. Algunos estudios especiales han sugerido á M. Callandreu la idea de que la desintegración se favorece con la forma elíptica de las órbitas, la aproximación á Júpiter y la pequeña velocidad relativa.

Las teorías de M. Callandreu explican de un modo bastante satisfactorio

los fenómenos extraordinarios del cometa de Biela, que antes relatamos, y los que presentaron los de 1882 y 1889; este último, principalmente, es un caso típico, pues aparecía acompañado como por satélites cometarios, que cortaban la órbita del primario cerca de su afelio.

Cuando tratemos del análisis espectral de los cometas, expondremos algunas otras consideraciones pertinentes al asunto, que ahora serían prematuras.

CAPITULO V

LAS ESTRELLAS FUGACES

Descripción, aspecto y clasificación de las estrellas fugaces. — Teoría de las estrellas fugaces. — Bólidos: su aspecto; altura de la atmósfera deducida de la aparición de estos meteoros. — Uranolitos, su aspecto y composición química. — Caídas de uranolitos famosos. — Consideraciones sobre la teoría de las estrellas fugaces, los bólidos y los uranolitos.

Seguramente que no habrá lector de ASTRONOMÍA POPULAR que en alguna noche tranquila y despejada haya dejado de observar la caída aparente de una de las estrellas del firmamento; y si ha observado con mediana atención, habrá visto caer, cuando menos, de tres á cuatro estrellas por hora, número que en determinadas circunstancias puede elevarse á muchos millares. Pero ¿se desprenden, en efecto, las estrellas fijas de su empíreo asiento? Así lo creyeron algunos filósofos de la antigüedad, opinión que aún profesa el vulgo.

Por lo general, la aparición del fenómeno es instantánea, dura un segundo ó dos, y desaparece con la misma rapidez, dejando en ocasiones un rastro luminoso que pronto se desvanece; el curso de las estrellas fugaces es rectilíneo, y rectilínea también la estela luminosa que dejan en el cielo (figura 21); otras veces es curvo su rastro, más ó menos brillante y de duración variable (fig. 22); presentan algunos en toda su longitud una anchura uniforme, otros se adelgazan al principio, y los más afectan la forma de un huso ó de una verdadera cola, más ancha por el extremo opuesto á la estrella, del mismo modo que el rastro ó estela de un cohete de artificio cuando se extiende por la atmósfera. También se ha observado que, aunque la dirección general de las estrellas fugaces es rectilínea y de arriba abajo, otras cruzan el cielo horizontalmente, y las menos describen líneas sinuosas de diversas curvaturas (fig. 23), formas que también afectan los rastros. Las estrellas fugaces son pequeñas, y pocas llegan á presentar un brillo de primera magnitud; las hay, sin embargo, tan resplandecientes como Venus y Júpiter, y entonces se llaman *bólidos*, siendo visibles hasta en pleno día. Según que la ciencia ha ido progresando, y según también las teorías é ideas particulares de los astrónomos, han recibido las estrellas fugaces diversos nombres: se les llama ó se les ha llamado *meteoros*, *estrellas errantes*, *meteoritos*, *globos de fuego*, *bólidos*, *aerolitos*, *meteoroides*, *estrellas que caen*, *pedras meteóricas*, *pedras de rayo*, *meteorolitos* y *asteroides*. El nombre que más se usa es el de estrellas fugaces y es también corriente el de aerolitos; el más propio sería el de *uranolitos*, como propuso el P. Secchi.

Aunque el número de estrellas fugaces visibles en una noche es muy variable, á veces se presentan en tanta cantidad, que constituyen verdaderas lluvias de fuego. Estas apariciones, por el terror que inspiraron á los pueblos que creían