

José Fco. Valdés G.*

Desde su descubrimiento casi incidental por William Herschell en 1781 hasta pocos días antes del 24 de enero de 1986, día en que el Viajero 2 tuvo su encuentro con Urano, poca era la información que se tenía acerca de él. Se conocían sus características orbitales, su color aparente, la inclinación extrema de su eje de rotación (82° con respecto al norte solar, mucho mayor que la de cualquier otro planeta), la existencia de 9 anillos alrededor de él (descubiertos en 1977 al observar un ocultamiento estelar) y se habían detectado 5 satélites (Miranda, Ariel, Umbriel, Titania y Oberon) girando más allá de los anillos, dos de ellos descubiertos por el mismo Herschell en 1787 y el último por Kupier en 1948. Sin embargo se ignoraban cuestiones tan elementales como su periodo de rotación o la existencia o no de un campo magnético interno.

NUEVOS ANILLOS, CUASI ANILLOS Y PASTORES

A partir de enero de 1986 nueva información acerca de este Gigante helado empezó a llegar a la tierra. Lo primero que se conoció fue la existencia de 9 pequeños satélites más, girando en órbitas interiores a la de Miranda, dos de los cuales se les denominó satélites "pastores" pues sus órbitas se encuentran en los extremos del anillo "epsilon", el más exterior de ellos. Este hallazgo, similar al descubrimiento hecho en Saturno 6 años antes, confirma las predicciones teóricas de que los "pastores" sirven para confinar gravitacionalmente a las partículas de los anillos a moverse en una franja muy estrecha.

En cuanto a los demás anillos fue observada su estructura interna, la cual como en el caso de Saturno, reveló la existencia de varias componentes en cada uno de ellos. Aún cuando hasta el momento los análisis de los datos muestran que la mayoría de

ellos están compuestos por partículas macroscópicas y muy poco polvo, se sabe solamente que el anillo más exterior (epsilon) cuenta con un 90% de partículas mayores de 1 m de diámetro. Se encontraron también un sinnúmero de "arcos" o anillos parciales, el más grande de los cuales se denominó 1986UIR y ya había sido detectado desde la Tierra, sin embargo se pensó que por no encontrarse a ambos lados del planeta podría deberse a un error experimental.

A diferencia de los anillos de Saturno que son muy brillantes debido a su composición de hielos, los anillos de Urano son oscuros y es probable que estén formados por compuestos de carbón y silicio.

Un resumen de las principales características de los anillos se presenta en la Tabla I.

EL CAMPO MAGNETICO: UNA PREGUNTA RESUELTA Y UN DILEMA

Antes del encuentro con el Viajero los científicos habían especulado sobre las posibilidades de existencia o no de campo magnético en Urano. Esta cuestión se resolvió 10 horas antes del mayor acercamiento entre la sonda espacial y el planeta, al cruzar aquella la onda de choque que se forma al encontrarse el viento solar con el obstáculo que representa la presencia de un campo magnético intenso. En efecto, Urano cuenta con un campo magnético significativo (momento magnético = 4×10^{27} Gauss cm^{-3}) cuya intensidad la ubica entre la Tierra y Saturno (el campo magnético de la Tierra es más intenso que el de Saturno) y por lo tanto existe, como en los demás planetas magnetizados, una región a su alrededor en la cual existe predominantemente material de origen planetario: la magnetósfera.

Extrañamente la región más exterior de la magnetósfera se encontró casi vacía de plasma y en la región interna pudieron identifi-

* Grupo de Física Espacial, Instituto de Geofísica, UNAM.

carse claramente dos poblaciones diferenciadas de plasma: una fría y densa interior a la órbita de Miranda y otra más rarificada y caliente, más allá de este satélite.

Se encontró también un anillo de radiación similar a los Cinturones de Van Allen que existen en la Magnetósfera Terrestre.

El resultado más sorprendente en cuanto al magnetismo de Urano es que el planeta tiene su eje de rotación casi paralelo al plano de la eclíptica y su eje magnético se encuentra a 60 grados de inclinación respecto a este, lo cual representa un problema muy serio si se pretende explicar el origen del magnetismo planetario por la comúnmente aceptada teoría del dinamo (Ver, Godínez, GEOS, 6, 2, 1986). Según esta teoría el eje de rotación y el magnético deben estar muy cercanos el uno al otro.

La existencia de un dipolo muy inclinado respecto a su eje de rotación parece ser determinante en la casi inexistencia de polvo en los anillos de Urano, pues este al obtener carga eléctrica por diversos procesos es alejado de los anillos por fuerzas electromagnéticas.

En cuanto a la polaridad la de Urano es similar a la de Júpiter y Saturno pero opuesta a la de la Tierra, esto es, el polo norte magnético corresponde al hemisferio que da la cara al Sol.

AURORAS ECUATORIALES Y RESPLANDOR ATMOSFERICO

La interacción entre el viento solar y las regiones abiertas de la magnetósfera pueden generar partículas de alta energía dentro de esta, que a su vez se precipitan hacia el planeta y, al chocar con las moléculas de la alta atmósfera generan la radiación característica de las auroras. Las regiones abiertas de la magnetósfera se encuentran cerca de los polos magnéticos. En el caso de Urano estas regiones, debido a la gran inclinación del eje magnético respecto al de rotación, se encuentran cercanas al ecuador y no a los polos como sucede en la Tierra, Júpiter y Saturno. El Viajero 2 a su paso por Urano detectó radiación ultravioleta característica de las auroras en el lado oscuro del planeta. Adicionalmente a esto encontró también en la parte

ionizada de la atmósfera (iososfera) un resplandor mucho más intenso al observado en otros planetas y que requiere de una fuente de energía interna considerable para producirlo pues la cantidad de radiación solar incidente es alrededor de 1000 veces menor que la energía de este resplandor atmosférico, que resulta ser otra de las grandes incógnitas planteadas por la visita del Viajero 2.

METEOROLOGIA URANIANA

A diferencia del colorido Júpiter y del estructurado Saturno la atmósfera de Urano se nos muestra en primera inspección casi totalmente homogénea. Su color aguamarina se debe a la presencia de una pequeña cantidad de gas metano, que absorbe fuertemente la luz roja y por tanto la luz que el planeta refleja es primordialmente verde azulado. Cabe señalar que la abundancia de este gas es menor que una millonésima (10^{-6}) en porcentaje de las componentes de la atmósfera que esta formada primordialmente de Hidrógeno ($\sim 85\%$) y Helio ($\sim 12\%$).

Para encontrar alguna indicación estructural de la atmósfera Uraniana tuvieron que usarse filtros y alto contraste en las imágenes tomadas. De estas se pudieron deducir las velocidades de los vientos zonales los cuales son más rápidos hacia los polos y más lentos en el ecuador. Al comparar estos datos con la determinación de la rotación del planeta hecha por el experimento de radio (17 horas) se observó que los vientos circulan en la misma dirección que el Planeta. De acuerdo con este hecho y debido a la inclinación del eje de rotación del planeta se esperaba que los polos tuvieran una temperatura al menos 4 ó 5 grados mayor que en el ecuador. Sin embargo los resultados obtenidos muestran una temperatura casi uniforme (64°K) a todas latitudes, con excepción de una banda entre 10 y 40° que es alrededor de 2 grados Kelvin más fría. Si esto se debe a algún mecanismo, desconocido aún, para redistribuir la energía solar recibida es una de las cuestiones que permanecen abiertas.

El perfil de temperaturas con la altura también pudo ser estimado hasta una profundidad de unas 1.6 atmósferas, encontrándose un mínimo alrededor de 0.1 atmós-

feras (52°K) por debajo y por encima de este nivel el perfil que se determinó es aproximadamente simétrico (máxima T_v 82°K). Los datos que se tienen a profundidades mayores no han sido aún dados a conocer.

LAS LUNAS MAYORES

La geología de las grandes lunas de Urano y sus distintas topografías fueron quizás la historia más interesante que nos reveló el encuentro del Viajero 2. Desde las superficies llenas de cráteres que muestran poca o nula actividad interna de Oberon hasta las intrincadas formas de Miranda, en donde pudieron encontrarse al menos 10 tipos distintos de terreno, la variedad de características es sorprendente.

Titania, la luna hermana de Oberon y la más grande de la familia muestra algunas evidencias de actividad tectónica en el pasado con un número significativo de cráteres.

Umbriel, que es la más oscura de estas lunas tiene una superficie grisácea y distintivamente sus cráteres no tienen rayos brillantes radiales a su alrededor como en los otros casos.

Ariel es la más brillante de todas las lunas mayores aunque hay grandes variaciones en su reflectividad (del 25 al 45%). Presenta muestras de actividad interna pero sus estructuras no son tan variadas como las de Miranda.

En la Tabla II se muestran las dimensiones y parámetros orbitales de estas 5 lunas Uranianas.

Aún cuando será muy difícil volver a lanzar un satélite hacia Urano en el futuro cercano los datos que esta visita ha arrojado serán suficientes para dar un gran paso adelante en la comprensión de la evolución de los cuerpos de nuestro sistema solar.

TABLA I

Anillos de Urano

Anillo	Radio promedio de de la órbita (km)	Inclinación (grados)	Anchura (km)
6	41880	0.066	menor a 2
5	42280	0.050	menor a 2
4	42610	0.022	menor a 2
α	44760	0.017	5-10
β	45660	0.006	10
	47210	~0	componente angosta <5 componente difusa 55
γ	47630	0.006	menor a 1
δ	48310	0.012	8-10
1986U1R	50640	~0	3
ε	50800	~0	43

T A B L A I I

La Lunas Mayores de Urano

	Año Descubrimiento	Diámetro (km)	Radio Medio de la órbita (miles de km)	Período (hr)	Masa (Luna = 1)
Miranda	1948	480	129.4	24.8	0.003
Ariel	1851	1170	191.0	60.5	0.021
Umbriel	1851	1190	266.0	99.5	0.014
Titania	1787	1590	435.9	208.8	0.080
Oberon	1787	1550	583.5	321.1	0.082

Para el lector interesado

Mayor información sobre Urano puede encontrarse en:

a) Antes del Encuentro del Viajero 2.

- i) The Solar System. Scientific American Books, 1976.
- ii) The New Solar System. J.K. Beatly, B.O'Leary y A. Chaikin, Cambridge University Press, 1981.
- iii) Uranus: On the Eve of the Encounter, K. Croswell, Revista Astronomy 13, 9, 1985.

b) Después del Encuentro:

- i) Uranus: The Voyage Continues. R. Berry, Revista Astronomy, 1986.
- ii) EOS, Boletín de la AGU, 67, 7, 1986.
- iii) Voyager: Discovery at Uranus, R. Berry, Revista Astronomy 14, 5, 1986.
- iv) Número especial de SCIENCE, 233, 4759, 1986.

* * * * *

COMUNICACIONES

En este número no incluimos comunicaciones pues reservamos esta sección a las contribuciones de corta extensión y en esta ocasión todos los trabajos enviados fueron suficientemente extensos como para ser incluidos en la sección de artículos.

CORTAS O LARGAS, ESPERAMOS SEGUIR CONTANDO
CON SUS CONTRIBUCIONES