Anillos planetarios (I): Júpiter

Jesús Salvador Giner

jsginer@gmail.com

La exploración espacial ha permitido añadir al acervo científico gran cantidad de revelaciones que de otro modo hubiesen permanecido en el desconocimiento durante largo tiempo. Que Júpiter tiene un tenue sistema de anillos de polvo rodeándole es una de esas revelaciones alcanzadas gracias a la técnica y pericia humanas. Éste es el primero de una serie de cuatro artículos dedicados a los anillos planetarios del Sistema Solar.

En 1974 la sonda espacial Pioneer 10 pasó cerca de Júpiter, en la que era la primera misión de larga distancia que llegaba hasta el planeta gigante. Con antelación se habían puesto en marcha otras misiones con destino a Marte o a Venus (algunas de ellas habían llegado a aterrizar en la superficie, como la Venera 8 en 1972), pero ninguna tenía el carácter transplanetario de la Pioneer 10.

En el transcurso de su trayectoria, la Pioneer encontró una anómala distribución de las partículas ionizadas (que han perdido uno o más electrones) en la magnetosfera del planeta. En concreto, se detectó una disminución bastante brusca de la densidad a una distancia de entre 50.000 y 55.000 kilómetros. Se pensó que quizá era debida a la presencia de un anillo de polvo en torno al planeta, pero en 1974 sólo eran conocidos los anillos majestuosos de Saturno, y realmente se consideraban más una rareza que algo habitual en los planetas gigantes. Las observaciones de Urano y Neptuno tampoco habían evidenciado signo alguno de anillos, de modo que la cuestión permaneció a la espera de mejores datos.

Cuando sólo tres años después, en marzo de 1977, astrónomos de la Universidad de Cornell (EE.UU.) consiguieron observar pequeños eclipses de luz tras el paso de una estrella por las cercanías de Urano, la posible existencia de anillos planetarios volvió a debatirse. En el caso de Urano ya estaba clara su presencia, pero ¿y en Júpiter? ¿Serían los indicios de la Pioneer la señal de que, en efecto, el mayor de los mundos del Sistema Solar también poseía sus anillos o eran, por el contrario, sólo una variación estadística de la materia que le circundaba?

La década de los setenta del siglo pasado ha sido quizá la más prolífica en cuanto al envío de sondas para el estudio de los planetas que cualquier otra desde los inicios de la era espacial. Desde Mercurio hasta Saturno, en un espacio de ocho años cinco planetas fueron observados, fotografiados y analizados por las cámaras e instrumentos para un total de casi una docena de misiones. Júpiter recibió en 1979 la visita de dos sondas gemelas, las Voyager 1 y 2, mucho más avanzadas que la Pioneer pese a separarles sólo cinco años desde su lanzamiento. Con ellas definitivamente se pudo comprobar la existencia del anillo del planeta (figura 1).

Había, ciertamente, un anillo, pero era tan tenue que había pasado inadvertido a los ojos de los telescopios terrestres. De hecho, sólo usando técnicas fotográficas especiales pudo la Voyager 2 destacar el menguado

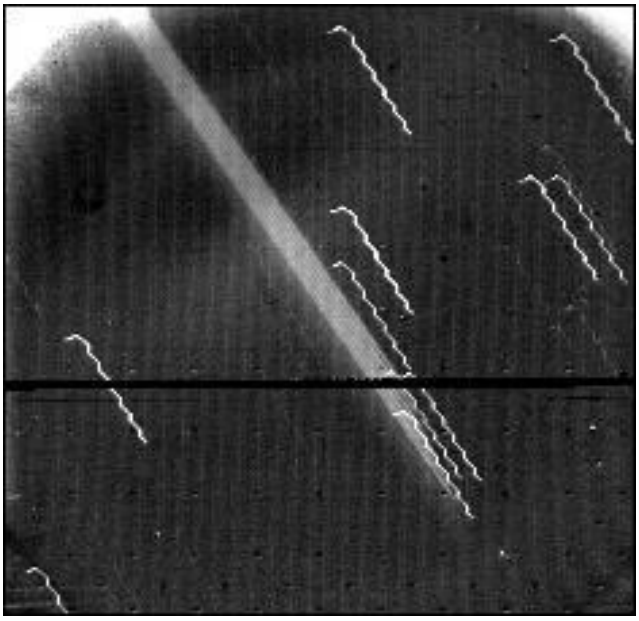

Figura 1: la primera evidencia fotográfica del anillo de Júpiter es esta confusa imagen tomada el 4 de marzo de 1979, con el anillo atravesando el cuerpo oscuro del planeta. La exposición, de algo más de once minutos, revela los trazos de las estrellas mientras la Voyager 2 se movía por el espacio interplanetario. (NASA-JPL)

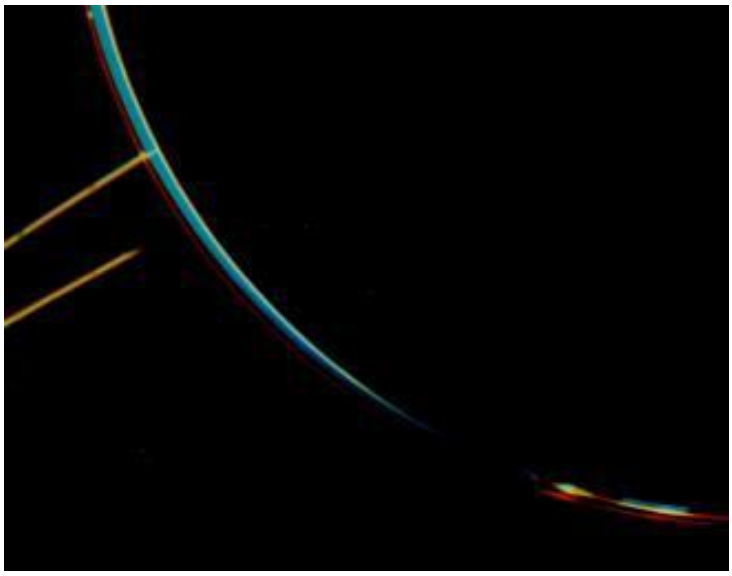

Figura 2: el anillo de Júpiter visto por las cámaras de la Voyager 2, mientras la sonda se encontraba dos grados por debajo del plano del anillo y a casi 1,5 millones de kilómetros del planeta. (NASA-JPL)

brillo del anillo; en condiciones normales, habría permanecido en la oscuridad hasta la llegada de la sonda Galileo, que entró en órbita a finales de 1995.

La Voyager 2 mostró un anillo distinto de los otros dos sistemas conocidos; en Saturno la densidad de anillos y su disposición, siempre dentro de alguno de los cinco principales, era de una enorme extensión y de gran luminosidad; en Urano sucedía lo contrario: finos anillos muy oscuros y apenas distinguibles. En Júpiter, por su parte, nos encontrábamos ante un sistema de anillos peculiar: en realidad, sólo había un anillo, o eso era al menos lo que se pensaba entonces (figura 2).

El anillo estaba formado, no obstante, por tres componentes diferentes. En la parte más externa del sistema se encontraba un *anillo 'brillante'*, el que ha había sido fotografiado por la Voyager, de casi 7.000 kilómetros de longitud. Su límite exterior marcaba el término del anillo con el espacio interplanetario, era relativamente fácil de distinguir, y se localizaba a unos 58.000 kilómetros de la atmósfera joviana. Pese a que una parte del anillo, de cerca de 600 kilómetros de espesor, era más luminosa que el resto (figura 3), el conjunto el anillo no conseguía ni siquiera reflejar el 0,001% de la débil luz solar que le alcanza, por lo cual era apenas perceptible por las cámaras fotográficas.

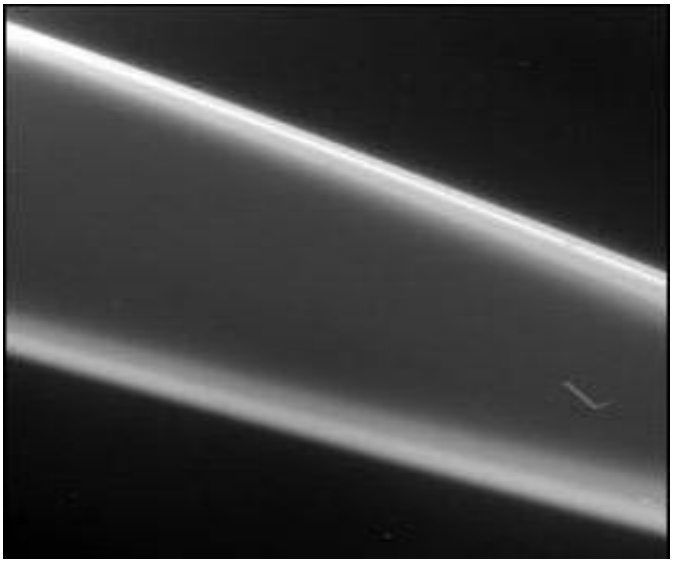

Figura 3: el anillo 'brillante' de Júpiter, en una de las mejores imágenes de la Voyager 2, tomada el 10 de julio de 1979. Se percibe una región más brillante que el resto, casi en la zona central del anillo, así como su atenuación gradual a medida que se acerca a la atmósfera del planeta (parte inferior), y la distribución radial del mismo. (NASA-JPL)

El segundo de los componentes es el *disco*, que ocupa toda la región interna desde el propio anillo hasta prácticamente los límites superiores de la atmósfera joviana. El disco no presenta un borde neto,

ya que pierde gradualmente su densidad a medida que se aproxima al planeta. Su espesor medio no supera en ningún momento los 30 kilómetros.

Por último, el *halo* es una tenue envoltura de polvo que rodea tanto al anillo principal como al disco. De unos 20.000 kilómetros de espesor, las partículas que lo forman son posiblemente las más pequeñas de todo el conjunto.

Era curioso que el anillo principal estuviese confinado entre la posición de los satélites Metis y Adrastea; sin embargo, la implicación de este hecho sólo se sabría con seguridad mucho más tarde

Las partículas que formaban el anillo principal eran, según la conclusión a la que se llegaba tras estudiar la forma en que el anillo difundía la luz solar, de unos pocos micrómetros de diámetro (es decir, del orden de milésimas de milímetro). Asimismo, parecían ser oscuras y rojizas, típicas de ciertos asteroides y lunas del Sistema Solar más lejano. Esto tendría una importancia capital para conocer su trascendencia en el mantenimiento del anillo, pero era algo que sólo se confirmaría más de quince años después.

Éstos eran los conocimientos derivados de la visita de las sondas Voyager en Júpiter a finales de los años setenta y principios de los ochenta. Debido a la extrema debilidad del anillo, absolutamente invisibles desde la Tierra con los telescopios convencionales, hubo que esperar a la puesta en marcha de una sonda que viajara directamente hacia Júpiter y entrara en órbita en torno al planeta. Lanzada en 1989, la Galileo alcanzó su objetivo en diciembre de 1995; sus detalladas observaciones cambiaron la idea que se tenía del sistema de Júpiter, tanto por lo que respecta al propio planeta y sus lunas como por las nuevas evidencias que aportó para dilucidar la estructura y el origen verdadero del anillo del mayor mundo de nuestro Sistema Solar.

Por primera vez fue posible obtener una panorámica global del planeta con su anillo (la Voyager consiguió tomas parciales) (figura 4), la visión directa del halo de polvo que lo rodea (figura 5) y, sobretodo, los detalles del anillo principal con una resolución sin precedentes.

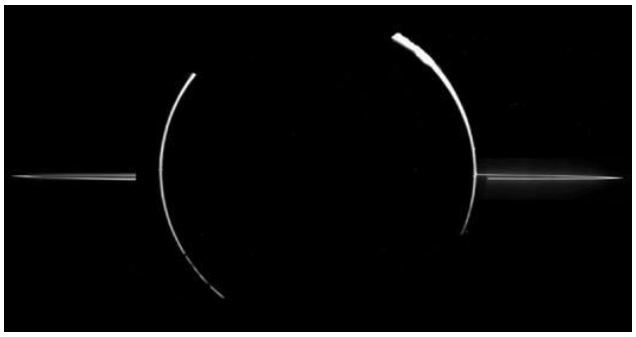

Figura 4: silueta de Júpiter con el sistema de anillos en torno suyo. El Sol se encuentra oculto por el disco del planeta, y gracias a la luz difusa es posible apreciar tan bien el contorno de los anillos. La fotografía fue tomada en 1997 por la sonda espacial Galileo. (JPL)

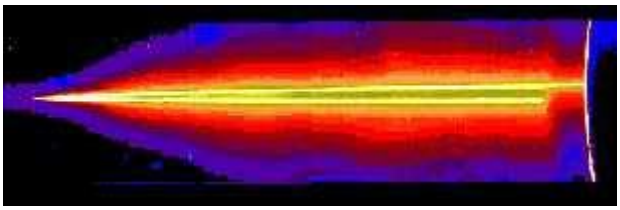

Figura 5: el extenso halo de polvo que rodea el sistema de anillos de Júpiter, en una fotografía en colores falsos tomada por la Galileo en 1997. (JPL)

La Galileo nos reveló que el anillo principal de Júpiter no era un solo anillo extenso, sino una amalgama de distintos anillos menores dispuestos radialmente (figura 6), al igual

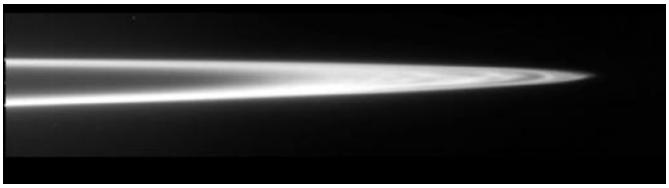

Figura 6: la elevada resolución de las cámaras fotográficas de la Galileo ha permitido descifrar la estructura del anillo principal de Júpiter, el cual se nos ha revelado como un continuo fluir de anillos desde el límite externo hasta la frontera interna. Esta estructura es similar, aunque a menor escala, a la de Saturno. (JPL)

que sucedió durante el encuentro de las Voyager con Saturno, las cuales enseñaron que el los anillos más sustanciales estaban formados por miles de otros minúsculos ani-

llos. Este descubrimiento, motivado por las imágenes de detalle del anillo, han permitido delimitar el panorama del sistema de anillos joviano con algunas de sus características básicas (tabla 1).

En 1979 ya hubo quien aventuró que Metis y Adrastea, los dos satélites que orbitaban muy cerca del anillo principal, jugaban un papel vital en la aportación de material al anillo. Según ellos, dado que las

Anillos de Júpiter				
Nombre	**Límites (km)**		**Espesor (km)**	**Notas**
	Interior	**Exterior**		
Halo	89,400	123,000	~ 10,000	
Anillo Principal	123,000	128,940	≤ 100	Metis y Adrastea orbitan cerca del límite exterior.
Anillo Amaltea	128,940	181,350	2600	Componente interno del Anillo Gossamer, lindando con la órbita de Amaltea.
Anillo Tebe	128,940	221,900	8800	Componente externo del Anillo Gossamer, lindando con la órbita de Tebe.
Extensión Tebe	221,900	280,000	8800	Extensión muy tenue del Anillo Tebe.

Tabla 1: algunas características físicas del sistema de anillos de Júpiter.

Estos nuevos estudios han mostrado un sistema de anillos más complejo de lo que se sabía por las Voyager; ahora, además del anillo principal y del halo, hay dos anillos más externos. Globalmente, el sistema joviano de anillos se reparte de la siguiente manera: un halo interno, próximo a Júpiter y muy difuso; un anillo interno y principal, cuyos centinelas son las diminutas lunas Adrastea y Metis; el anillo *Gossamer* (telaraña, debido a su escaso brillo), interno, que disfruta del control gravitatorio de Amaltea, satélite de relativamente grandes dimensiones; y el anillo Gossamer externo, confinado gracias a Tebe, otra pequeña luna cercana a Júpiter. Resulta bastante notable encontrar cuatro satélites situados exactamente en la región de Júpiter donde hallamos anillos; esto es de por sí un claro indicio de que hay alguna relación entre unos y otros. Lo mismo sucede en el caso de Saturno, como veremos en un próximo artículo, de modo que la pregunta inmediata que necesitamos hacernos es ¿de qué manera los satélites influyen en la existencia de los anillos?

partículas que formaban el anillo eran polvo de roca (y no material puro helado, como en Saturno) constituidas por minerales ricos en carbono, y las superficies de Metis y Adrastea presentaban una baja reflectividad, algo muy habitual en superficies compuestas por minerales carbonáceos, entonces era lógico concluir que las partículas que formaban los anillos de Júpiter tenían su origen en estas dos pequeñas lunas. Posiblemente, debido al intenso campo gravitatorio de Júpiter, un gran número de meteoritos está siendo continuamente atraído hacia las proximidades del planeta; algunos de ellos impactarán contra Metis y Adrastea, con lo cual expulsarán materia de estas lunas que se añadirán al anillo principal. El tiempo de vida medio de una partícula en el anillo joviano es, en la escala astronómica, muy breve; del orden de 250.000 años. Las interacciones con la radiación a la que están sujetas estas partículas determina seguramente que describan una trayectoria en espiral hasta alcanzar la atmósfera superior del planeta. El hecho de que el límite interno del anillo de

Júpiter sea difuso es, tal vez, un indicio de que este planteamiento es el correcto.

Pero esto era una hipótesis, nada más. Las Voyager, que pasaron de largo ante la mirada de Júpiter, no permitieron esclarecer realmente el origen de las partículas del anillo joviano; fue la sonda Galileo quien aportó las evidencias definitivas al respecto. En una serie de datos e imágenes extraordinarios los científicos han podido establecer, prácticamente sin ningún género de dudas, que el material del que está constituido el anillo Gossamer proviene tanto de Amaltea como de Tebe. Del mismo modo, y tal como se sospechaba, Adrastea y Metis son las encargadas de nutrir al anillo principal. El proceso por el cual esto es posible es aproximadamente el siguiente: al tener próximo un planeta tan gigantesco, que posee una enorme atracción gravitatoria, los meteoritos que viajan desde el cinturón de asteroides y de los límites externos del Sistema Solar impactan contra las pequeñas lunas de Júpiter a una gran velocidad, levantando polvo de su superficie. A mayor velocidad, mayor cantidad de polvo levantado, y la mayor velocidad se consigue impactando cuerpos más pequeños, que son precisamente los más numerosos. El polvo que así se eleva es inmediatamente depositado de nuevo sobre la superficie de la luna si ésta es grande; pero Metis y Adrastea, así como Tebe y, en menor medida Amaltea, son lunas pequeñas, insignificantes (por ejemplo, Adrastea tiene tan sólo ocho kilómetros de diámetro, es decir, cuatrocientas veces menor que la Luna), y en sus superficies la fuerza de la gravedad es muy débil. La consecuencia es que si sufren un impacto meteorítico, el polvo que se alza sobre la superficie se escapará irremediablemente, perdiéndose en el espacio vacío durante breve tiempo. Sin embargo, Júpiter tiene un estupendo campo gravitatorio, que atrapa a casi cualquier partícula que se le aproxima, así que todo lo que abandone las superficies de estas pequeñas lunas tiene muchas posibilidades de acabar formando parte del anillo de Júpiter, ya sea en el anillo Gossamer si las partículas provienen de Amaltea o de Tebe, o en el anillo principal si proceden de Metis y Adrastea.

Hay también quien ha propuesto un mecanismo alternativo, según el cual el material que forma los anillos de Júpiter se remonta hasta Ío. Debido a la naturaleza volcánica de esta luna, muy similar a la nuestra en cuanto a tamaño, el material expulsado por los penachos volcánicos escapa de su superficie y atraviesan el espacio hacia Júpiter; en el camino, impactan con las lunas Adrastea y Metis, y los residuos resultantes de ese impacto constituyen la materia que alimentará el anillo o parte de él. Esta es otra posibilidad acerca del origen de las partículas que forman los anillos jovianos, pero incluso podría hablarse de una cierta complementación entre una y otra: el material que impacta en las lunas menores e internas de Júpiter procede de meteoritos externos y, también de Ío, el cual levantan polvo y pequeñas partículas rocosas de las superficies de esas lunas que son transferidas al sistema de anillos de Júpiter. De modo que es factible suponer un origen variado y heterogéneo para la composición de las partículas que forman los anillos jovianos.

Por lo tanto es el polvo de los satélites y las partículas procedentes de la emisión volcánica de Ío los que suministran continuamente el material que permite la existencia del anillo de Júpiter. En el caso de que cesaran la actividad en Ío o que penetrasen un número menor de proyectiles meteoríticos, es muy posible que el anillo perdiera intensidad en un plazo de algunos centenares de miles

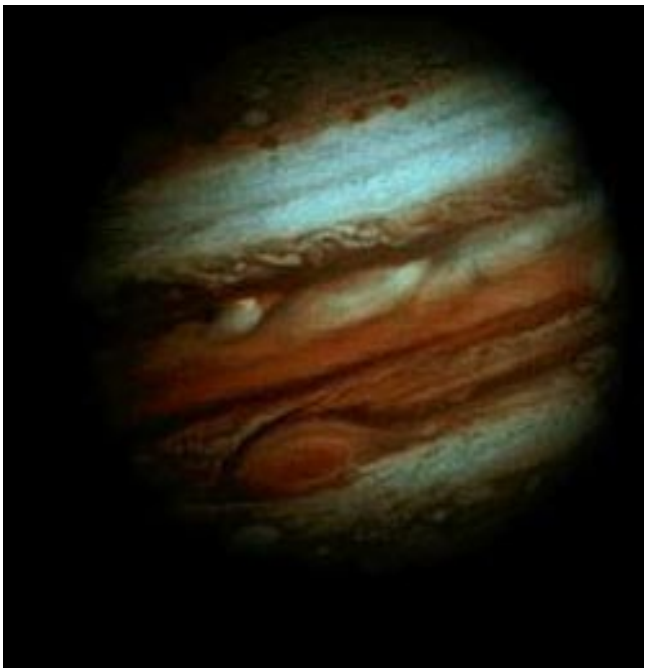

Figura 7: Júpiter, a través de las cámaras de la Voyager desde una distancia de casi 40 millones de kilómetros. El planeta más grande del sistema solar posee, no obstante, posiblemente el sistema de anillos más exiguo de todos, sólo visible en condiciones muy concretas de iluminación. (NASA-JPL)

de años, hasta incluso llegar a desaparecer parcialmente. Casos así los tenemos en Neptuno, como veremos próximamente. Pero si el anillo de Júpiter puede llegar a desaparecer, también es admisible pensar en otras épocas del pasado, o del futuro, en las que una mayor actividad volcánica de Ío o un aporte de material más intenso por parte de las lunas internas puede haber otorgado al anillo una configuración más espectacular que la que vemos hoy. Tal vez, hace unos cuantos millones de años Júpiter poseía un sistema de anillos tan antológicos como los de Saturno; la masa total calculada para en anillo actual de Júpiter es la correspondiente a un cuerpo de tan sólo unas decenas de metros de diámetro. Resulta fácil suponer que en algún momento del pasado, con Ío arrojando enormes cantidades de materiales sólidos, el anillo joviano pudiera ser tan esplendoroso que el existente hoy no sea más que un triste recuerdo de la magnificencia de antaño.

Puede que Júpiter haya poseído en el pasado un sistema de anillos de considerables dimensiones gracias a la aportación de Ío y de los numerosos meteoritos que, atraídos por la gravedad del gigantesco mundo, han impactado a lo largo de los eones en las frías y oscuras superficies de lunas apenas visibles. Es totalmente natural que un mundo como Júpiter, el mayor planeta del Sistema Solar (figura 7), disponga de un sistema de anillos denso y espectacular, pero la cuestión es que hoy en día, sin embargo, no los posee. Resulta extraño que esto sea así, y aún es más extraño si pensamos que Saturno, otro gigante gaseoso situado al doble de distancia del Sol que Júpiter, sí los tiene. ¿Cuál es el motivo de ello? ¿Por qué Saturno, que en principio es menos prometedor que Júpiter dado que es menos masivo (por tanto, con menor gravedad) y carece de lunas activas como Ío, dispone a su alrededor de un sistema de anillos que es la envidia de todos los demás planetas del Sistema Solar? ¿Por qué Saturno se engalana en maravillosos y fascinantes anillos de hielo y, en cambio, Júpiter no tiene más que un par de ridículas alianzas en comparación? La respuesta del por qué de este singular enigma planetario la sabremos en un próximo artículo.

- Bibliografía y enlaces:

- **Explicado el origen de los anillos de Júpiter**, J. Sánchez Portero, **UNIVERSO**, nº 43, noviembre de 1998, págs. 14-15.

- **Los anillos de Júpiter, polvo de cometas y asteroides**, Redacción, **Tribuna de Astronomía**, nº 156, noviembre de 1998, págs. 10-11.

- **La revolución de los anillos**, G. Castilla, **Astronomía**, nº 41, noviembre de 2002, págs. 42-43.

http://ringmaster.arc.nasa.gov/jupiter/

http://www.inaoep.mx/~rincon/anillos.html

http://www.inaoep.mx/~rincon/anijup.html

www.windows.ucar.edu/tour/link=/jupiter/rings.sp.html