Anillos planetarios (III):Urano

Jesús Salvador Giner

jsginer@gmail.com

El descubrimiento de los anillos de Urano puede entenderse, bien como una cuestión de suerte, de estar observando lo adecuado en el momento justo, o bien como una consecuencia del trabajo científico, del mero hecho de estudiar la naturaleza y el Cosmos, que siempre regala sorpresas fascinantes e inesperadas. De cualquier modo, los de Urano fueron los primeros anillos avistados tras los de Saturno, y generalizaron la idea de que quizá no se trataba de un fenómeno insólito o privativo de un único cuerpo exclusivo, sino un patrón habitual en los grandes planetas gaseosos.

Desde hace bastante tiempo los astrónomos han ido recurriendo a métodos singulares para examinar objetos situados demasiado lejos y con los que la observación convencional no puede reportar detalles: por ejemplo, hay galaxias relativamente próximas que, debido a su gran acumulación de masa, son capaces de desviar la luz procedente de otras u otros cuerpos situados más lejos y detrás suyo. Actúan, pues, como lupas a través de las que es posible observar mucho más allá en el espacio y el tiempo. Otro método, más modesto pero igualmente efectivo, es contemplar los pasos rasantes o las ocultaciones de estrellas por parte de astros más cercanos (como la Luna, planetas, etc.); durante los breves momentos previos y posteriores al enmascaramiento de la estrella es posible deducir, por cómo se comporta su luz, algunas particularidades e informaciones, a veces realmente importantes, del cuerpo más cercano[1].

Y esto era, precisamente, lo que tenían en mente un grupo de astrónomos pertenecientes a la Universidad de Cornell (EE.UU.) a finales de 1976, cuyos miembros principales eran James L. Elliot, Edward W. Dunham, y Douglas J. Mink. Su propósito era aprovechar la rara ocultación de una estrella, llamada SAO 158687 (astro de magnitud 8,8 situado en la constelación de Libra), que tendría lugar el 10 de marzo del año siguiente. Urano era, con anterioridad a la llegada de la sonda *Voyager 2*, un planeta prácticamente desconocido por las dificultades que presentaba su observación (no en vano su disco nunca supera el tamaño angular de 4 segundos de arco, esto es, unas 450 veces menor que el de la Luna...) debida a su enorme distancia a la Tierra. Además, por este motivo realiza una travesía muy lenta por el cielo, y es infrecuente que se acerque mucho a un astro, incluso en un recorrido de todo un año; no obstante, en 1977 y 1978 había previstas hasta cuatro aproximaciones y ocultaciones de otras tantas estrellas; por lo tanto, se trataba de una ocasión muy oportuna para tratar de extraer algún conocimiento pionero de la atmósfera del lejano planeta, el objetivo que seguía realmente el grupo de Cornell.

Sin embargo, había un problema: la atmósfera. Como en toda otra observación astronómica la atmósfera disminuye la capacidad de los instrumentos para captar detalles o, simplemente, recoger más luz y ver más allá. Sobretodo cuando se trata de eventos esporádicos y de breve duración (como una ocultación estelar por un planeta) lo adecuado es elevarse cuanto más mejor, dejando a tus pies el grueso de la atmósfera. De este modo el grupo de Cornell decidió que los idóneo sería poder utilizar el KAO (*Kuiper Airborne Observatory*, u Observatorio Aerotransportado Kuiper), que consistía en un antiguo avión DC-10 cuyo fuselaje había sido remodelado para ubicar en sus entrañas un telescopio de 91 centímetros. Aunque la observación tenía lugar desde

el aire mientras el avión estaba en marcha (lo que ocasionaba vibraciones y temblores), gracias a un sistema de corrección de muy reciente creación se compensaron los movimientos indeseables del aparato y, finalmente, pudo seguirse con éxito la ocultación de SAO 158687.

Figura 1: imagen pictórica de los anillos de Urano, compuestos por pequeños pedazos de hielo y rocas. Los anillos interiores 6, 5 y 4 son visibles, así como a poca distancia el satélite Miranda iluminado por un débil Sol, situado a casi 3.000 millones de kilómetros. (NASA)

La sorpresa, no obstante, llegó unos cuarenta minutos antes de la desaparición del astro tras Urano. Justo en ese momento, los gráficos que mostraban a cada instante la luz procedente de la estrella sufrieron un cambio repentino y indicaron un acusado descenso de su intensidad. La primera reducción fue la más aguda; tras esta le siguieron otras dos, unos cinco minutos más tarde, menos acentuadas, y aún otras dos otros tres minutos después. Tras una media hora, la estrella. Las disminuciones del brillo estelar fueron muy breves (apenas unas décimas de segundo), y casi hubiera podido pensarse que se debían a un error de medición... sin embargo, las dudas desaparecieron por completo al repetirse las mismos descensos de la luz de SAO 158687 en la posición simétrica opuesta, una vez surgió la estrella del cuerpo de Urano.

Esto confirmaba que el planeta hallado por W. Herschel en 1781 también presentaba un sistema de débiles anillos, cinco como mínimo[2]; pese a su tenue apariencia, eran capaces de absorber la luz que les llegaba desde la distancia, y fueron bautizados, en orden creciente de distancia a Urano, con las letras del alfabeto griego *Alfa*, *Beta*, *Gamma*, *Delta* y *Épsilon*. Ocultaciones y aproximaciones posteriores de ese mismo año 1977 y 1978 pusieron de manifiesto que existían otros cuatro anillos más, que apenas absorbieron la luz de las estrellas: tres de ellos se hallaban más próximos a Urano que el anillo Alfa (recibieron los nombres, poco imaginativos, de *6*, *5* y *4*, respectivamente) y el otro estaba entre el Beta y el Gamma[3], y fue llamado *Eta* (figura 1).

Estas ocultaciones en la década de los setenta del siglo pasado sirvieron fundamentalmente para determinar cuántos anillos de Urano rodeaban al planeta, pero las posteriores, ya en los años ochenta, que contaban con una mejora sustancial de las técnicas de medición, se emplearon con el fin de obtener una imagen general del sistema de anillos (posición exacta, estructura y forma, entre otros datos). Los anillos se extienden entre los 41.800 y los 51.000 kilómetros del planeta: los más internos (*6*, *5* y *4*) poseen apenas unos kilómetros de ancho y son, junto al Eta, los menos absorbentes, aunque el 5 acusa una marcada diferencia de transparencia entre sus antípodas; el *Alfa*, que en principio parecía un único anillo de una decena de kilómetros de ancho, resultó ser un anillo doble, con dos componentes distanciadas unos 4 km entre sí; esta pareja de anillos, que absorbía eficazmente la luz estelar, estaba acompañada por el *Beta* a poca separación, algo menos opaco y con dimensiones de unos 15 kilómetros; de igual modo que Alfa, el siguiente anillo, *Eta*, mostraba un par de exiguos componentes individuales, muy transparentes y virtualmente circulares (al contrario

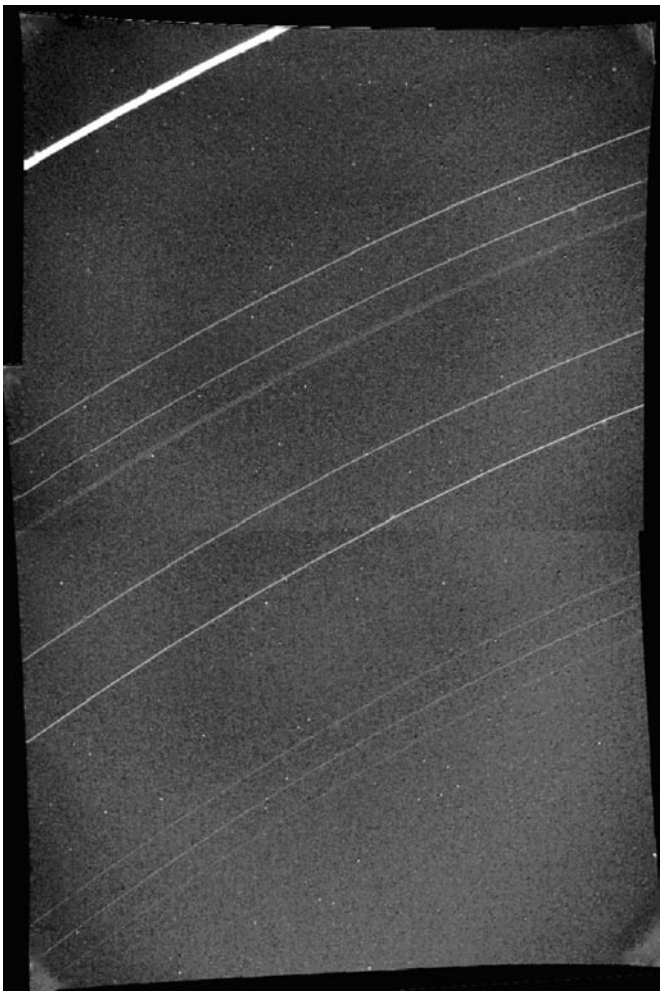


Figura 2 y 3: los anillos de Urano vistos por la Voyager 2 en dos perspectivas diferentes desde una distancia de 2,52 y 1,12 millones de kilómetros, respectivamente. Aparecen los nueve anillos principales (de abajo arriba, los interiores 6, 5 y 4, el par Alfa y Beta, el trío Eta, Gamma y Delta, y el luminoso Épsilon). (NASA-JPL)

que 6, 5 y 4, algo más elípticos); la pareja formada por *Gamma* y *Delta* son similares en características: absorben bien la luz estelar, son de ancho reducido y límites concretos; por último, el anillo *Épsilon* es el más complejo. Como señala Paolo Farinella, "*otra observación del anillo Épsilon reveló su peculiar comportamiento dinámico: el anillo presentaba una excentricidad del 0,8% y una considerable diferencia en el ancho entre la zona más alejada del planeta (unos 100 km) y la más próxima (unos 20 km). Por otra parte, se observó que la totalidad del anillo presentaba un desplazamiento de 1,4 grados al día alrededor de Urano, casi como si fuera un cuerpo rígido, como si la forma del anillo y su estructura interna no presentara ninguna variación*". Además se detectaron dos decenas de pequeñísimos anillos ensartados en el principal, y que parecían mantener toda su presencia a lo largo del mismo.

Entre estos años y la llegada de la sonda Voyager 2 al planeta hubo intentos exitosos de fotografiar los anillos con telescopios radicados en la Tierra. El primero en conseguirlo fue el de 5 metros del Observatorio Palomar (EE.UU.), hacia 1984, utilizando un CCD primitivo; pero aun contando con las prestaciones de este instrumento, los anillos tan sólo aparecían como una débil alianza en torno al planeta, así como en una imagen infrarroja obtenida al año siguiente por un telescopio de 3 metros perteneciente a la NASA y ubicado en el monte Mauna Kea, Hawai (EE.UU.). Por lo tanto fue necesario esperar hasta principios de 1986, cuando la Voyager 2 pasó a toda velocidad por las cercanías de Urano, para obtener fotografías definidas del sistema de anillos (figuras 2 y 3).

La Voyager 2 localizó, además, un par de nuevos anillos que se sumaron a los nueve ya conocidos. El primero de ellos está situado dentro del anillo 6, y en realidad, más que de un anillo puede hablarse de una región difusa de polvo, extensa y débil, que da paso posteriormente al grupo de tres anillos denominados con números. Este anillo o región recibió el nombre de *1986 U2R* (o *Zeta*), mientras que el otro, de naturaleza más convencional aunque rico en polvo y llamado *Lambda*, se ubica entre el anillo Delta y el Épsilon, y apenas resulta visible incluso en las mejores imágenes de la Voyager 2.

Como dijimos en el artículo acerca de los anillos de

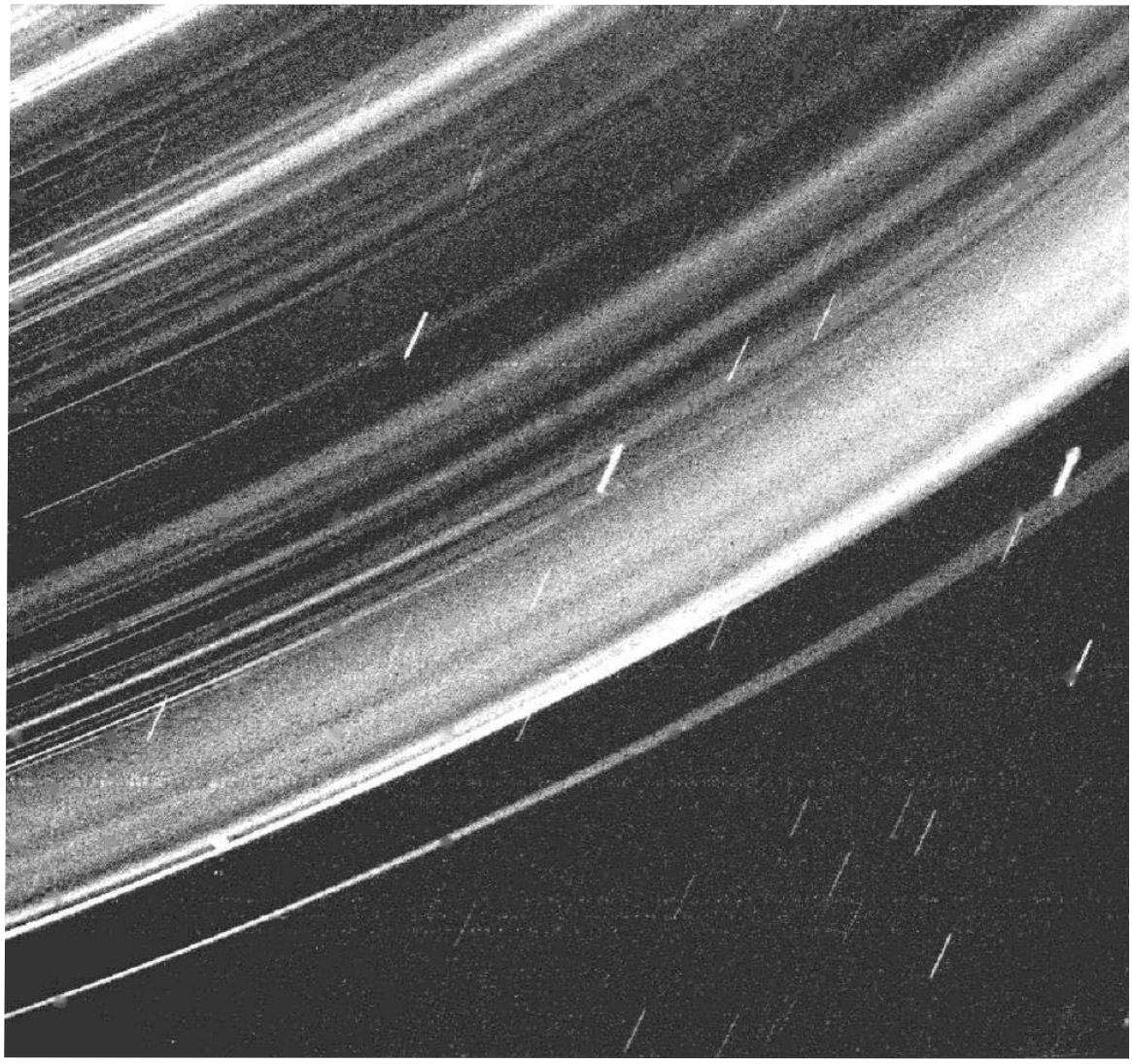


Figura 4: imagen, obtenida mediante la técnica de la 'luz difusa', de los anillos de Urano, a través de las cámaras de la Voyager 2. Aparecen multitud de anillos menores y una extensa y compleja región entre el anillo Delta (que transita justo en el trazo dejado por la estrella brillante del centro de la fotografía) y el Épsilon (el más exterior). (NASA-JPL)

Saturno, una forma de destacar aquellos y obtener imágenes detalladas es situar la sonda o nave espacial dentro de la sombra producida por la luz solar sobre el cuerpo del planeta y enfocar hacia el propio planeta; entonces, si hay cantidades apreciables de polvo que constituyen partículas de dimensiones microscópicas, se realza espectacularmente la fisonomía de los anillos. Se trataba de un método que había brindado muy buenos resultados tanto en el caso de Júpiter (ver artículo correspondiente, figura 4) y Saturno (ver figura 11 del artículo mencionado). Sin embargo, los científicos quedaron defraudados con Urano, puesto que no solamente los anillos no aparecían más evidentes mediante este procedimiento, sino que prácticamente eran invisibles. La única explicación lógica era que los anillos de este planeta son muy pobres en polvo y partículas diminutas y que los constituyen, excepto en el caso citado de 1986 U2R/Zeta y Lambda, partículas básicamente de tamaño macroscópico. La propia Voyager 2 se encargó de demostrarlo enviando hacia la Tierra haces de ondas de radio justo cuando los anillos quedaban entre ella y nuestro planeta; como tenían una longitud de onda de unos 4 y 13 centímetros, si la señal recibida aquí era débil —como así sucedió —, significaba que los anillos la habían amortiguado gracias a contar con partículas de tales dimensiones o similares. No obstante, sí que hubo una única fotografía que logró capturar lo que parece ser una banda de polvo compleja y extensa, y que comprende el anillo Lambda y sus regiones adyacentes. Fue una fotografía extraña, porque reveló anillos no visibles y, en cambio, los principales resultaba bastante más tenues (figura 4). Una cuestión a aclarar es por qué motivo los anillos principales carecen de polvo (si, como se cree, éste se crea constantemente a partir del choque de partículas macroscópicas) y, en cambio, sí está muy presente en los observados mediante la técnica

de la "luz difusa".

Según hemos dicho, los anillos de Urano son bastante oscuros. Su albedo (la capacidad de un cuerpo de reflejar la luz solar) no supera en general el 5-6%. Esto significa que si tuviésemos la posibilidad de observar directamente los anillos (sin alterar los colores reales, como sucede generalmente en las fotografías tomadas por la Voyager 2), serían tan negros como el carbón. Esto también difiere del caso de Saturno; en este último, los anillos son casi hielo puro, pero los de Urano no pueden tener dicha constitución, dadas sus características. Pero, entonces, si no los forma el hielo (componente, por otra parte, predominante en estas regiones frías del Sistema Solar), ¿cuál es su composición? Podría tratarse de rocas o bloques rocosos de entre unos centímetros y varios metros de diámetro; sin embargo, el análisis espectral revela que las partículas del anillo podrían ser en realidad trozos de hielo recubiertos por una película fina de material oscuro, tal vez ricas en polímeros de carbono, que tenderían a opacar el anillo. Si la composición del recubrimiento es efectivamente orgánica, entonces puede que se deba a la acción de las partículas cargadas que el planeta expele desde el núcleo de su magnetosfera, que producirían el oscurecimiento observado[4].

También existen diferencias entre los sistemas anulares de Júpiter y Saturno y el de Urano por lo que respecta a la disposición del conjunto. Si Júpiter posee anillos de polvo débiles y estrechos y Saturno extensos y complejos formados por hielo de alta pureza, Urano muestra anillos muy separados entre ellos pero poco anchos y notablemente oscuros. Sin embargo hay algunas similitudes; por ejemplo, entre el anillo F de Saturno y el Épsilon de Urano, dado que ambos son escasos en anchura, medianamente oscuros y poseen a su alrededor un grupo de *lunas pastoras* que, con su gravedad, confinan los anillos e impiden su disgregación. Si en el caso de Saturno son las pequeñas lunas Pandora y Prometeo las que evitan la dispersión del anillo (figura 5 del artículo citado), para Urano cumplen idéntica función *Cordelia* y *Ofelia*, dos peñascos de unos treinta kilómetros de diámetro (figura 5).

La Voyager 2 permitió, además, especular con la edad de los anillos, que se supuse de unos 100 millones de años (muy aproximadamente, desde luego). Asimismo se pensó —y se sigue pensando en la actualidad— que el origen de los anillos se debe al choque de algún cometa, o tal vez un asteroide de composición singular, que debió impactar con una de las lunas de Urano (hoy, lógicamente, desaparecida). Los restos de aquella hipotética colisión se habrían reunido en torno a Urano formando los anillos.

Acerca del anillo Épsilon hubo algunos conocimientos nuevos que ofreció el paso de la Voyager 2 por el sistema de Urano. Aparte de reflejar dos terceras partes del total de la luz que incide en los anillos, es, como dijimos, el más excéntrico de los mismos; esto significa que su brillo varía a lo largo de su órbita en una proporción de 2,5–3. Tal variación no es producto de la composición o de la inclinación del anillo sino, únicamente, porque en la región más brillante el anillo es más ancho (unos 20 kilómetros en el punto de menor luminosidad, y cerca de 100 en el de mayor). También ha podido determinarse con cierta precisión el espesor del anillo, concretándose en unos 150 metros (figura 6).

El encuentro de la Voyager 2 con Urano marcó una época de descubrimientos y novedades extraordinarias

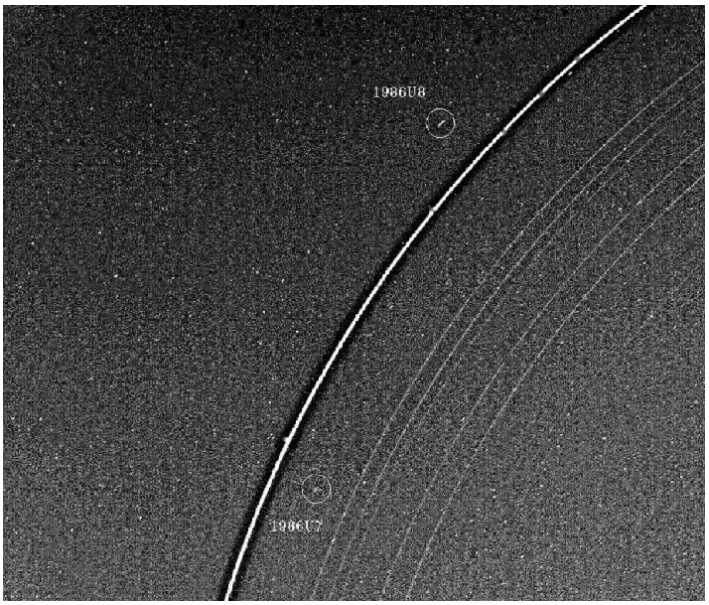


Figura 5: fotografía de los anillos principales de Urano, con el brillante Épsilon cruzando la imagen de norte a sur, acompañado por dos pequeños satélites pastores, rotulados aquí todavía con los nombres provisionales (1986 U7 y 1986 U8), después denominados finalmente Cordelia (el más interno) y Ofelia (los nombres, así como los de los demás satélites de Urano, proceden de obras de William Shakespeare). La imagen la obtuvo la Voyager 2 el 21 de enero de 1986, a más de cuatro millones de kilómetros de Urano. (NASA-JPL)

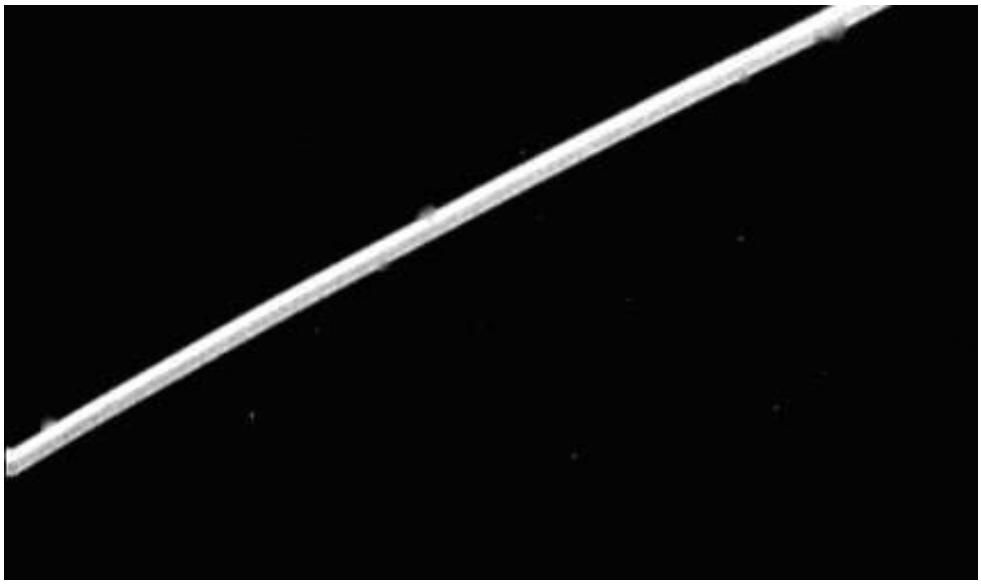


Figura 6: imagen del anillo Épsilon, tomada por la Voyager 2 el 23 de enero de 1986 desde una distancia de 1,12 millones de kilómetros. Con un ancho de unos 100 kilómetros, muestra una estructura variable, con una parte externa más brillante y otra, central, oscura. (NASA-JPL)

acerca de este planeta, como puede suponerse. Sin embargo, gracias a los adelantos tecnológicos, poco a poco fue posible alcanzar, desde la Tierra, un detalle y calidad similar al obtenido por la sonda en 1986. Casi una década más tarde, el *Telescopio Espacial Hubble (HST)* realizó una fantástica fotografía de Urano (figura 7) resolviendo, no sólo el disco y sus satélites, sino además algunas formaciones nubosas en el cuerpo del planeta e, incluso, el sistema de anillos, en una toma sin precedentes y de una definición asombrosa. Eran bien visibles el anillo Épsilon, con su variación de brillo, y por lo menos tres de los anillos interiores.

Unos años más tarde el mismo Hubble se superó a sí mismo; remodelado con nuevos instrumentos, en 2003 halló un par de nuevos anillos en Urano. Uno de ellos (figura 8) posee un semieje mayor casi el doble del que presenta en anillo Épsilon. Han sido bautizados con los nombres de *R/2003U1* (el más interno) y *R/2003U2*[5], y se sitúan de forma tan externa en relación con sus homólogos clásicos que algunos creen que se trata de una especie de segundo sistema de anillos. Por otra parte, el análisis de las lunas internas del planeta evidenció que habían sufrido cambios en sus órbitas, algo muy significativo dado que sólo habían trascurrido quince años desde el paso de la Voyager 2. Esto puede suponer que tanto el sistema de anillos como el de lunas es mucho más dinámico, y por tanto sujeto a cambios notables, en periodos muy cortos de tiempo. El polvo presente en el anillos R/2003U2 puede ser repuesto, según se piensa ahora, gracias a la aportación del satélite *Mab* (junto con otro, muy similar, llamado *Cupido*), hallado precisamente por el Hubble en 2003, y con 20 kilómetros de diámetro. Puede que el impacto de pequeños meteoroides levante polvo de su superficie y que, con el tiempo, acabe formando parte de los anillos[6]. Sin embargo, el segundo anillo descubierto, R/2003U2, no posee en sus proximidades ningún satélite de dimensiones razonablemente grandes como para que le reporte las partículas de polvo. Esto ha hecho pensar que su riqueza en polvo sea producto, según Mark Showalter y Jack Lissauer, del *Centro Espacial Ames*, de la NASA, de que en realidad este anillo no es más que un conjunto de residuos rocosos generados tras la destrucción de un antiguo satélite de Urano. Se trata, no obstante, de una hipótesis que aún debe ser confirmada.

Por lo tanto, y según lo que sabemos ahora, alrededor de Urano giran hasta trece anillos distintos, a saber: 1986U2R, 6, 5 y 4, Alfa, Beta, Eta, Gamma, Delta, Lambda, Épsilon, R/2003U1 y R/2003U2 (Tabla 1, Figura 9). Desde luego, toda nueva observación realizada por mejores o más sofisticados instrumentos puede permitir el hallazgo de otros anillos, bien inmiscuidos en los ya conocidos o bien independientes de ellos, tanto en Urano como en otros gigantes de gas. Lo cierto es que, desde la sonda Voyager 2, los observatorios terrestres han sido capaces de aproximarse a la calidad conseguida por el HST: tan sólo hay que echar un vistazo a lo que ha logrado (figura 10) entre los años 2000-2007 el *Telescopio Keck II*, situado en Hawai (EE.UU.); además de revelar el cambio de posición de los anillos en relación con la Tierra, también ha localizado rasgos atmosféricos, por vez primera en un telescopio ubicado en suelo terrestre.

Mas para el caso de Urano siempre es complicado hacer nuevos descubrimientos: primero por la peculiar oscuridad de los anillos, que dificultan su observación, y segundo, por hallarse el planeta a una distancia tan

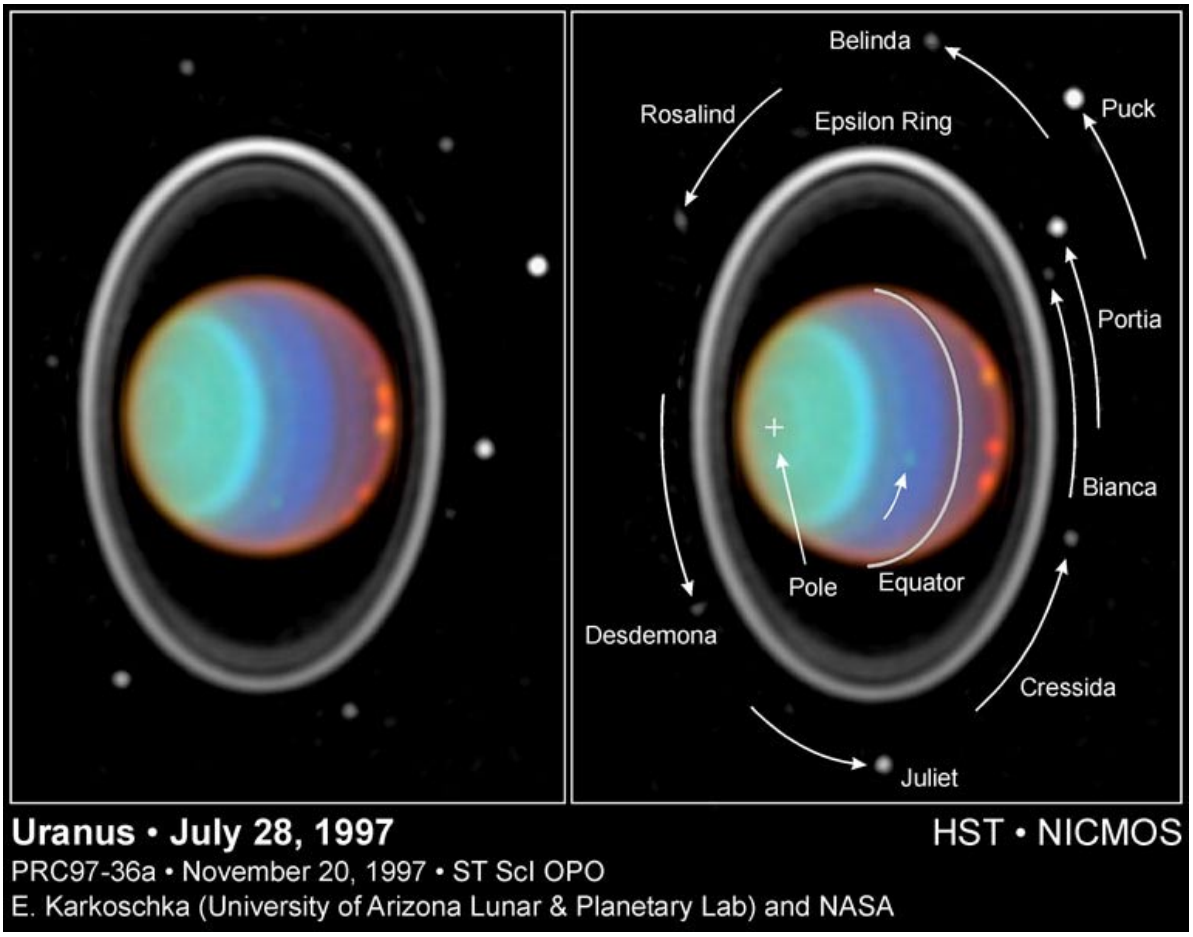


Figura 7: fotografías de Urano obtenidas por el HST en 1997. Aparecen distintas tormentas en el cuerpo del planeta, el sistema de anillos, muy bien definido y numerosas lunas. La resolución es sorprendente, teniendo en cuenta que el Telescopio Hubble estaba a casi 2.700 millones de kilómetros de Urano. La posición de los anillos y el eje de rotación del planeta, que da la impresión de que Urano estuviese acostado, responden a la situación real, ya que Urano gira alrededor del Sol en posición casi horizontal: su eje de rotación presenta una inclinación de 98º con respecto al plano perpendicular de la eclíptica. (E. Karkoschka/ESA-NASA)

grande del Sol. Además, tanto Júpiter como Saturno han recibido, entre la última década del siglo pasado y la presente, la visita de sondas espaciales que, al contrario que la Voyager 2, se han detenido junto a ellos y, tras varias órbitas alrededor suyo, han realizado espectaculares estudios en profundidad de los planetas, lunas y anillos. Por desgracia, no hay previsto para los próximos años un proyecto similar para Urano; y eso que se trata de un mundo notablemente interesante (por atmósfera, por características orbitales [aún no sabemos el por qué de la peculiar inclinación de su eje de rotación], por lunas [Miranda es un puzzle geológico de gran relevancia, y las demás lunas principales son bastante desconocidas aún] y, lógicamente, por sus singulares anillos oscuros, entre otros motivos).

Sólo nos queda, pues, esperar que el avance tecnológico y un cambio de rumbo en algunos de los intereses de la NASA (así como la aportación económica necesaria para ello), permitan la realización a corto plazo de una misión con destino al sistema de Urano. Si las sondas *Galileo* (que orbitó a Júpiter) y *Cassini* (actualmente en torno a Saturno) han revolucionado el conocimiento que tenemos de estos planetas, es de suponer que algo similar sucedería para el séptimo en distancia al Sol. Una visita así a Urano podría determinar, por ejemplo, el origen de los anillos, su estructura definitiva y las posibles fuentes de polvo. Y, como en toda investigación del espacio, propondría más dudas e incógnitas de las que resolvería. Aguardaremos impacientes, por lo tanto, el inicio de tan importante viaje hacia el distante umbral del Sistema Solar...

- Bibliografía y enlaces:

http://es.wikipedia.org/wiki/Anillos_de_Urano

http://www.solarviews.com/span/uranus.htm

http://www.astroenlazador.com/spip.php?article87

http://www.planetary.org/explore/topics/our_solar_system/uranus/rings.html

(Notas al pie)

[1] De esta forma, por ejemplo, pudo confirmarse en 1988 la presencia de una leve atmósfera de nitrógeno en Plutón, el mayor planeta enano del Sistema Solar.

[2] Hace un par de años se barajó la idea de que el propio William Herschel había podido observar, en un tiempo tan remoto como el siglo XVIII, el anillo épsilon de Urano. Sustenta esa hipótesis el hecho de que Herschel afirmó haber observado algo similar a un anillo en Urano en 1797, e incluso, que aportó detalles acerca de su posición y tamaño. No obstante hay muchas dudas al respecto puesto que el

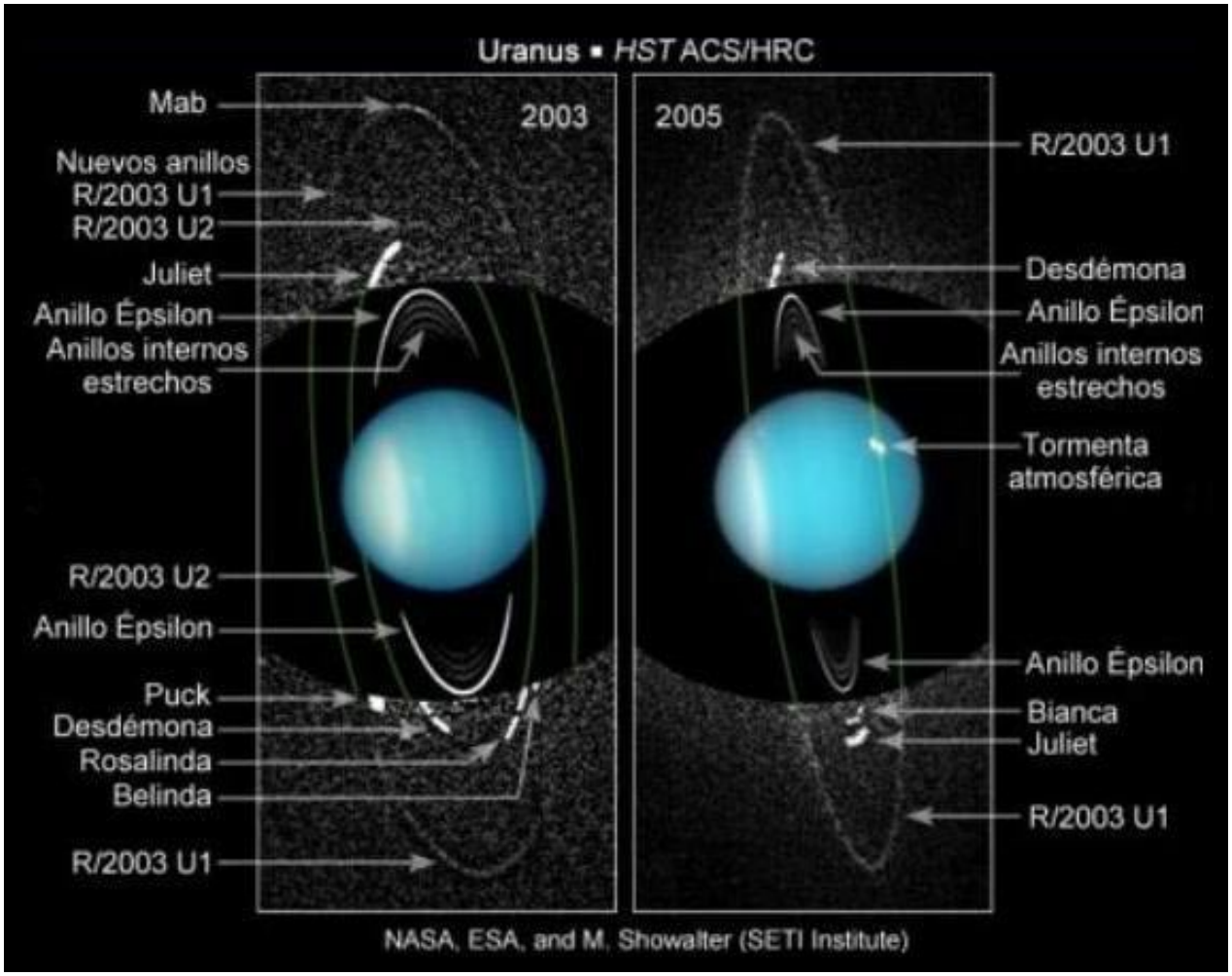


Figura 8: dos nuevas imágenes de Urano realizadas por el HST en 2003 y 2005 que muestran, además del cambio en la posición de los anillos respecto al planeta, la presencia de otros dos anillos desconocidos hasta entonces (aparecen como R/2003U1 y R/2003U2), así como el pequeño satélite Mab. (M. Showalter, ESA-NASA)

Nombre	Distancia*	Ancho	Espesor	Masa	Albedo
Zeta (1986U2R)	38.000 km	2.500 km	0.1 km	?	0.03
6	41.840 km	1-3 km	0.1 km	?	0.03
5	42.230 km	2-3 km	0.1 km	?	0.03
4	42.580 km	2-3 km	0.1 km	?	0.03
Alpha	44.720 km	7-12 km	0.1 km	?	0.03
Beta	45.670 km	7-12 km	0.1 km	?	0.03
Eta	47.190 km	0-2 km	0.1 km	?	0.03
Gamma	47.630 km	1-4 km	0.1 km	?	0.03
Delta	48.290 km	3-9 km	0.1 km	?	0.03
Lambda	50,020 km	1-2 km	0.1 km	?	0.03
Epsilon	51,140 km	20-100 km	< 0.15 km	?	0.03
Nu (R/2003 U2)	67.300 km	3.800 km	?	?	?
Mu (R/2003 U1)	97.700 km	17.000 km	?	?	?

Tabla 1: algunas características de los anillos de Urano. Muchas, como se ve, aún son desconocidas. Pese a que el ancho de los anillos Mu y Nu es muy notable, en realidad se trata de objetos difuminados y poco vistosos. (La distancia está medida desde el centro de Urano al inicio de cada anillo correspondiente)

mismo Herschel no volvió a observar el supuesto anillo y, de hecho, nadie más los detectó en los dos siglos siguientes.

[3] Hubiese sido más sensato, una vez descubiertos los nueve anillos principales, denominarlos nuevamente y dotar de orden al sistema, pero el caos de números y letras mezcladas se ha mantenido hasta hoy...

[4] Las características de las partículas de los anillos de Urano parece similar al núcleo de los cometas y, también, al material presente en uno de los hemisferios de Japeto, un pequeño satélite de Saturno.

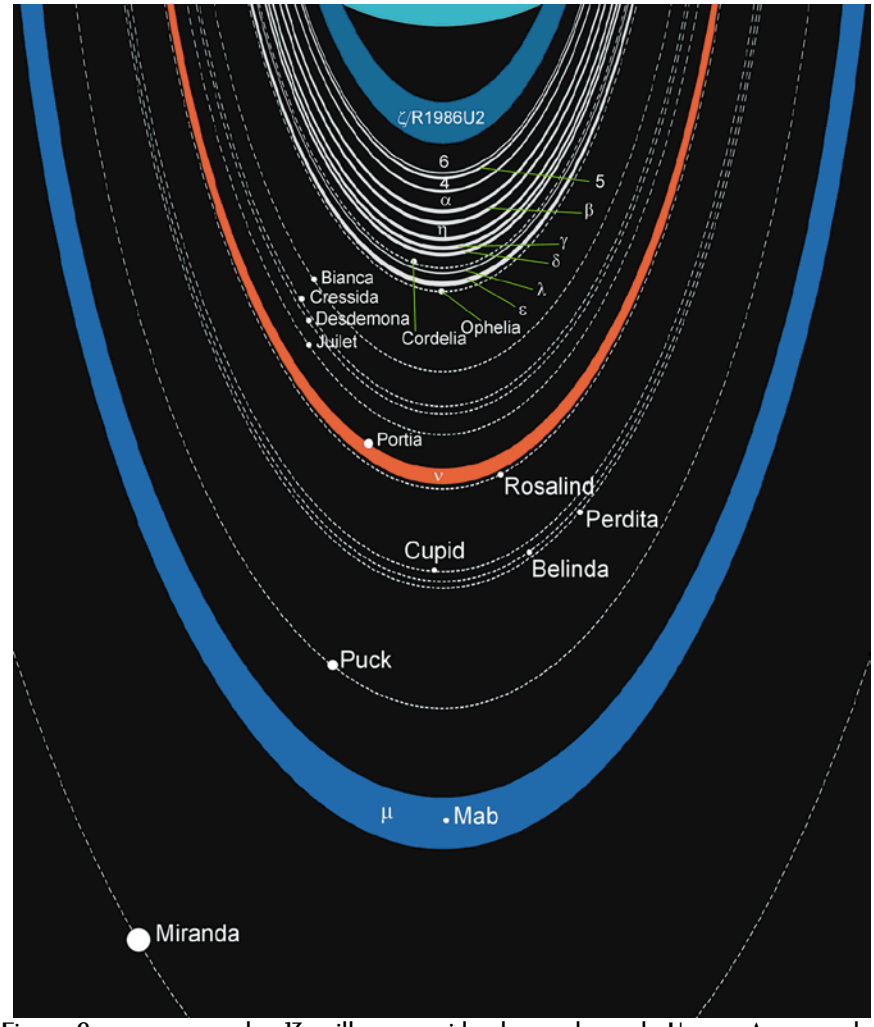
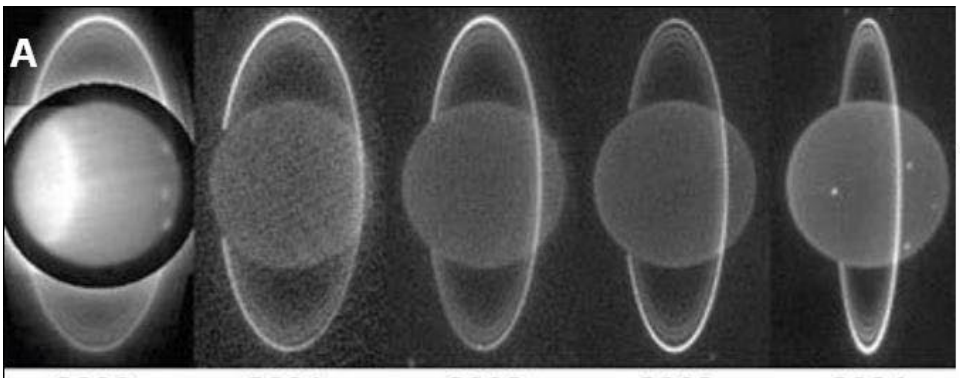
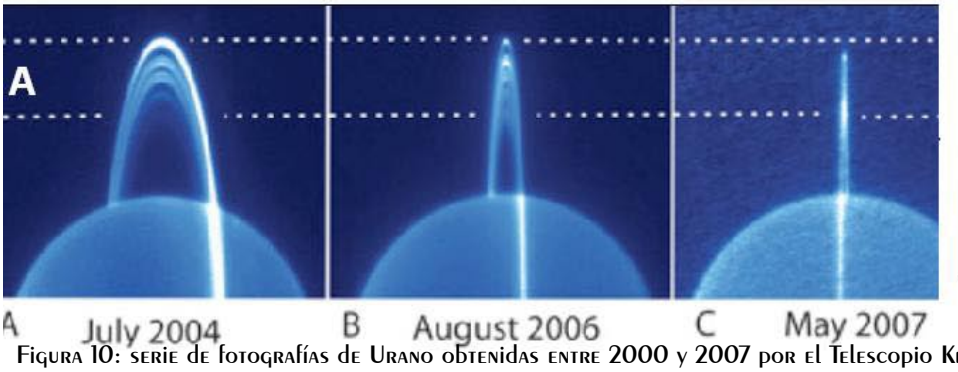


Figura 9: esquema con los 13 anillos conocidos hasta ahora de Urano. Aparecen los internos (Zeta, 6, 5, 4, Alfa, Beta, Eta, Gamma, Delta), así como Lambda y Èpsilon, y los dos nuevos (Mu y Nu), hallados por el HST. Éstos dos últimos, así como Zeta (1986 U2R) son, en realidad, más que anillos, bandas difusas de polvo. (Wikipedia).

[5] Posteriormente han recibido la denominación respectiva de *Mu* y *Nu*.

[6] Recientemente se ha demostrado que la expulsión de partículas de polvo desde la superficie de cuerpos menores es una realidad; fue con ocasión del choque de la sonda *Deep Impact* contra el núcleo del cometa *Tempel 1*, el 4 de julio de 2005. Tras el choque se detectó una gran emisión de polvo y gases que ascendían y perdían en el espacio. Aunque no se trataría del mismo tipo de fenómeno, ni de la misma violencia en el impacto, un proceso similar puede abastecer de polvo a anillos planetarios como los de Urano y los restantes gigantes gaseosos.





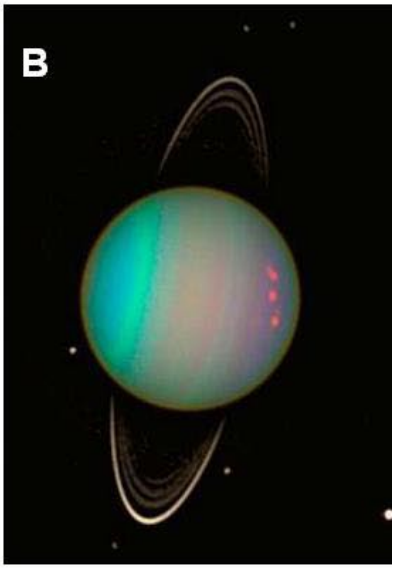


Figura 10: serie de fotografías de Urano obtenidas entre 2000 y 2007 por el Telescopio Keck II (A), que ponen de manifiesto la evolución de las capacidades del instrumento (gracias, entre otras cosas, al sistema de óptica adaptativa) y los cambios en la perspectiva de los anillos vistos desde la Tierra. En las imágenes 2004-2005 se aprecian los anillos con una resolución muy similar a la lograda por el HST en 2003 (B). (ESA-NASA)