



Anillos planetarios (y IV): Neptuno

Jesús Salvador Giner

jsginer@gmail.com

Tras confirmar la Voyager 2 la presencia de anillos en Júpiter (y los de Urano vistos como conjetura plausible gracias a las ocultaciones estelares), se especuló que tal vez Neptuno, el último de los gigantes gaseosos del Sistema Solar, también tuviese su sistema anillado particular. Si con Júpiter y Urano las condiciones para detectar sus anillos ya eran difíciles, los 4.400 millones de kilómetros que separaban a Neptuno de la Tierra suponían un fabuloso obstáculo: sin embargo, el planeta poseía, en efecto, anillos, aunque eso sí, extremadamente tenues y con un aspecto muy singular.

Descubierto en 1845 por medio de cálculos teóricos elaborados por Urbain LeVerrier (1811-1877), y una vez se dispuso de sus características físicas y orbitales básicas, Neptuno fue pronto catalogado con el marbete de planeta gigante gaseoso: ostentaba prácticamente todos los atributos propios de este tipo de mundos, y excepto por la distancia y su número de lunas (bastante reducido en comparación con sus homólogos más próximos al Sol) no mostraba apenas diferencias con Júpiter, Saturno y Urano. La revelación de que estos tres últimos exhibían anillos a su alrededor apuntaba la posibilidad de que Neptuno tampoco careciera de ellos, pero el problema, como hemos dicho, atañía a cómo podrían detectarse unas estructuras supuestamente finas, poco luminosas (si resultaban ser similares a las de Urano) y situadas en los confines del Sistema Solar¹.

Ya a fines de los años setenta del siglo pasado, cuando la Voyager 2 surcó el espacio cercano a Júpiter y corroboró que poseía aquellas débiles alianzas de polvo a su alrededor, hubo astrónomos que sospecharon que los anillos debían ser patrones habituales en mundos gigantes; confirmados o en vísperas de ser confirmados (como vimos, los de Urano fueron verificados en 1986) en los tres gigantes restantes, la única táctica adecuada para tratar de vislumbrar los de Neptuno era mediante la conocida técnica de las ocultaciones estelares. No obstante, Neptuno transita muy lentamente por el cielo, mucho más aún que en el caso de Urano (como sabemos por las Leyes de Kepler, un planeta lejano tarda más en recorrer una misma distancia en el firmamento que otro Huygens nº 84

más cercano, pero no sólo por dicha distancia mayor, sino también porque el propio planeta se desplaza a velocidad menor); así, es más raro que se aproxime a una estrella, y por lo tanto, las posibilidades de una ocultación son inferiores. Además, justo en esos años Neptuno atravesaba una porción del cielo algo alejado del plano de la Vía Láctea (donde se apiñan la mayoría de estrellas de la galaxia), lo que disminuía todavía más su número en las cercanías del planeta.

Con todo, ya en 1977 se hizo público un estudio que exponía un posible anillo de Neptuno, detectado en el transcurso de una ocultación estelar que tuvo lugar en 1968. Poco después, en 1981 y 1983, hubo otras ocasiones propicias. En la primera el astro no fue eclipsado por Neptuno; sin embargo, mientras se aproximaba al planeta, el 24 de mayo se detectó una disminución de su brillo, pero el ligero parpadeo estelar no tuvo continuidad en la parte opuesta del planeta. Entonces se pensó que, en realidad, se había hallado una nueva luna², que por mera casualidad estaba situada en la posición justa y que había interceptado la luz de la estrella. Para 1983, por el contrario, no hubo ninguna disminución, ni antes ni después, de la luz estelar, pese a que el astro pasó completamente oculto por detrás del cuerpo planetario.

Estas primerizas observaciones no parecían indicar que Neptuno tuviese anillos, pero las cosas cambiaron al año siguiente, cuando el 22 de julio otra estrella se situó en las inmediaciones del planeta. André Brahic, un astrónomo francés, había estado pidiendo tiempo de observación para el telescopio de 1 metro de diámetro

ubicado en el *European Southern Observatory* (ESO), cerca de La Silla, en Chile. Su intención era observar el tránsito de Neptuno por delante de la estrella de esa fecha y tratar de detectar su debilitamiento. Por fin se le permitió emplear el instrumento, que captó efectivamente una disminución de la luz estelar de un 35% durante un segundo, instantes antes de que llegase al cuerpo del planeta. Pero en este caso tampoco hubo réplica en el lado opuesto. Dada la improbabilidad de haber hallado otra luna (realmente muy baja), Brahic juzgó que el responsable era un anillo, pero un anillo cuya circunferencia era incompleta, o bien completo pero de forma que una parte de él poseía más densidad en una zona y en la otra apenas había materia capaz de interceptar la luz de la estrella.

El mismo propósito que Brahic tuvo otro grupo de astrónomos que observaron el tránsito de Neptuno el mismo día, apenas a un centenar de kilómetros de distancia, en el Observatorio de Cerro Tololo, también en Chile. Pero los datos que evidenciaban el debilitamiento de la estrella en las proximidades del planeta, por extraño que pueda parecer, fueron arrinconados durante unos meses, hasta que W.H. Hubbard, el jefe del equipo, los analizó al tener noticia en octubre de 1984 de la investigación de Brahic.

Hubbard llegó a la misma conclusión que su colega francés, de modo que hubo confirmación de que Neptuno poseía, al menos, un anillo incompleto a su alrededor. Así, y aún provisionalmente, los cuatro gigantes gaseosos del sistema solar tenían, cada uno a su manera, por lo menos un anillo, lo que daba peso y consistencia a la idea de que se

trataba de estructuras muy normales en planetas de este tipo.

Los datos obtenidos por Brahic y el equipo de Hubbard señalaban la existencia de un anillo parcial, en forma de “arco”, con unos 25 kilómetros de espesor y situado a poco más de 2,5 radios del centro del planeta, extendido sobre apenas una décima de la circunferencia completa. Pero ¿cómo podía un arco semejante mantenerse estable en el tiempo? Ya que las partículas más próximas al planeta viajan a velocidades mayores que las más lejanas, todo arco o parte de anillo tendería a distribuirse uniformemente en torno al gigante gaseoso en el plazo de apenas unos pocos años. Una posibilidad era postular la destrucción de una pequeña luna, en épocas muy recientes, cuyos residuos hubieran empezado a formar un anillo y del que nosotros veríamos el inicio de su reagrupación, como un arco; pero para ello era necesario hablar en términos temporales muy cortos. Según señalamos en el artículo sobre Saturno, Peter Goldreich y Scott Tremaine dieron con una solución al problema planteando la presencia de pequeñas lunas *pastoras*, que con órbitas circulares y algo inclinadas respecto al plano de los anillos podían confinar gravitatoriamente sus límites impidiendo su

disgregación, gracias a las resonancias que establecían con ellos.

Hubo algunas otras ocultaciones en años posteriores (varias docenas), pero era imposible con los métodos indirectos lograr datos más específicos, y muchos menos obtener algún tipo de fotografía de los anillos, de modo que había que esperar a que la sonda Voyager

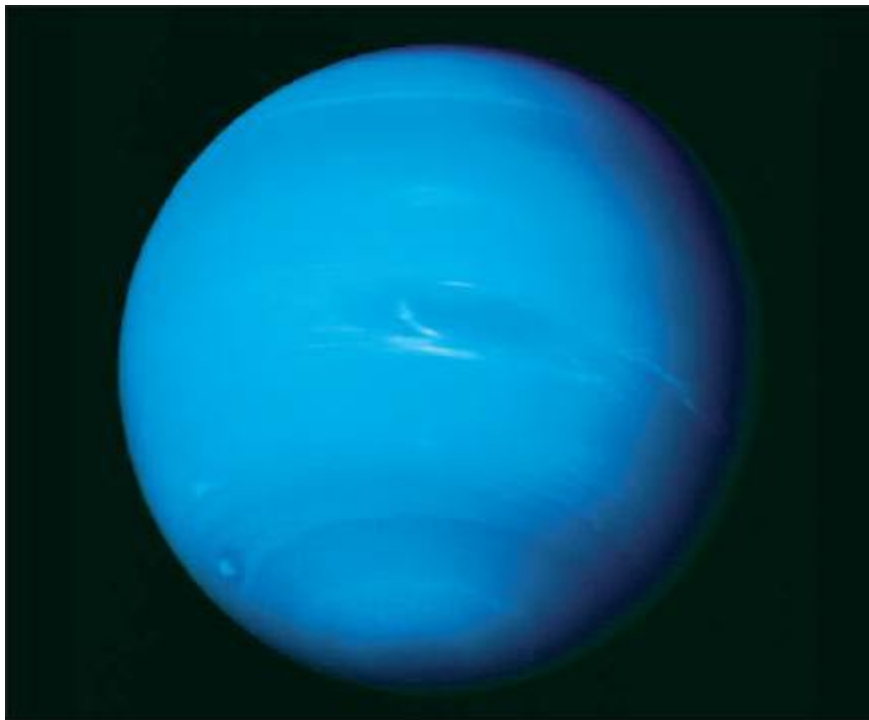


Figura 1: Neptuno, captado por la Voyager 2 cuando aún se hallaba a 16 millones de kilómetros del planeta, con su color azul verdoso intenso. En la parte central e inferior izquierda se aprecian dos ciclones gigantes (conocido el primero como la Gran Mancha Oscura), y en latitudes altas y ecuatoriales aparecen nubes

2 dejara atrás Urano y recorriera los casi 1.600 millones de kilómetros que separaban a éste de Neptuno. En agosto de 1989 la infatigable nave llegó a su cita con el más remoto de los planetas (figura 1), y pudo finalmente revelar cómo eran los anillos y averiguar todas las características que de ellos conocemos hasta hoy.

El sobrevuelo de Neptuno permitió a la Voyager 2 desvelar que se trata, no de uno, sino de hasta cuatro anillos principales. La nave los fotografió ya tres semanas antes del encuentro, mediante luz ultravioleta y en el canal visible empleando el método de las ocultaciones estelares artificiales. Obtuvo varias tomas de ellos, con distintos grados de iluminación y en diferentes posiciones (frontal, lateral, posterior), y además de confirmar que algunos de ellos presentan arcos de diferente densidad, descubrió igualmente seis nuevas lunas interiores de Neptuno.

La naturaleza básica de los anillos de Neptuno es polvo microscópico, con una proporción de entre 20% y 70%, densidad de polvo que es bastante semejante a la de los parques anillos de Júpiter, pero muy diferente a los de Saturno, por ejemplo, que contienen polvo en cantidades muy poco significativas (menos del 1%). Las partículas de los anillos, de una tonalidad rojiza, exhiben un material muy oscuro (con un albedo bajísimo,

de entre 0,01 y 0,02, prácticamente negros), parecido al de las partículas que forman los anillos de Urano, y están posiblemente formadas por una mezcla de hielo y compuestos orgánicos, procedentes según se cree de la radiación electromagnética del planeta. Hablando en términos generales puede decirse que los anillos de Neptuno resultan similares a los de Júpiter, ya que ambos muestran anillos estrechos, débiles y con gran concentración de polvo, unidos a otros más amplios pero aún más tenues. El origen de los anillos aún permanece en incógnita, como en casi todos los demás casos de gigantes gaseosos, pero se sospecha que son resultado de la fragmentación de alguna luna pretérita, que fue destruida al aproximarse demasiado al planeta (Tritón está destinado a sufrir una muerte similar en un plazo de entre 500 y 1.000 millones de años), o bien puede que se trate de los restos de un impacto entre un cometa o asteroide y alguna de las lunas de Neptuno, hoy desaparecida a consecuencia del choque. Su edad tampoco se conoce con certeza, pero se piensa que se trata de estructuras bastante jóvenes, similares a las de Urano (unos pocos centenares de millones de años).

Los anillos de Neptuno (figura 2, Tabla 1), cinco principales, como hemos dicho, han recibido los nombres de personalidades científicas que han contribuido

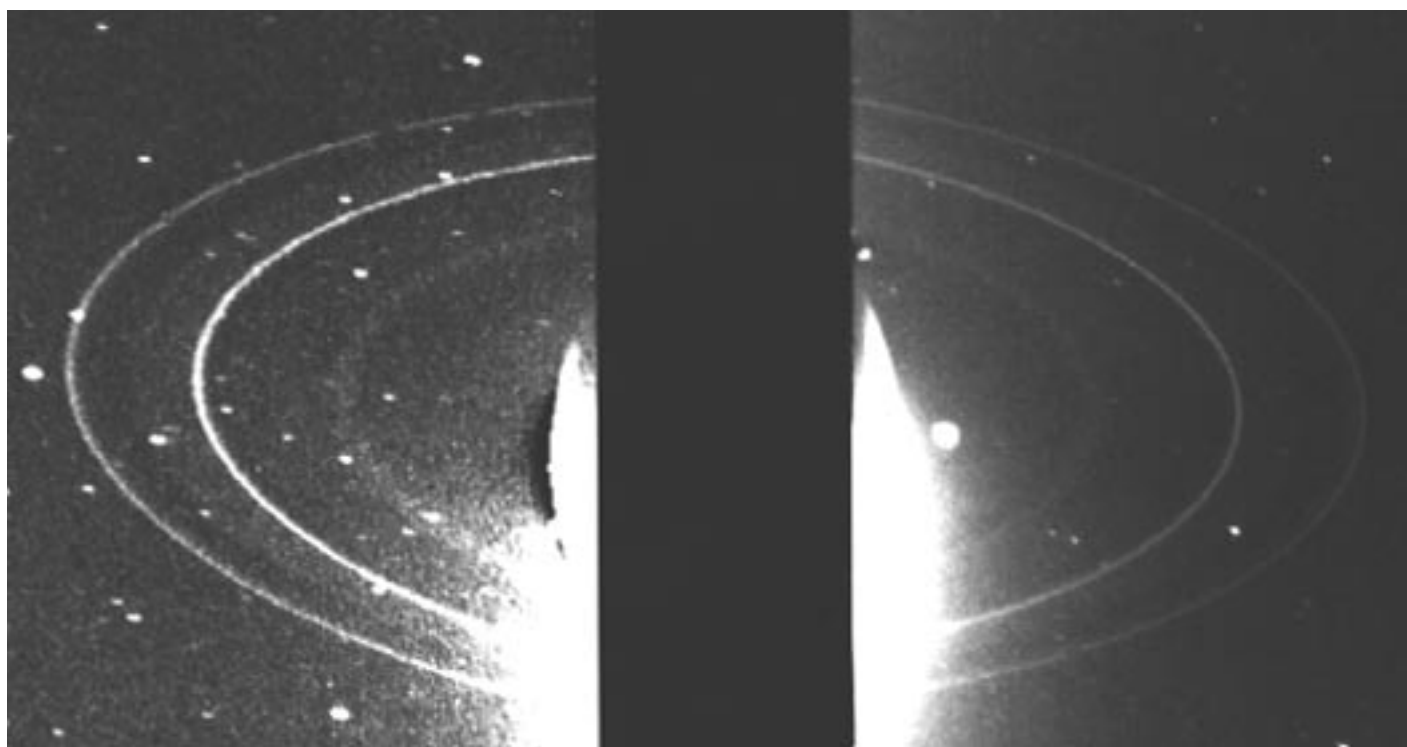


Figura 2: el sistema de anillos de Neptuno, captado por las cámaras de la Voyager 2 en agosto de 1989 y desde una distancia de 280.000 kilómetros. Aparecen los cuatro anillos principales (el más interno, Galle, el luminoso Le Verrier, Lassell y el exterior Adams). El quinto anillo, Arago, no es visible en esta imagen. (NASA-JLP)

al descubrimiento o al estudio del planeta y sus lunas: así, el más interno, *Galle*, debe su nombre a Johann Gottfried Galle, el astrónomo que halló a Neptuno basándose en las indicaciones teóricas de Le Verrier; el anillo siguiente es el propio *Le Verrier*; a continuación aparece *Lassell*, debido a William Lassell, quien halló a Tritón, según se ha indicado; *Arago*, por su parte, recibe su nombre de François Arago, un astrónomo, físico y matemático francés, que fue el director del Observatorio de París e impulsó a Le Verrier a buscar un nuevo planeta a causa de las irregularidades observadas en Urano; por fin, el *Adams* fue bautizado en honor de John Couch Adams, un astrónomo inglés que predijo también la existencia de Neptuno, y aunque sus cálculos eran correctos fueron, sin embargo, ignorados porque carecía de la fama y el prestigio de Le Verrier.

Galle, el anillo más cercano a Neptuno, se sitúa entre 41000 y 43000 kilómetros de las nubes más altas del planeta, y aunque es bastante ancho (unos 2000 kilómetros), su luminosidad es baja. El porcentaje de polvo que presenta en el anillo se estima en entre el 40% y el 70%. Como sucedía en todos los sistemas de anillos de gigantes gaseosos, que vimos en anteriores artículos,

el segundo anillo a partir de Neptuno, ubicado a unos 53.200 kilómetros de éste, es muy estrecho (sólo unos 113 kilómetros de anchura), y su porcentaje de polvo es similar al de *Galle*. También para Le Verrier hay un satélite controlador, *Despina*, de 180 kilómetros y que orbita justo en su interior, quien hace las veces de pastor. *Lassell*, por su parte, es el más amplio de todos los anillos de Neptuno, con una anchura de casi 4.000 kilómetros. Pero no es tan brillante ni definido como sus hermanos (figura 3); de hecho, más que un anillo podría considerarse como una banda o lámina fina y difusa que se extiende entre Le Verrier, en su extremo interior, y Arago, en su límite superior (algo similar a lo que ocurre en Saturno con su anillo E, o en Urano con 1986 U2R, por ejemplo). En este anillo la fracción de polvo baja hasta entre el 20% al 40%. Dado que en las proximidades del borde externo de este anillo se aprecia una región (de un centenar de kilómetros de ancho) en la que aumenta ligeramente el brillo del anillo, a 57.200 kilómetros del planeta, algunos científicos han propuesto separarla en otro anillo distinto, al que han llamado *Arago*, como hemos comentado. No obstante, aún no hay plena conformidad a este respecto, aunque

DATOS PRINCIPALES DE LOS ANILLOS DE NEPTUNO						
Nombre	Radio (km)	Ancho (km)	Fracción de polvo (%)	Excentricidad (°)	Inclinación (°)	Notas
Galle (N42)	40900 - 42900	2000	40 - 70	?	?	Débil y ancho
Le Verrier (N53)	53200 ± 20	110	40 - 70	?	?	Estrecho y luminoso
Lassell	53200 - 57200	4000	20 - 40	?	?	Banda difusa y débil de material, desde Le Verrier a Arago
Arago	57200	<100	?	?	?	Región más externa de Lassell, aún no hay unanimidad en su independencia
Adams (N63)	62932 ± 2	15 - 35	20 - 40	4,7 ± 0,2 x 10 ⁻⁴	0,0617 ± 0,0043	Con cinco arcos brillantes: Fraternidad, Igualdad 1, Igualdad 2, Libertad y Coraje

Tabla 1: principales datos (todos provisionales) de los anillos de Neptuno. (Wikipedia)

en el caso de Neptuno también hay pequeñas lunas que mantienen estables los anillos: para *Galle* tanto *Náyade* como *Thalassa* se encargan de esa tarea. *Le Verrier*,

por el momento se acepta como válido y, por ello, hemos hablamos aquí de cinco anillos.

El último de los anillos en distancia creciente a

Neptuno es *Adams*, el más estudiado y el más singular de todos ellos. Con un radio orbital de unos 63.930 kilómetros, es el más estrecho (unos 35 kilómetros, aunque baja a 15 en sus porciones más exiguas), y presenta una ligera excentricidad e inclinación. La fracción de polvo es inferior a otros anillos (20-40%), y concuerda con la

Uno de dichos arcos fue, precisamente, lo que halló André Brahic en el ESO y el equipo de W.H. Hubbard en Cerro Tololo en 1984. Las partículas que constituyen a Adams han tendido a agruparse de forma más atiborrada en los arcos que el resto del anillo, de ahí su mayor luminosidad; de hecho, en algunas partes estos racimos

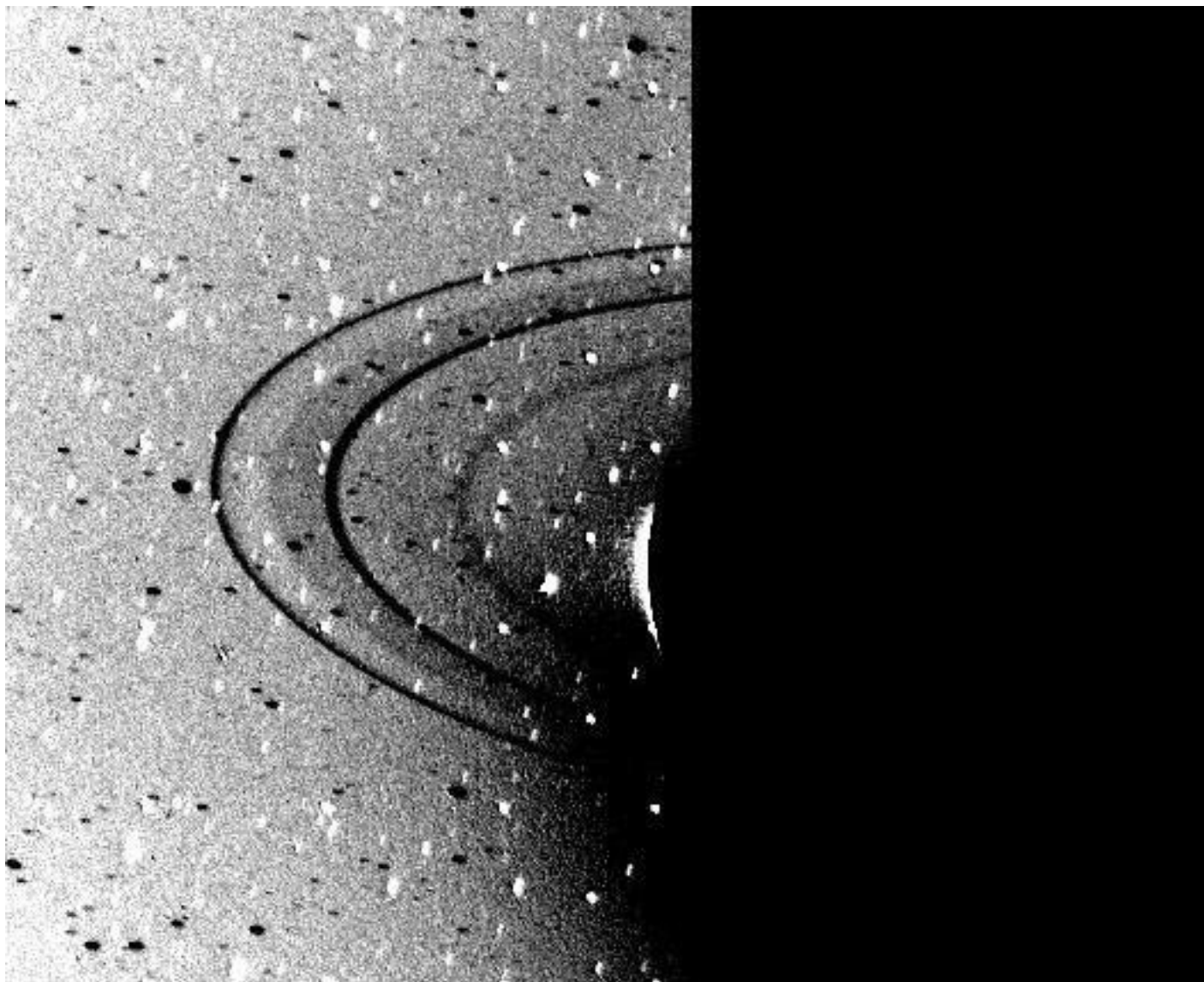


Figura 3: negativo de la figura 2, que evidencia mejor la naturaleza difusa y extensa del anillo Lassell (la banda de material entre los dos anillos exteriores más definidos). (NASA-JLP)

de Lassell, lo que podría dar a entender que los anillos contienen más polvo cuanto más cercanos al planeta se hallan. Como en el caso de Le Verrier, existe una luna pastora que ejerce de controladora gravitacional del anillo, el satélite *Galatea*, que orbita convenientemente en el interior del anillo, a unos a 62.000 kilómetros de Neptuno. Su labor está asegurada gracias a una estrecha resonancia 42:43 entre la luna y el anillo, que garantiza la estabilidad a largo plazo del anillo.

La famosa particularidad de Adams reside en los arcos que conforman parte de su recorrido (figura 4).

de materia poseen una densidad incluso 10 veces superior al del resto de la circunferencia. Cinco son los arcos principales, todos ellos comprendidos entre la longitud 247° y 294° (es decir, situados los cinco en apenas un séptimo de la circunferencia completa de Adams), y que han recibido hermosos nombres (aunque algo *ñoños*, teniendo en cuenta que se trata de meras agrupaciones de partículas de polvo...): *Fraternidad*, el segmento más largo y brillante, *Igualdad 1*, *Igualdad 2*, *Libertad* y *Coraje*, el más corto y débil. La fracción de polvo en los arcos es idéntica a Lassell y el resto del anillo Adams

(esto es, entre el 40% y el 70%).

En general, la estructura de los arcos es relativamente estable, en el sentido de que han permanecido ininterrumpidamente después de más de dos décadas: hallados ya a mediados de los años ochenta del siglo pasado, fotografiados con cierto detalle por la sonda Voyager 2 en 1989, y más recientemente observados por el Telescopio Espacial Hubble (HST) y otros telescopios con base en la Tierra entre los años 1997 y 2005, la posición de los mismos no parece haber variado notablemente.

No obstante, pese a su estabilidad sí ha habido ciertas modificaciones, algunas de ellas muy importantes. Además de un descenso de la luminosidad total de los arcos desde 1986, el arco Coraje, por ejemplo, ha cambiado su punto de amarre en el anillo Adams, tal vez debido a una remodelación en su resonancia con Galatea. Aunque era uno de los arcos más débiles cuando la Voyager 2 llegó a Neptuno, en los últimos

años del siglo pasado incrementó su luminosidad, reduciéndola posteriormente hasta retornar hoy a su intensidad normal. Libertad, por su parte, ha sufrido una notable disminución de densidad. Entre 2002 y 2003, Imke de Pater y varios colaboradores, de la Universidad de California (Berkeley, EE.UU.), empleó el telescopio Keck de 10 metros del Observatorio de Hawai (EE.UU.) para examinar los anillos de Neptuno. Hallaron, en efecto, que en general todos los arcos del anillo Adams han menguado su brillo, pero que sobretodo Libertad había perdido prácticamente toda su densidad desde el sobrevuelo de la Voyager 2. Eugene Chiang, miembro del equipo de de Pater, afirmó que, de continuar esta tendencia, Libertad puede desaparecer en un plazo inferior a 100 años. De hecho, este estudio sugiere que aunque existiera un mecanismo capaz de regenerar la materia perdida, la causa que provoca su deterioro es aún más rápida, por lo que el destino probable de los arcos es su desaparición a lo largo del

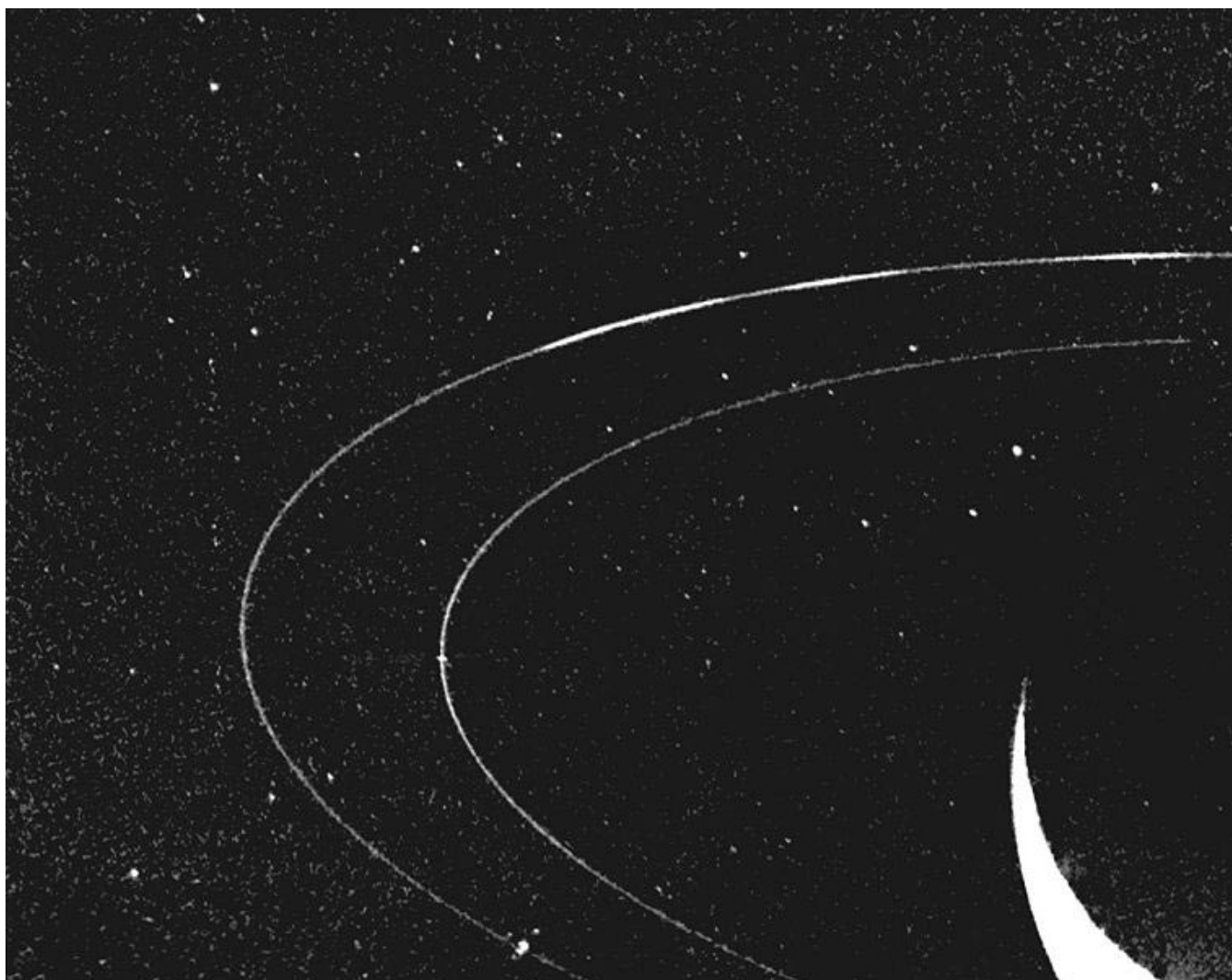


Figura 4: imagen de la Voyager 2 que muestra el anillo Le Verrier, el más interior, y el anillo Adams, con tres de sus arcos: de izquierda a derecha, Fraternidad, Igualdad y Libertad. La fotografía se obtuvo en agosto de 1989. (NASA-JLP)



Figura 5: fino creciente de Neptuno, con el Sol a su derecha, en una bella imagen tomada por la Voyager 2 una vez dejó atrás el planeta, a finales de agosto de 1989, justo hace ahora veinte años. (NASA-

siglo XXI. Fraternidad e Igualdad (partes 1 y 2), por otro lado, han evidenciado variaciones irregulares en sus brillos relativos, si bien no de sus posiciones. En general, parece que la cantidad total de materia que forma los arcos ha permanecido invariable, aunque en observaciones infrarrojas aparecen más tenues que en estudios pretéritos.

Pese a todo esto, la pregunta hoy sigue siendo la misma que en tiempos de Brahic y Hubbard: ¿cómo pueden mantenerse estables los arcos? ¿Por qué no han distribuido su material gradualmente en el resto del anillo principal? Como dijimos, la aplicación de la teoría de Goldreich y Tremaine al caso de Neptuno señalaba a Galatea como responsable de mantener los arcos, formando cada 4° numerosos lugares de estabilidad a lo largo de la órbita del anillo mediante una *resonancia de inclinación co-rotacional*. Existe otro modelo basado en la *resonancia de excentricidad co-rotacional*, que trata de explicar el mismo fenómeno, y aún hay una tercera teoría que plantea la presencia de una luna

suplementaria fijada en el interior del anillo Adams. Incluso hay alguna propuesta que postula la existencia de un pequeño grupo de satélites, aún no detectados, que establecerían a su vez órbitas resonantes con Galatea, y que serían responsables de servir el nuevo material a los arcos y, también, de mantenerlos estables y dentro de sus límites. Toda esta variedad de soluciones no hace más que demostrar, sin embargo, que aún estamos lejos de saber por qué los arcos persisten durante tanto tiempo en el interior del anillo Adams.

Como sucedió en los casos de sus hermanos Júpiter, Saturno y Urano, la exploración de Neptuno y el estudio de sus anillos ha planteado (y planteará) muchas más dudas y preguntas de las que resolvió esa misma exploración preliminar. Pero mientras que en aquellos (sobretudo Júpiter y Saturno) su estudio ha continuado con nuevas misiones dirigidas hasta sus cercanías, para Urano (como dijimos) y Neptuno no hay previsto ningún proyecto espacial específico que desvele los muchos secretos que este lejano planeta aún preserva. Tal vez la evolución de la tecnología en la Tierra permita

avanzar algo a este respecto, pero presumiblemente cuestiones como el origen, el mantenimiento y el por qué de la peculiar fisonomía de los anillos de Neptuno no serán dilucidadas hasta, por lo menos, dentro de dos o tres décadas, o puede que incluso más tarde aún.

- Enlaces:

- http://es.wikipedia.org/wiki/Anillos_de_Neptuno
- <http://www.solarviews.com/span/neptune.htm>
- <http://www.astroseti.org/vernew.php?codigo=1090>

(notas al pie)

¹ Hay un reporte de 1846 de William Lassell (astrónomo que descubrió Tritón, la mayor luna de Neptuno) acerca de una especie de anillo en torno al planeta. Pero dado que nadie pudo corroborar su observación es más probable que, en realidad, Lassell fuera víctima de una ilusión óptica. Tengamos en cuenta que, incluso hoy en día, telescopios como el Telescopio Espacial Hubble apenas pueden distinguir los anillos más brillantes...

² Ahora sabemos, en efecto, que la disminución de brillo se debió a una pequeña luna, el satélite *Larissa*, un pedrusco de 200 kilómetros de diámetro que pasaba por allí en el momento oportuno.