



La exploración de los anillos de Saturno desde Galileo hasta la era espacial

M.^a ASUNCION CATALA POCH

*Departamento de Física de la Tierra y del Cosmo
de la Universidad de Barcelona.
Agrupación Astronáutica Española.*

INTRODUCCION

LA Astronáutica ha abierto una nueva era en el estudio del Sistema Solar al enviar sondas a los planetas, satélites y cometas que han permitido estudiar estos cuerpos de cerca y sin la barrera de la atmósfera terrestre.

Se han lanzado sondas destinadas a estudiar los planetas interiores (Mercurio y Venus) y sondas destinadas a estudiar los planetas exteriores (Marte, Júpiter, Saturno, ...). De todas ellas quizás las que han obtenido resultados más espectaculares han sido las sondas Voyager 1 y 2, cuyos principales objetivos fueron Júpiter y Saturno, aunque también visitan Urano y visitarán Neptuno.



Fotografía de los anillos de Saturno conseguida por la superposición de tres imágenes obtenidas con filtros ultravioleta, azul claro y verde.

La Voyager 1 fue lanzada el 5 de septiembre de 1977. Llegó a Júpiter el 5 de marzo de 1979 y a Saturno el 12 de noviembre de 1980, sobrevolándolos. La Voyager 2 se lanzó el 20 de agosto de 1977, se aproximó a Júpiter el 9 de julio de 1979, a Saturno el 25 de agosto de 1981 y a Urano el 24 de enero de 1986; sobrevolará Neptuno en agosto de 1989.

Dichas sondas se trasladan en el espacio a velocidades superiores a los 50.000 km/h con un peso de unos 825 kg de los cuales 100 corresponden a instrumentos. Para asegurar las comunicaciones con Tierra llevan una antena parabólica de 4 m de diámetro y para el suministro eléctrico, tres generadores termoelectrónicos que transforman en energía eléctrica la energía calorífica

procedente de la desintegración de isótopos radiactivos. Entre otros instrumentos, cada uno de ellos adecuado para una misión determinada, llevan dos cámaras de TV, una de las cuales permite obtener imágenes de gran resolución y la otra cubrir un extenso campo. Precisamente con dichas cámaras se obtuvieron las imágenes tan impresionantes de los anillos de Saturno a los que vamos a dedicar el presente artículo.

BOSQUEJO HISTORICO

Saturno es un planeta conocido desde la más remota antigüedad, objeto de especial estudio desde que Galileo lo observó con un telescopio por primera vez en la historia de la Astronomía en el año 1610.

Galileo creyó en un principio que se trataba de un astro triple. Pero, como que el aspecto de Saturno es cambiante, no sabiendo explicar el por qué de este fenómeno perdió interés por el planeta observándolo sólo ocasionalmente. Aunque a partir de 1610 varios observadores examinaron Saturno de vez en cuando con sus telescopios, su apariencia fue objeto más de curiosidad que de interés científico hasta 1642 en que se empezó a investigar sobre la sucesión y periodicidad de su forma y así encontramos entre los astrónomos que estudiaron Saturno nombres tan notables como Gassendi (1592-1655), Hevelius (1611-1687), Wren (1632-1723) y Huygens (1629-1695) el cual lo observó en 1655 con un telescopio de 3.6 m. un ocular simple y 50 aumentos, publicando en 1659 su teoría del anillo en su obra "Systema Saturnium".

En 1664 el constructor de telescopios romano Campani (1635-1715) observó que la región exterior del anillo era menos brillante que la interior y en 1675 Cassini (1625-1712), utilizando los telescopios de Campani, descubrió la banda oscura que separa las porciones más brillantes y más oscuras del anillo que hoy conocemos con el nombre de **División de Cassini**, estableciendo, por tanto, que el planeta tenía dos anillos, **anillo A** y **anillo B**, en forma de discos sólidos girando alrededor del mismo. Esta idea no prevaleció demasiado tiempo, y a finales del siglo XVII se generalizó la de que los anillos estaban constituidos por innumerables pequeños satélites que giraban alrededor del planeta.

Herschel (1738-1822) empezó el estudio de Saturno en 1774, observando al principio sólo la División de Cassini; pero, más adelante, con telescopios construidos por él mis-

DIMENSIONES DE LOS ANILLOS DE SATURNO			
Dimensiones de los anillos de Saturno			
	ANCHO RADIAL EN KMS.	DISTANCIA AL CENTRO EN R _S	OBSERVADOR
Anillo D (borde interior) ..		1,11	Guerin-Voyager
Anillo C (borde interior) ..		1,23	Bond
División de Maxwell	253	1,45	
Anillo B (borde interior) ..		1,52	Galileo
Anillo B (borde exterior) ..		1,95	
Separación de Huygens ..	430	1,95	Voyager
División de Cassini	4.540	1,99	Cassini
Anillo A (borde interior) ..		2,02	
División de Encke	328	2,21	Encke
Separación de Keeler	31	2,26	Voyager
Anillo A (borde exterior) ..		2,27	
Anillo F		2,33	Pioneer
Anillo G		2,8	Pioneer-Voyager
Anillo E (borde interior) ..		3	Feibelman-Voyager
Anillo E (borde exterior) ..		8	Voyager

Nota: 1 R_S = 60.330 kms.

mo, cada vez más potentes, intuyó otras divisiones aunque las consideró improbables de acuerdo con los conocimientos de la época.

En una Memoria escrita en 1787 y publicada dos años después, Laplace estudió la estabilidad de los anillos de Saturno llegando a la conclusión de que la División de Cassini podía no ser única y que el sistema de anillos debía de estar constituido por un gran número de anillos sólidos, muy ténues, concéntricos, de distintas densidades y tamaños, teoría que encaminó la atención de los observadores a buscar posibles divisiones en el sistema de anillos.

En 1825 Kater (1777-1835) vio tres divisiones en el anillo A, siendo la del medio más ancha que las otras dos, observación que no pudo ser confirmada por ninguno de sus colegas. Sin embargo, en 1837 Encke (1791-1865), director del Observatorio de Berlín, observó una franja oscura en el anillo que identificó con la mayor de las divisiones de Kater. La existencia de esta franja, conocida ahora con el nombre de **División de Encke** fue verificada por otros autores aunque no es siempre visible desde la Tierra ni con los telescopios más potentes.

A raíz de este descubrimiento los observadores creían ver en los anillos de Saturno accidentes en número cada vez mayor. De tal manera que, uno de ellos, Warren de la Rue (1815-1889), un gran observador y

un pionero de la fotografía astronómica, dibujó el planeta Saturno con un gran número de anillos y divisiones, dibujo que recuerda las fotografías obtenidas por las sondas espaciales que han visitado el planeta.

En 1856 Clerk Maxwell (1831-1879) hizo una detenida crítica de las posibilidades de que el anillo de Saturno fuera sólido o fuera fluido llegando a la conclusión de que los anillos estaban constituidos por innumerables partículas sólidas separadas, o dicho de otra forma, de satélites muy pequeños circulando alrededor de la zona ecuatorial del planeta. Esta hipótesis fue confirmada en 1895 y de forma definitiva por los resultados espectroscópicos obtenidos por Keeler (1857-1900). Si cada anillo estaba formado de una sola pieza rígida, al girar, la parte exterior debía tener una velocidad lineal mayor que la de la parte interior, mientras que si los anillos estaban constituidos de satélites sueltos, su velocidad, según la 3.^a ley de Kepler, debía ser tanto menor cuanto más lejanos se hallasen del planeta. En efecto, las rayas del espectro procedentes del borde interior estaban más desplazadas que las procedentes del borde exterior y por consiguiente delataban una mayor velocidad con respecto a la Tierra.

Aceptada la naturaleza de los anillos de Saturno y establecida la existencia de tres anillos principales, A.

B y C, los observadores se ocuparon en el estudio de la transparencia de estos anillos. En el **anillo C**, que había sido descubierto por Bond (1825-1910) en 1851, las diferentes partículas están tan dispersas que es posible distinguir el cuerpo del planeta a través del anillo. También las fotografías tomadas por Barnard en 1911 desde el Observatorio de Monte Wilson mostraron que el planeta puede verse a través del anillo A. En 1917 y 1920 esta transparencia fue probada observando ocultaciones de estrellas por los anillos.

Ya en pleno siglo XX con la aparición de la Astrofísica decayó el interés por la observación visual de Saturno y sus anillos. Por otra parte, la observación visual fue dando paso a la fotográfica, totalmente objetiva. Sin embargo, hemos de señalar una importante excepción: el estudio de los planetas llevado a cabo por Bernard Lyot (1897-1952) en el Observatorio de Pic du Midi, estudio que desembocó en el descubrimiento por Guérin en 1969, desde dicho Observatorio, de un cuarto anillo, el **anillo D**, interior al C, más tenue que los anteriores, extendiéndose hasta casi el cuerpo del planeta y separado del C por una división parecida a la de Cassini.

Pasada una década la sonda Voyager 1 confirmó el descubrimiento de Guérin. Además las Voyager nos revelaron que alrededor de Saturno no hay los cuatro anillos que fuimos descubriendo poco a poco desde la Tierra sino gran cantidad de anillos concéntricos, muy delgados, como había predicho la teoría de Laplace.

Exterior al tradicional sistema de anillos se hallan tres nuevos anillos; el primero, el **anillo F**, inmediatamente exterior al A, tiene una amplitud de 50 km y está situado a unos 4.000 km de aquél, del cual está separado por una división a la que algunos autores llaman la división del Pioneer debido a que fue localizada en 1979 en las primeras imágenes fopolarimétricas enviadas por el Pioneer 11. Un año después el Voyager 1 encontró un anillo cuya sombra se proyectaba sobre el satélite S 11 (identificado hacia poco tiempo por observadores terrestres) así como el débil **anillo G** a una distancia de 2,8 radios del planeta. Más exterior todavía se halla el **anillo E**, muy débil, que sólo se

observa cuando se está muy cerca del límite del sistema. Las observaciones que se llevaron a cabo en 1981 con el Voyager 2, de mucha precisión y buena calidad, demostraron que el material de este anillo se extiende casi hasta la órbita del satélite Rea, a una distancia de 8 radios del planeta. Las partículas que lo forman deben ser de tamaño microscópico porque únicamente se ha podido detectar la luz que difunden.

RESULTADOS

DE LA EXPLORACION ESPACIAL

Veamos finalmente algunas propiedades características de los anillos deducidas de la exploración espacial: El anillo A está constituido por partículas cuyo tamaño oscila entre unos pocos milímetros y algo más de un centímetro. En su borde exterior el período de las partículas del anillo es 6/7 del período del satélite Jano, resonancia orbital que proporciona un mecanismo de intercambio de momento angular entre las partículas del anillo y Jano, consecuencia del cual es que las partículas del anillo no pueden salirse de un cierto límite. Hay otras regiones en el anillo A donde se producen resonancias orbitales, por ejemplo con los satélites S 15 y S 16, pequeños satélites esféricos del anillo F, descubiertos por los Voyager. En ellas se observan perturbaciones en la densidad superficial de partículas del anillo que es, en media, de unos 50 g/cm². Hay dos estrechas separaciones en la parte externa de dicho anillo A que no son debidas a resonancias con satélites exteriores sino seguramente con algún pequeño satélite no descubierto interior a ellas.

El anillo B, separado del A, como hemos visto, por la División de Cassini, es el más grande y el más brillante de los tres anillos clásicos. Gran parte de su opacidad es debida a partículas de tamaño inferior al centímetro. Su densidad superficial se estima en aproximadamente 100 g/cm², es decir, el doble que la del anillo A. El límite exterior del anillo B está prefijado por la transferencia resonante del momento angular al satélite Mimas, el cual lo transfiere a su vez al satélite Tetis. A pesar de que no presenta separaciones o di-

visiones se observa en él una estructura mucho más compleja que la del anillo A, la cual se cree puede ser debida, en parte, a erosiones por impacto de meteoroides. Otro fenómeno que ha sido observado en el anillo B por las naves Voyager 1 y 2 es la presencia de formaciones radiales que se cree pueden estar relacionadas con procesos electromagnéticos; son como distribuciones nubosas de partículas micrométricas que aparecen esporádicamente en la región comprendida entre 1,75 y 1,9 radios del planeta, la mayor parte de las veces en el sector iluminado del anillo.

La División de Cassini contiene cinco amplios anillos difusos separados por estrechas divisiones, una de las cuales, llamada de Huygens, se halla en el borde interior de la de Cassini y contiene un pequeño anillo excéntrico y opaco con un movimiento de precesión regido por el achatamiento de Saturno. Parece ser que tanto esta pequeña división como dicho anillo son debidos a la presencia de pequeños satélites todavía no descubiertos.

El anillo C presenta varias separaciones y varios pequeños anillos excéntricos opacos y las partículas que lo constituyen son de tamaño menor que un centímetro. Las separaciones observadas entre los pequeños anillos son debidas a resonancias con el satélite Mimas.

En anillo E es ancho y difuso, compuesto principalmente por partículas micrométricas cuyo número aumenta cerca de la órbita del satélite Encelado, lo cual hace suponer que este satélite es la fuente del anillo E.

El anillo F contiene también un gran número de partículas micrométricas distribuidas en múltiples y delgados filamentos sobre una región de varios cientos de kilómetros de anchura.

De los anillos D y G se sabe todavía muy poca cosa. Los dos son ópticamente muy débiles para poder ser observados desde la Tierra. Parece ser que en el anillo D hay relativamente pocas partículas micrométricas, mientras que en el G se hallan en gran abundancia. Los datos obtenidos de la observación espacial están todavía bajo estudio y algunos son de difícil interpretación. ■

BIBLIOGRAFIA

Beatty, J. K., O'Leary, B. and Chalkin, A.: 1981, The New Solar System. Cambridge University Press. Cambridge.

Briggs, G. A. and Taylor, F. W.: 1982, The Cambridge Atlas of the Planets. Cambridge University Press. Cambridge.

Gehrels, T. and Matthews, M. S. (Ed.): 1984, Saturn. The University of Arizona Press. Tucson.

Ronan, C.: 1984, Amateur Astronomy. Newnes Books. Middlesex.

Mateu, P.: 1986, Astronáutica 2000. Usos pacíficos del Espacio. Fundación Caixa de Barcelona. Barcelona.