

desigualdades en la estructura de los anillos y su movimiento de rotación. En el dibujo de la fig. 199, debido á S. P. Bond, hecho en la época en que el anillo acababa de desaparecer por encontrarse precisamente en uno de sus nodos, se ven á cada lado las desigualdades ó puntos brillantes de Herschel. Pero el astrónomo americano atribuye estas apariencias á las partes del anillo que el Sol iluminaba aún en esta época, en el sentido de su espesor; y en apoyo de su tesis presenta la fig. 200, que reproducimos; no menciona, sin embargo, la dislocación de los puntos brillantes que señaló Herschel.

La continuidad que se observa en el aspecto de los anillos puede hacernos suponer que estén formados por un cuerpo fluido: las variaciones de forma del sistema, las divisiones temporales de los anillos brillantes y la transparencia del anillo oscuro parecen explicarse en esta teoría de un modo satisfactorio. Sin embargo, la idea de un océano aislado, de dimensiones tan extraordinarias y equilibrado de un modo tan artificial y precario, no halla fácil acceso en nuestro entendimiento, y casi se acoge como un recurso contra objeciones más serias, como las que hemos registrado sobre la formación sólida.

La única hipótesis que podemos aceptar consiste en suponer que los anillos estén compuestos de fragmentos aislados de satélites, tan pequeños y estrechamente unidos, que á la inmensa distancia á que se encuentra Saturno de nosotros, parezcan formar una masa continua.

Como argumento que *à priori* puede presentarse á favor de esta hipótesis, encontramos los ejemplos de formaciones análogas que ofrece el sistema solar. En la zona de asteroides tenemos una prueba fehaciente de la posibilidad de que exista una nube de pequeños cuerpos aislados, dotados de movimiento circular en torno de una masa central de atracción. La existencia de las zonas de aerolitos, de que á su tiempo nos ocuparemos, que circulan alrededor del Sol, se acepta hoy día por todos los astrónomos como la única explicación probable de la periodicidad de las lluvias ó enjambres de estrellas fugaces. Asimismo, el singular fenómeno llamado luz zodiacal se debe probablemente á un anillo de pequeñísimos cuerpos cósmicos, que giran en torno del astro central de nuestro sistema. En la vía láctea, y en las nebulosas anulares, hallamos otros ejemplos de esta disposición de la naturaleza cósmica, que pertenecen, no obstante, á un orden mucho más elevado y superior que los que contemplamos dentro del limitado recinto del mundo solar.

Consideremos ahora bajo qué aspecto se presentan las dificultades que hemos encontrado, al suponer los anillos sólidos y continuos, en la hipótesis de que el sistema esté formado por una aglomeración de satélites.

Las divisiones temporarias y las bandas semilúcidas se explican con gran facilidad en esta teoría. Se concibe, por ejemplo, que las corrientes de satélites que forman los anillos puedan ser separadas alguna que otra vez, afectando arcos de diversas magnitudes, por bandas estrechas desprovistas de satélites, ó por bandas en donde los satélites se encuentren más distantes unos de otros. Las divisiones de la primera clase deben aparecer como líneas negras, al paso que las de la segunda presentan precisamente el aspecto nebuloso observado en las bandas pulverulentas y de color de ceniza. La transparencia del anillo negro interior se concibe fácilmente, si consideramos que los satélites se encuentren esparcidos á

través de la formación; y que este anillo haya sido visible tan sólo en estos últimos años, no presenta ya una dificultad insuperable, pues se comprende, sin mayor esfuerzo, que los satélites que forman el anillo oscuro han pertenecido en su origen al anillo brillante interno y que por choques ó atracciones perturbadoras han sido separados de su puesto anterior. El ensanchamiento gradual ó dilatación interna de los anillos se explica también si se acepta que el sistema esté compuesto de satélites, unidos entre sí exclusivamente por sus atracciones mutuas, á la vez que su escaso espesor es una consecuencia precisa de este género de formación, puesto que la atracción del ensanchamiento ecuatorial de Saturno tiene que obligar á cada satélite á circular en la inmediata vecindad del plano ecuatorial del planeta.

Si una nube de satélites de esta naturaleza pudiera registrarse en sus movi-

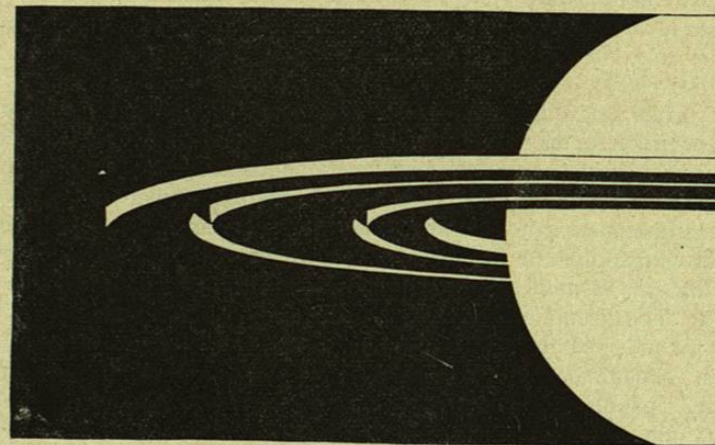


Fig. 200. — Explicación de los puntos brillantes de Saturno durante la desaparición del anillo

mientos desde el eje mayor al menor del sistema, se verían aproximarse de un modo gradual los discos de los satélites componentes, y ocultarse unos á otros, hasta que, por último, desapareciesen todos los espacios oscuros intermedios. Si los satélites no fuesen visibles individualmente, aparecerían en conjunto como una nube pulverulenta en la primera posición, disminuyendo á medida que variaba la anchura de su plano, hasta que, en la última posición, adquirirían tanto esplendor como las partes externas del anillo brillante. Por manera que, según esto, podemos considerar el anillo como compuesto de una inmensa nube ó aglomeración de satélites, y si bien los miembros que forman estos gigantes enjambres no conservan inalterables sus posiciones relativas, ni aun por algunos segundos, sin embargo, la densidad media, respecto del número de satélites, en cualquier punto de la zona, puede considerarse uniforme. De aquí se deduce fácilmente que debe de haber un aumento gradual en el brillo y esplendor de los anillos, ya se recorran en su ancho de dentro á fuera, ora se examinen á lo largo de cualquier círculo concéntrico al contorno de los anillos, desde el ma-

yor hasta el menor de los ejes aparentes del sistema. De otro lado, como parece imposible encontrar otra explicación de estos espacios oscuros, se deduce que en el anillo brillante, y probablemente en los demás miembros del anillo doble externo, se conserva la distribución indicada, esto es, que los satélites componentes son más numerosos en el límite externo de los anillos brillantes, hallándose distribuidos con mayor escasez hacia los límites internos; y que, á pesar de existir ciertas irregularidades locales, como por ejemplo, las líneas oscuras divisorias, en conjunto aumenta la densidad de los satélites, en cuanto á su número, á medida que se acercan á los bordes externos de los anillos.

Las apariencias observadas por los señores Wray y Otón Struve, inexplicables en las teorías anteriores, encuentran ahora en esta hipótesis una explicación razonable y sencilla, pues se concibe que las atracciones perturbadoras de un satélite externo de Saturno puedan obrar sobre los satélites pequeñísimos que componen el anillo, desviándolos del plano ecuatorial ó plano medio; así que cuando el canto del anillo está vuelto hacia el observador, presentan los satélites, por esta causa, el aspecto nebuloso á que hemos aludido; por otra parte, mientras mayor sea la densidad ó aglomeración de los satélites componentes de cualquiera región de los anillos, mayor será la resistencia que presenten en conjunto á estas perturbaciones; de suerte que el aumento gradual de la anchura de estos apéndices nebulosos, que aparentemente se aproximan al disco del planeta, indica una disminución de su densidad en el sentido expresado anteriormente, si bien es verdad que este fenómeno puede explicarse de un modo satisfactorio de otra manera. El número de los satélites, á una distancia dada del plano central del anillo, debe disminuir rápidamente, según que esta distancia sea más considerable; así que, cuando la distancia es muy pequeña, deben los satélites perturbados ser bastante densos para que puedan percibirse cerca de las extremidades de las asas, cuando la línea visual pasa á través de una zona poco numerosa; pero para que los satélites se vean en las zonas en que son poco numerosos, es necesario que la línea visual pase á través de un espesor más considerable, es decir, que caiga mucho más cerca del disco planetario.

La investigación del movimiento de un enjambre ó conglomerado de satélites que circule alrededor de un centro globular de atracción, es un problema demasiado complejo para que pueda resolverse con exactitud. Si los movimientos de nuestra Luna son de naturaleza tan compleja, que todavía, y á pesar de los esfuerzos de los más eminentes matemáticos, no se han podido determinar exactamente todas sus desigualdades y perturbaciones, ¿cuáles no serán los escollos de un problema en que se trata de los movimientos de cientos de lunas que mutuamente se perturban? Aun conociendo el tamaño exacto, la forma y posición de cada satélite y la velocidad y dirección de sus movimientos á cada instante, la investigación de los movimientos subsecuentes de todo el sistema sería una empresa imposible de realizar, á pesar del poderoso auxilio que pudiera encontrarse en los más sutiles y elevados procedimientos del análisis matemática. Pero desconocemos por completo todos esos elementos, y lo único que sabemos con certidumbre es que los cuerpos que constituyen el sistema son innumerables, y por la analogía que presentan con otras porciones del sistema solar podemos deducir que no son uniformes, ni sus magnitudes, ni su densidad

Cuatro años antes del descubrimiento del anillo de Saturno por Huyghens, percibió este mismo astrónomo, valiéndose de su antejo de 12 pies descrito anteriormente, en la noche del 25 de marzo de 1655, una estrella pequeña, cerca del planeta, que observada con asiduidad durante varios días, resultó ser un satélite de Saturno, que giraba en torno del cuerpo primario en algo menos de 16 días, á una distancia próximamente de 300.000 leguas; por el brillo del satélite á la gran distancia á que se encuentra de la Tierra, supuso Huyghens que debiera superar en magnitud al mayor de los satélites de Júpiter, siendo tal vez algo más pequeño que Marte. En su *Systema Saturnium* manifestó su opinión de que este descubrimiento completaba el sistema solar, que entonces se componía de seis planetas principales ó primarios, que eran el Sol, Mercurio, Venus, la Tierra, Marte, Júpiter y Saturno, y seis planetas secundarios ó satélites: la Luna, de la Tierra; Io, Europa, Ganimedes y Calisto, de Júpiter, y Titán, de Saturno, cuyo total de 12 se dividía por mitad exactamente en astros primarios y secundarios del sistema solar, sin que fuera posible que existiesen más cuerpos, según las ideas admitidas comúnmente en aquella época. A no ser por esto, hubiese podido descubrir Huyghens con su poderoso telescopio dos satélites más ó quizás cuatro.

Doce años después de esta predicción, descubrió Cassini un segundo satélite, que circulaba á una distancia media, poco más ó menos, de 880.000 leguas de Saturno, en unos 80 días.

Este satélite no era tan brillante, y por lo tanto había que suponerlo más pequeño que el anterior; pero, á no dudar, superaba en magnitud al más voluminoso de los satélites de Júpiter. Pronto notó Cassini en este satélite un fenómeno singular; durante casi la mitad de su revolución en torno de Saturno, desaparecía regularmente, aun cuando se le observase con el mismo telescopio que servía para distinguirlo en el resto de su curso; de este hecho dedujo que la mitad de la superficie del satélite, ó un hemisferio, debía estar dotada de menor poder de reflexión que la otra mitad, y que como nuestra Luna, daba una vuelta sobre su eje, en el mismo tiempo que empleaba en girar en torno de su primario; poco después abandonó estas ideas, que fueron, sin embargo, confirmadas por Newton y Herschel, los que demostraron, el uno por el cálculo, y por la observación el otro, que no es posible explicar de otra suerte el fenómeno descrito por Cassini; Herschel distinguió con su poderoso telescopio las mismas apariencias que el ilustre italiano, observaciones que fueron repetidas en 1787 por Bernard, en Marsella, y por otros astrónomos en tiempos posteriores. Tenemos, pues, un planeta secundario que gira sobre su eje en dos meses y medio, mientras que el astro central, cuyo volumen es 15.000 veces mayor, verifica una rotación completa en menos de 10  $\frac{1}{2}$  horas.

El 23 de diciembre de 1672 descubrió Cassini un tercer satélite, cuya órbita se encuentra comprendida dentro de las de los dos satélites anteriores; verificó su descubrimiento valiéndose de un telescopio de Campani, de 35 pies de distancia focal; este satélite gira en torno de Saturno en poco más de cuatro días y medio, á una distancia media de 130.000 leguas. A juzgar por su brillo, es probablemente mucho menor que los anteriores; sin embargo, es más brillante que el satélite externo, cuando este último se encuentra en su elongación oriental.

Prosiguiendo Cassini sus investigaciones, descubrió en marzo de 1684 dos satélites más, con el auxilio de unos objetivos de Campani de 100 y de 136 pies de distancia focal.

El lector nos permitirá una pequeña digresión en este punto.

Cassini empleó también en sus observaciones anteojos de 200 y aun de 300 pies de foco, y Auzout llegó á fabricar objetivos que medían hasta 600 pies de distancia focal, esto es, 185 metros. Claro está que objetivos de foco tan exagerado no estaban sujetos en tubos fijos como los de los anteojos modernos, sino que se adaptaban á unas armaduras de corredera, que se apoyaban á la altura conveniente en unas larguísimas perchas de madera clavadas en el suelo; el objetivo y el ocular se conservaban á la distancia conveniente, por medio de alambres de largo proporcionado. Asombra el trabajo que tenían que llevar á cabo estos ilustres astrónomos para observar los cuerpos celestes, valiéndose de instrumentos tan incómodos, y se comprende que la invención de los reflectores ó telescopios, como los llamamos los españoles, se recibiera con verdadero júbilo. El telescopio que presentó Hadley á la Real Sociedad de Londres en 1723, que sólo medía 10 pies y 5 pulgadas de distancia focal, amplificaba tanto como el refractor de 123 pies que regaló Huyghens á la misma corporación. Sin embargo, las dificultades que presentaba el pulimento de los espejos metálicos para darles la forma parabólica conveniente, hicieron que su uso quedase por algún tiempo limitado.

Volviendo ahora á los dos últimos satélites descubiertos por Cassini, diremos que sus órbitas estaban encerradas dentro de las órbitas de los otros tres, y que sus distancias medias al centro de Saturno eran respectivamente de 94.000 y de 75.000 leguas. Ambos, pues, se hallan á menor distancia del planeta, de la que separa la Luna de la Tierra; invierten respectivamente  $2\frac{3}{8}$  y  $1\frac{7}{8}$  días en efectuar una revolución completa en derredor de Saturno; su brillo es casi igual, y sólo parecen inferiores en este respecto, y probablemente en magnitud, al tercer satélite descubierto.

Averiguó Cassini que los cuatro satélites interiores se movían en planos que coincidían muy aproximadamente con el de los anillos, y que el quinto recorría una órbita inclinada unos  $15^\circ$  sobre el mismo plano. El hijo de Cassini estudió estas relaciones con mayor escrupulosidad, y en 1717 publicó una tabla de las distancias, movimientos medios é inclinaciones de las órbitas de los satélites. Determinó también con el mayor esmero la posición del nodo ascendente del plano del anillo en la eclíptica y en la órbita de Saturno, y la posición del nodo ascendente del quinto satélite, respecto de estos mismos círculos. Halley corrigió los resultados obtenidos por Huyghens y Cassini I, y posteriormente, en 1720, publicó los elementos de las órbitas de los cinco satélites corregidos, deduciéndolos de una serie de observaciones efectuadas por Pond. Halley descubrió también una excentricidad en la órbita del satélite mayor, determinando groseramente su valor y la posición de la línea de los ápices.

El descubrimiento de cuatro satélites por un solo astrónomo era un hecho tan extraordinario en la ciencia francesa, que el gobierno hizo acuñar una medalla en conmemoración de este suceso, con una inscripción que decía: *Saturni*

*Satellites primum cogniti*. Cassini llamó á los otros cuatro cuerpos descubiertos por él *Sidera Lodovica* en honor de Luis XIV, su protector y fundador del Observatorio de París; estos nombres, sin embargo, han sido substituídos por otros tomados de la fábula. El satélite descubierto por Huyghens recibió el nombre de Titán, y los cuatro descubiertos por Cassini, en orden á sus distancias á Saturno, Tetis, Dione, Rhea y Jafet; pero el método más conveniente para indicar estos satélites y los que fueran descubiertos con posterioridad, consiste en numerarlos exclusivamente en orden relativo á sus distancias al cuerpo primario; así el satélite descubierto por Huyghens se conoce hoy día como el sexto, y los que halló Cassini, como el tercero, cuarto, quinto y octavo.

Casi un siglo después del descubrimiento de Tetis y Dione, el 19 de agosto de 1787, creyó Herschel distinguir un sexto satélite de Saturno, pero no quiso anunciar su descubrimiento hasta que se confirmó en su observación el 28 de agosto de 1789, valiéndose de su telescopio de 40 pies, que por aquel entonces concluyó; este hermoso instrumento, inferior únicamente al de lord Rosse, tenía un espejo de 4 pies de diámetro. Para dar una idea de la paciencia y fuerza de voluntad de Herschel, diremos que de 1775 á 1781 fundió, modeló y pulimentó unos 80 espejos de 23 pies de foco, 150 de 10 pies y 200 de 7 pies.

En la noche del 27 de agosto de 1789, como decimos, terminó Herschel su gigantesco telescopio, é inmediatamente lo dirigió al planeta Saturno; tan pronto como apareció el planeta en el campo del instrumento, distinguió con toda claridad seis estrellas en las inmediaciones del disco; de éstas, cinco eran los satélites descubiertos anteriormente, y había que determinar si la sexta era una nueva luna ó una estrella fija que se encontrase en la prolongación del rayo visual. En aquella época se encontraba Saturno cerca de su oposición, retrogradando con una velocidad de  $4' 30''$  por día, por manera que el movimiento de su sistema á través de la esfera celeste, aunque lento, era perfectamente apreciable en un telescopio tan poderoso como el de Herschel; así que, dos horas y media después de la primera observación, pudo el incansable astrónomo adquirir la certidumbre de que las seis estrellas vecinas de Saturno eran todas satélites del planeta.

Averiguó Herschel que la órbita del satélite recién descubierto era interior á las de todos los demás; es menos notable, y por lo tanto, probablemente más pequeño que los otros; gira alrededor de Saturno en menos de un día y nueve horas, á una distancia de 60.000 leguas del centro del planeta y de 45.000 de la superficie.

Al continuar sus observaciones sobre este satélite, y á las tres semanas del descubrimiento, percibió Herschel el séptimo, casi tan pequeño, ó al menos tan poco brillante como el anterior, y que recorría una órbita aún más reducida; este satélite circula á una distancia del centro de Saturno escasamente superior

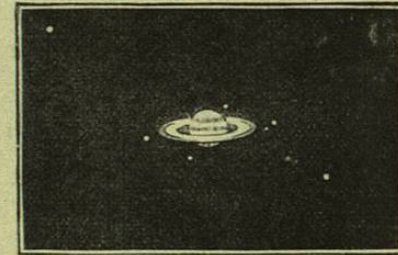


Fig. 201. — Saturno y siete de sus satélites

á 46.000 leguas, que son unas 32.000 desde la superficie; su distancia media al borde externo del anillo saturnino equivale á unas 13.000 leguas. Verifica su revolución en  $22 \frac{1}{2}$  horas; halló también que ambos satélites se mueven en el mismo plano que los anillos, ó á lo menos que su discrepancia es tan pequeña, que no es posible percibirla; debido á esta coincidencia, y también á su pequeñez y distancia de la Tierra, se ven con gran dificultad, aun en los más poderosos telescopios, excepto cuando el anillo no está muy cerrado, que fué justamente lo que ocurrió en la época del descubrimiento. A estos satélites se les llamó Encélado y Mimas.

El 19 de septiembre de 1848 descubrió Bond, en Cambridge, Estados Unidos, un octavo satélite con el hermoso refractor del Colegio de Harvard; por

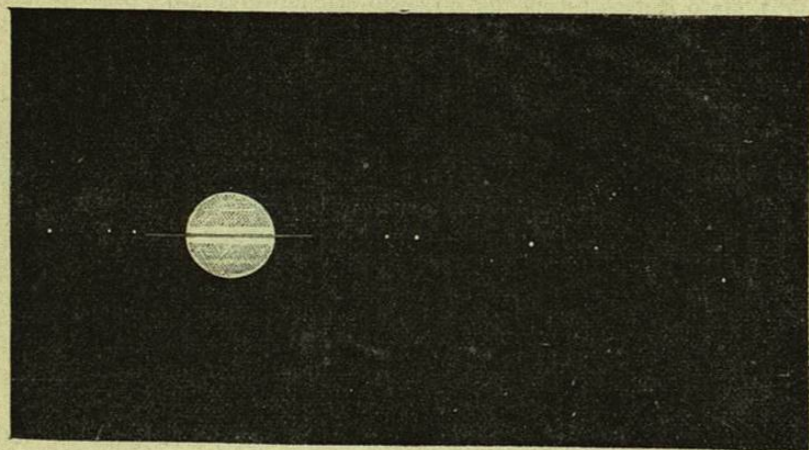


Fig. 202. — Descubrimiento del octavo satélite de Saturno, por Bond, el 19 de septiembre de 1848

una coincidencia singular, Lassell, de Liverpool, dos noches después, descubrió también el nuevo cuerpo, sin tener conocimiento de los trabajos de Bond. La órbita de este satélite está comprendida entre las de Titán y Jafet, de modo que es el séptimo en orden á sus distancias al planeta; efectúa su revolución en poco más de 21 días á una distancia del centro de Saturno de 376.500 leguas.

El Observatorio norteamericano de la Universidad de Harvard tiene establecida una sucursal en Arequipa (Perú). Entre los varios instrumentos que posee, se cuenta una ecuatorial fotográfica de 60 centímetros de diámetro y de 4 metros solamente de distancia focal, donativo de Miss Bruce; la relación que hay entre el diámetro de la lente y su foco demuestra que es muy rápida. En las noches del 16, 17 y 18 de agosto de 1898 se obtuvieron varias fotografías de Saturno, con exposiciones de cerca de dos horas; en las placas se registraron unas cien mil estrellas. Para buscar el satélite por medio de la fotografía, se colocaron dos placas unidas, con la gelatina ó superficie sensible en contacto una con otra; de esta suerte, cada estrella quedaba marcada por dos líneas; en las primeras placas examinadas se halló un punto aislado, visible también en las

posteriores, pero en distinta posición respecto de las estrellas, lo que se debía al movimiento propio de Saturno; y como las imágenes de los puntos habían caminado en la misma dirección, claro es que no podían atribuirse á defectos de las placas. Se trataba, pues, del descubrimiento de un noveno satélite de Saturno, llevado á cabo por Mr. Pickering. El nuevo cuerpo puede compararse, por su brillo, con una estrella de la 15.<sup>a</sup> magnitud, con lo cual queda dicho que sólo es visible con los más poderosos telescopios. Efectúa su revolución alrededor del cuerpo primario en 17 meses próximamente, á una distancia de 963.000 leguas, siendo su diámetro de unas 60 leguas, aunque este último valor es todavía muy inseguro. Se le ha dado el nombre de Febea, que se presta á error, pues la Luna también se suele llamar así.

En el cuadro siguiente hemos reunido algunos de los datos más importantes sobre los satélites de Saturno.

Núm.	Nombres	Distancias del planeta	En leguas	Revolución	Descubrimiento
1	Mimas	3.3	47.200	0 <sup>d</sup> 22 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> 27,9 <sup>s</sup>	Herschel, 17 septbre. 1789
2	Encélado	4.3	60.600	1 8 53 6,7	Herschel, 28 agosto 1789
3	Tetis	5.3	75.115	1 21 18 25,7	Cassini, marzo 1684
4	Dione	6.8	94.150	2 17 41 8,9	Cassini, marzo 1684
5	Rhea	9.5	134.300	4 12 25 10,8	Cassini, 23 dicbre. 1672
6	Titán	20.7	311.300	15 22 41 25,2	Huyghens, 25 marzo 1655
7	Hyperion	26.8	376.500	21 7 7 40,8	Bond, 19 septbre. 1848
8	Jafet	64.4	904.800	79 7 54 40,4	Cassini, octubre 1671
9	Febea		963.000	510	Pickering 18 agosto 1898

La fig. 203 representa el sistema de las órbitas de los satélites saturninos, menos el noveno, con sus dimensiones relativas, proyectadas sobre el plano del ecuador del planeta. Estas órbitas son excéntricas, si bien su excentricidad no se conoce con gran exactitud, y como hemos visto, coinciden sus planos, con corta diferencia, con el plano del anillo y el ecuador de Saturno; la única excepción que hay que hacer es relativa á Jafet, pues este satélite forma con el plano de los apéndices anulares un ángulo de unos 12 grados; todos los demás, cuando el anillo se ve de canto desde la Tierra, parecen oscilar en torno de Saturno, según una línea recta, pasando por el borde anular como las cuentas de un collar. En esta fase pueden columbrarse con mayor facilidad los dos satélites internos, Mimas y Encélado, á causa de que no amortigua su escasa luz el deslumbrante resplandor del anillo.

La visibilidad de estos satélites sigue, puede decirse, el orden de su descubrimiento; con un antejo mediano se distinguen Titán y Jafet en la parte occidental de su órbita; con uno de 12 ó 15 centímetros de abertura es visible Rhea y tal vez, para un ojo educado, Tetis y Dione; con uno de 20 centímetros se puede observar Encélado, cuando se encuentre cerca de su máxima elongación; Mimas es visible únicamente cerca de la misma posición, y por último, Hyperion sólo se percibe con poderosos telescopios, lo cual depende de su escasa luz y de la dificultad de separarlo de las estrellas pequeñas que forman el

fondo del cielo, y Febea con sólo dos ó tres de los más potentes telescopios del mundo.

A pesar de estos inconvenientes, se ha podido evaluar el diámetro de Titán, que es el mayor de todos los satélites, y equivale á las dieciseisava parte del diámetro de Saturno, es decir, más de la mitad del diámetro terrestre, y casi igual al de Marte; así, pues, un planeta secundario de este mundo gigantesco y maravilloso supera en magnitud á cuerpos tan importantes como Mercurio y Marte; su volumen es próximamente como nueve veces el de la Luna.

El octavo satélite, Jafet, presenta la notable particularidad de que en unos puntos de su órbita es más brillante que ninguno de sus compañeros, si se exceptúa Titán, y en la parte opuesta es casi tan tenue como Hyperion, y sólo es posible columbrarlo con anteojos de gran potencia óptica; cuando se encuentra al Oeste del planeta es brillante, y débil en la región oriental.

Este fenómeno se explica suponiendo que el satélite presenta siempre la misma cara al cuerpo primario, y que un hemisferio sea blanco y el otro profundamente negro; la única dificultad que hallamos en esta explicación es que nos parece dudoso que exista un cuerpo dividido por mitad en dos zonas, clara la una y negrísima la otra.

Debido á la inclinación de los planos de las órbitas sobre el plano del movimiento de Saturno, son menos frecuentes los eclipses, pasos y ocultaciones de los satélites de este planeta, que de los satélites de Júpiter; los últimos giran casi en el mismo plano de la órbita jovial, y por lo tanto, siempre aparecen en una línea recta, que pasa por el centro del disco del planeta, ocurriendo los eclipses, pasos y ocultaciones á cada revolución, puede decirse. Por otra parte, los satélites saturninos se mueven en órbitas que, de ser visibles en toda su extensión, aparecerían como elipses, ya se observasen desde el centro del Sol, ora fuese la Tierra la estación elegida; únicamente cuando estas elipses vistas desde el centro del Sol sean ocultadas en parte por el disco de Saturno, podrán ocurrir eclipses de los satélites correspondientes; y cuando estas elipses vistas desde la Tierra sean ocultadas parcialmente, se verificarán pasos y ocultaciones de los satélites que pertenezcan á esas órbitas. Ahora bien: la distancia media del centro de Saturno á que gira el satélite Jafet es de unas 904.800 leguas, y en la escala de la lámina de color, esta distancia habría de representarse por una línea de 2,30 metros de largo: en consecuencia, si la órbita de este satélite fuese visible en toda su extensión, aparecería como una elipse cuyo eje mayor tendría 4 metros y 60 centímetros de longitud, y se comprende que la más pequeña elevación del punto de vista sobre el plano de la órbita haría que el eje menor de la elipse apareciese mayor que el diámetro aparente del disco de Saturno, para lo cual bastaría una inclinación de 58'. Luego únicamente cuando el plano de la órbita pasa á través del Sol ó á muy corta distancia, puede ser eclipsado este satélite; y una ocultación ó un paso tendrán lugar cuando el mismo plano pase por la Tierra ó muy cerca de ella. De otro lado, como el período de este satélite es de unos 79 días, encontrándose inmediato al disco de Saturno por brevísimo tiempo, á cada revolución, se disminuyen en gran manera las probabilidades de que se verifiquen estos pasos, ocultaciones y eclipses. Saturno puede pasar por los puntos de su órbita que permiten la realización de estos fenómenos, mientras

que el satélite se encuentra en su elongación oriental ú occidental, siendo necesario que transcurran catorce años antes que Saturno vuelva á encontrarse en una situación análoga para que puedan verificarse los eclipses, pasos y ocultaciones del satélite. Así, pues, estos fenómenos ocurren muy rara vez, y como además pueden tener lugar en pleno día ó en tiempo cubierto, no hay que extrañar que en el transcurso de varios siglos no sea visible desde la Tierra ninguna de estas afecciones.

Otro tanto puede decirse de los satélites Titán é Hyperion; este último es rara

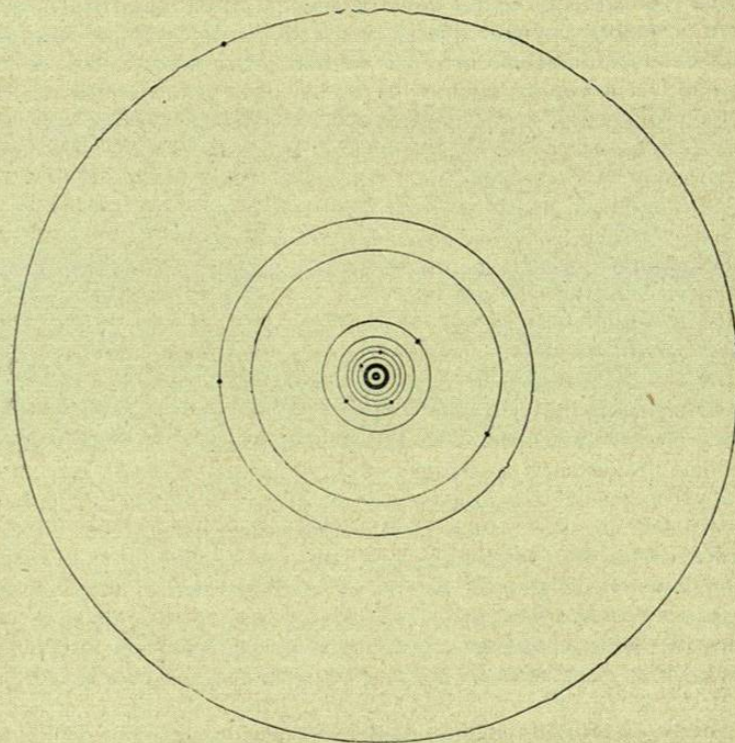


Fig. 203. — Órbitas de los satélites de Saturno

vez perceptible á causa de su escasísimo brillo; pero los eclipses, pasos y ocultaciones de Titán, aunque muy raros, se han observado en varias ocasiones.

La distancia media de Titán al centro de Saturno es de 311.300 leguas; en la escala de la lámina cromolitografiada referida, el eje mayor de la órbita de este satélite en caso de ser visible, en toda su extensión, mediría 1<sup>m</sup>,52. Mister Dawes observó un eclipse de Titán y el paso de su sombra por el disco saturnino, en los años de 1861 y 1862; en esa época el plano del anillo, que equivale al plano de la órbita de Titán, pasaba muy cerca del Sol y de la Tierra, en cuya posición únicamente son posibles los eclipses, ocultaciones y pasos de Titán.

En la misma época de la observación de Dawes, pudo Chacornac, asiduo astrónomo que era del Observatorio de París, percibir no sólo la sombra del satélite, sino el cuerpo mismo de éste, empleando un gran telescopio de espejo plateado, que en la actualidad se encuentra en el Observatorio de Marsella.

En la fig. 204 se reproduce el aspecto que presentaba el fenómeno, según lo dibujó el citado astrónomo; distínguese claramente el disco de Titán, que se destaca como un círculo más brillante que el fondo luminoso del planeta. La sombra y el satélite se encuentran tan próximos, que sus bordes parecen tangentes. Lo más particular es que desde el principio de la observación se pudo distinguir la sombra, mientras que el cuerpo del satélite sólo se hizo visible cuando había recorrido como un tercio del radio del planeta, lo cual es contrario á lo que sucede con los satélites de Júpiter. Esta particularidad vendría en apoyo de la opinión de los que sostienen que los bordes del disco de Saturno son más luminosos que las regiones centrales, circunstancia observada anteriormente por Bond, que no acepta, empero, Trouvelot.

Los eclipses de los demás satélites son bastante comunes; los dos internos pasan con la mayor frecuencia por el disco de Saturno, eclipsándose en igual proporción; estos fenómenos son difícilísimos de observar, sin embargo, á causa de la poca visibilidad de los satélites.

Podemos considerar los eclipses de los satélites de Saturno desde otro punto de vista; puesto que el diámetro del Sol es aproximadamente de unas 344.000 leguas, viene á ser la distancia media de Saturno al Sol de unas 351.700.000 leguas y su diámetro medio de 27.700 leguas, con cuyos elementos podemos calcular fácilmente que el cono de sombra que proyecta Saturno en el espacio se extiende á una distancia media de 30.840.000 leguas; el eje de este cono no coincide, por lo general, con los planos de las órbitas de los satélites, pues pasa á uno ú otro lado de estos planos. La intersección del plano de cada órbita con la superficie cónica de la sombra es, por lo tanto, una elipse, negra en la región comprendida detrás del globo de Saturno. Si la órbita correspondiente á una de las elipses, esto es, la órbita cuyo plano encuentre la superficie de la elipse, se halla fuera de su parte oscura, no es posible que se eclipse el satélite; pero mientras la órbita caiga cerca de la elipse, es eclipsado el satélite á cada revolución.

Los planos de los siete satélites interiores coinciden, podemos decir, con el plano del anillo, y las partes de las regiones oscuras de las elipses, en que el plano del anillo intersecta la sombra cónica, son de formas y dimensiones muy variables. Entre los numerosos eclipses de los diversos satélites en el curso de un año saturnino, pueden ocurrir algunos parciales, porque el satélite pase tan sólo en la proximidad de la sombra del planeta; este fenómeno, no obstante, es casi imposible de percibir por un observador terrestre, aun cuando se trate del satélite Titán.

También pudieran observarse ocultaciones y pasos de los siete satélites interiores por los anillos cuando el plano de éstos, prolongado, cortase la esfera terrestre. En esta época, como ya hemos referido, se distinguen los satélites como cuentas que pasasen por un hilo, que lo forma el canto del anillo, siendo parcialmente ocultados por él. Cuando el plano del anillo pasa por el centro del

Sol, presentan los satélites el mismo aspecto para un observador colocado en nuestro gran luminar, y deben, por lo tanto, aparecer en ciertas partes de sus órbitas eclipsados por el borde de los anillos; este fenómeno es muy difícil que pueda observarse desde la Tierra.

El penúltimo satélite, cuya órbita se encuentra inclinada sobre el plano del anillo, puede ser ocultado por éste, y también es posible que pase sobre él; sin embargo, estos fenómenos son mucho más raros que los eclipses y ocultaciones del satélite por el cuerpo del planeta.

Las condiciones físicas y fenómenos del globo de Saturno deben sufrir modificaciones importantes, causadas por los anillos que lo circundan, sirviendo para iluminar sus cortas noches de verano y para obscurecer los no más largos

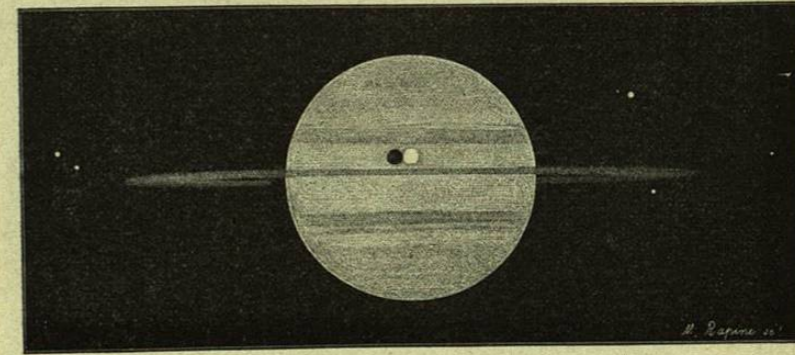


Fig. 204 - Paso de Titán por el disco de Saturno el 1.º de mayo de 1862, observación y dibujo de Chacornac

días del invierno saturnino; examinemos el carácter de estos efectos y su manera de producirse.

En primer lugar, sin hacer mención de las partes iluminadas, consideremos qué porciones del anillo se encuentran sobre el horizonte, y cuáles son los contornos aparentes de estas porciones en la esfera celeste para las diversas latitudes de la superficie de Saturno.

Desde ambos polos y hasta llegar al paralelo de 63 grados, son por completo invisibles los anillos, distinguiéndose únicamente los satélites sobre el horizonte. Desde esta latitud comienza á ser visible el sistema anular, pero sólo en las dos estaciones de primavera y verano, en que la cara de los anillos, vuelta hacia el hemisferio en que nos suponemos colocados, recibe los rayos del Sol é ilumina por reflexión las noches del planeta. Durante el día envían sus arcos una cantidad de luz muy débil, análoga probablemente, por su tono y esplendor, á la luz de la Luna cuando es visible en pleno día. La forma y extensión de los inmensos arcos luminosos varían, por otra parte, según la latitud; supongamos un observador situado en el polo boreal de Saturno; su cenit coincidirá con el polo boreal de la esfera celeste saturnina; su horizonte racional será el ecuador celeste, y se comprende, sin mayor esfuerzo, que en esta situación son invisibles los anillos, por ocultarlos la curva superficie del planeta.