

# LOS CIELOS DEL SISTEMA SOLAR (II)

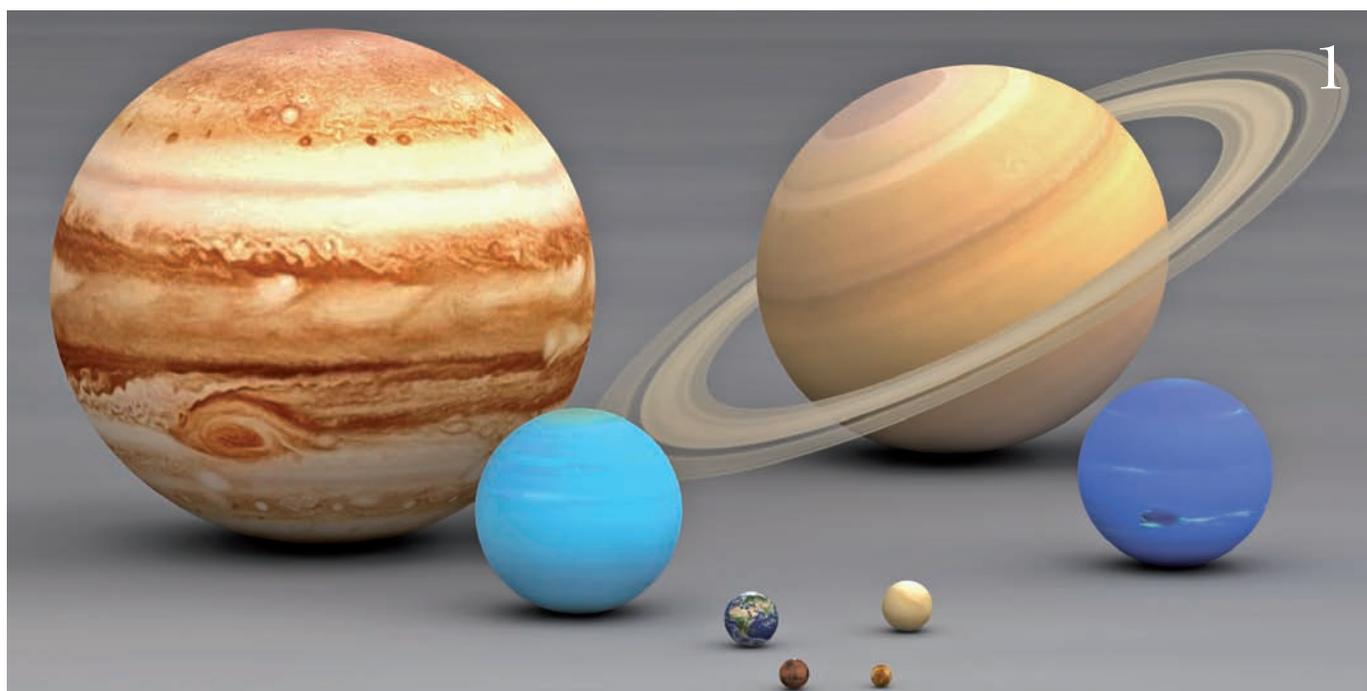
Acabamos la serie empezada el mes pasado con los mundos de los fríos y oscuros confines del Sistema Solar exterior, desde Júpiter a Plutón.

JULIO SOLÍS GARCÍA



Júpiter visto desde la superficie helada de su luna Ganimedes. [Excepto donde se indique lo contrario, todas las imágenes son impresiones artísticas cortesía del autor]

**FIGURA 1** Los planetas del Sistema Solar, a escala de tamaños. De izquierda a derecha y de arriba a abajo; Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno, la Tierra, Venus, Marte y Mercurio. [Cortesía Lsmmpascal]



## JÚPITER

Un poco más de masa y se hubiera convertido en el segundo Sol del Sistema Solar, con su cohorte de satélites helados rebosantes de agua, que hubieran dado lugar a planetas con unas condiciones similares a las de la Tierra, como sería el caso de su luna Europa, de hecho, Júpiter tiene una composición química muy similar a la de las estrellas. El más grande de entre los gigantes, con una órbita que le sitúa a 770 millones de km del Sol, su enorme tamaño de 143 000 km de diámetro permitiría alojar en su seno a más de mil trescientos planetas como la Tierra. Tiene un sistema de anillos, nada comparable a los majestuosos de Saturno, pero que le confieren un detalle de «elegancia» al rey del Sistema Solar, que cuenta además con un número de satélites superior a 65.

A pesar de su enorme tamaño no es un planeta «perezoso», es un mundo muy agitado y dinámico, gira sobre sí mismo en algo menos de 10 horas, lo que le produce un achatamiento por los polos, siendo su radio ecuatorial un 7 % mayor

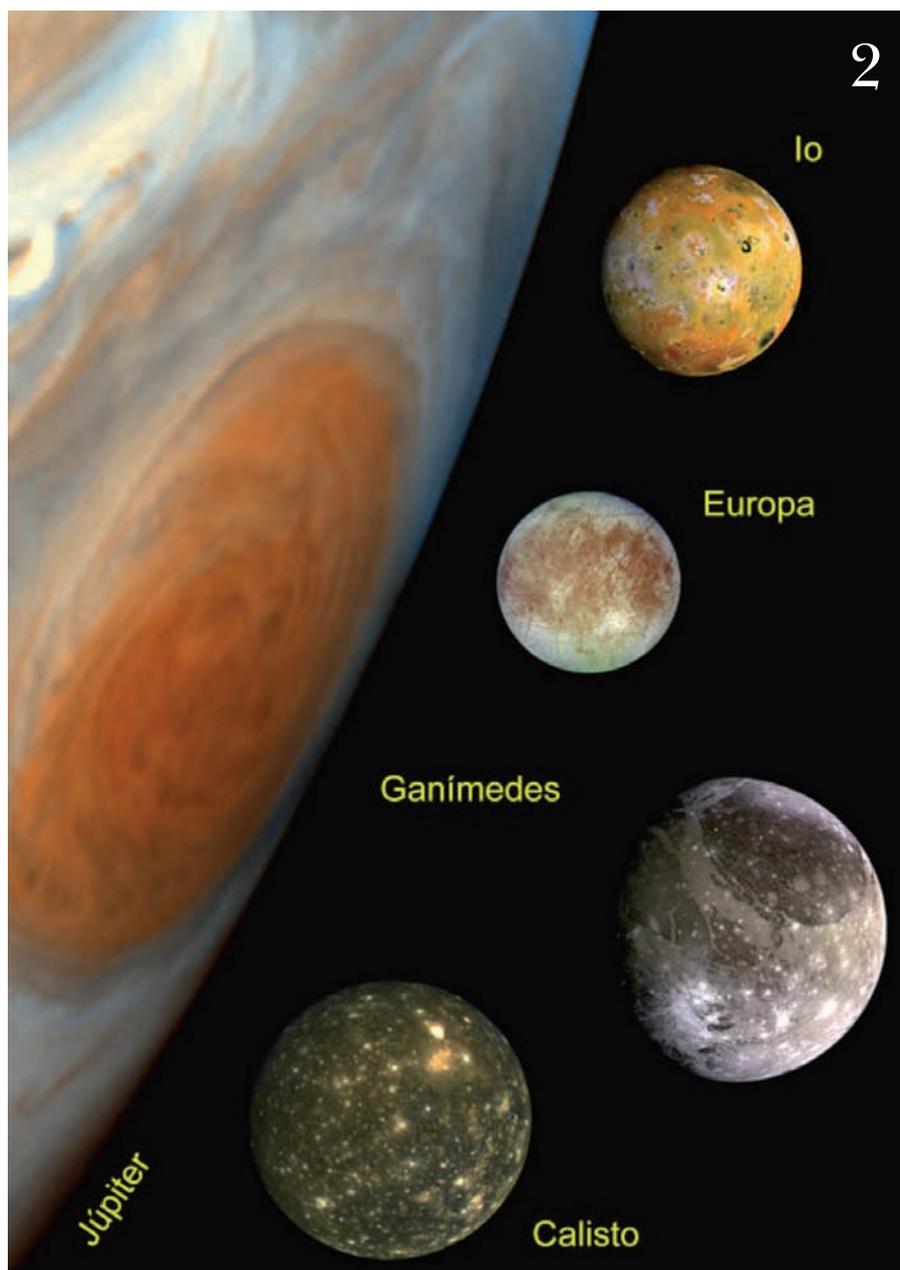
que el polar. Si nos zambulléramos en su atmósfera con la pretensión de posarnos en su superficie, al modo en que lo haríamos en los planetas terrestres (Mercurio, Venus, la Tierra y Marte), nuestro empeño sería vano, pues Júpiter no tiene una superficie sólida diferenciada.

La magnetosfera joviana es la más grande y poderosa de entre todos los planetas del Sistema Solar, con un campo magnético diez veces superior al terrestre y con una extensión de 7 millones de km en dirección al Sol y cientos de millones de km en dirección opuesta (hasta llegar casi a la órbita de Saturno), provocando magníficas y continuas auroras polares. Por debajo de la enorme y densa cubierta nubosa que envuelve al planeta de manera permanente, y que tiene una profundidad estimada de 1000 km, encontraríamos un fluido líquido de hidrógeno y helio, con trazas de carbono, nitrógeno y azufre, sometido a una presión en aumento que alcanza 3 millones de atmósferas a una profundidad de 18 000 km, donde el hidrógeno adquiere propiedades metálicas al transformarse en una mezcla conductora de electricidad, con proto-

nes y electrones sueltos inundando el fluido. La temperatura y la presión siguen aumentando conforme nos acercamos al núcleo sólido y rocoso de Júpiter, compuesto por metales y silicatos, donde se alcanzan unos 30 000° C y millones de atmósferas de presión.

En la atmósfera joviana encontramos sobre todo hidrógeno (> 87 %) y helio (> 12 %), aunque existen compuestos, como los derivados del azufre y del fósforo, en mucha menor proporción, que otorgan el variado colorido de las colosales formaciones nubosas que rodean al planeta. Metano, amoníaco, agua, cianuro de hidrógeno, fosfinas, monóxido de carbono, etano, acetileno, hidrosulfuro de amonio, y otros muchos compuestos que se generan en presencia de la radiación ultravioleta y de los relámpagos y descargas eléctricas en el seno de las nubes de metano.

Nos encontramos con las cimas de las nubes en niveles de presión de 1 hPa, capa nubosa permanente que da lugar, en las profundidades de la densa atmósfera, a una espesa niebla de amoníaco y agua que cubre el pastoso océano global de hidrógeno molecular, sin olas ni mareas y con vientos en calma.



**FIGURA 2** Comparación a escala de Júpiter y sus cuatro satélites mayores, composición a partir de fotografías de la sonda *Galileo*. (NASA/JPL)

Por encima de la capa superior de nubes, la atmósfera presenta un aspecto similar al terrestre, azulado, pero algo más oscuro debido a la menor luminosidad del Sol.

Como resulta difícil identificar algo a lo que pudiera llamarse «superficie» en Júpiter por debajo de su capa de nubes, podemos establecerla en aquel lugar de aspecto mortecino y penumbroso, en casi total oscuridad tan solo rasgada por frecuentes relámpagos, no siendo claramente ni océano ni atmósfera, donde se registran 20 atmósferas de presión y +140° C de

temperatura. A partir de esta referencia arbitraria, en sentido ascendente, tendríamos una troposfera que es donde se desarrollarían los fenómenos meteorológicos, y en su tropopausa (50 km por encima) alcanzaríamos temperaturas por debajo de -170° C y presiones inferiores a 0,1 atmósferas. En la estratosfera, con un espesor superior a los 250 km, la temperatura aumenta hasta -80° C, temperatura que se mantiene más o menos constante en dicha capa. A partir de 10<sup>6</sup> atmósferas entramos en la termosfera donde la temperatura aumen-

ta con la altura hasta alcanzar los 1000° C.

A diferentes niveles de la atmósfera encontramos nubes de distintas coloraciones, las más frías y, por tanto, más altas son rojizas en su cima, tomando un color blanquecino o pardusco por las zonas medias, siendo las nubes más bajas de tonalidad azulada. Existen tres capas de nubes; la más alta contiene nubes de amoníaco cristalino, la intermedia compuesta por nubes de hidrosulfuro amónico, y la inferior caracterizada por nubes compuestas por cristales helados de agua. Por debajo de las nubes más altas tipo «cirros», de amoníaco, deben encontrarse nubes convectivas que podrían dar lugar a chubascos (de amoníaco también).

Júpiter es un planeta que emite más energía de la que recibe del Sol, y por ello la energía liberada a nivel de la baja atmósfera parece ser la mayor causa de la agitación atmosférica; en cambio, la energía proveniente del Sol tiene un efecto menor en la dinámica atmosférica del gigante. El comportamiento de los gases atmosféricos más profundos se asemeja al de un líquido colocado en una cazuela puesta al fuego. El calor emanado de sus entrañas agita los gases generando un incesante movimiento ascendente/descendente, que mantiene al planeta siempre cubierto de nubes, en su mayoría de carácter convectivo.

La configuración nubosa de Júpiter presenta las características bandas paralelas al ecuador, debido sobre todo a su rápida rotación, alternándose en colores claros y oscuros, a las que se denominó desde los tiempos de las primeras observaciones telescópicas «zonas» y «cinturones» (o «bandas»). Las zonas son provocadas por una fuerte ascendencia de gas, y sus nubes son de tipo cumuliforme, de amoníaco y tono claro, alcanzando las mayores alturas y temperaturas muy bajas, con vientos del oeste de hasta 500 km/h. En los cinturones, los movimientos son descendentes, y sus ocres nubes de hidrosulfuro

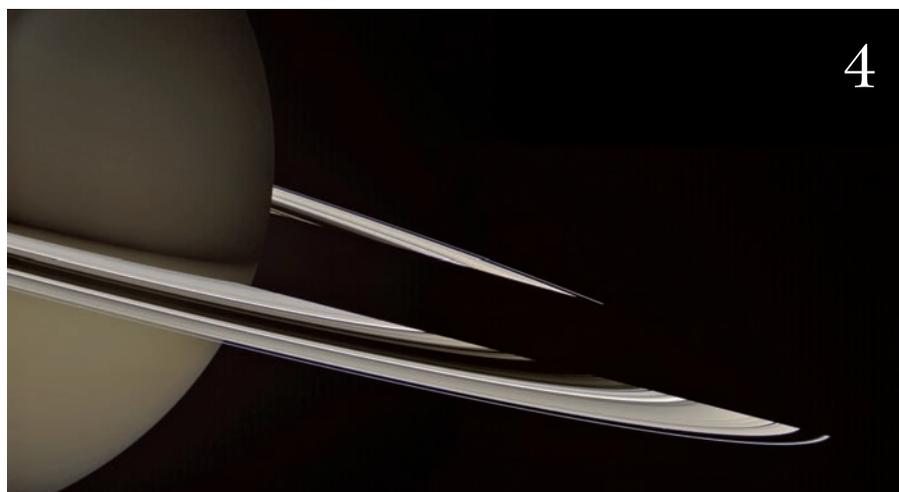
**FIGURA 3** El cielo desde lo alto de la atmósfera de Saturno se vería dominado por sus espectaculares anillos. A la izquierda de estos, Titán. **FIGURA 4** La sombra de Saturno se proyecta sobre sus anillos en esta impresionante toma de la sonda Cassini. (NASA/JPL/SSI)

amónico son más oscuras, menos densas y alcanzan menor desarrollo vertical, con vientos de menor intensidad que en las bandas nubosas adyacentes (zonas), y que en este caso soplarían en dirección contraria (serían vientos del este). A latitudes por encima de los 55°, la disposición nubosa pierde su carácter zonal y se vuelve totalmente desordenada, rompiéndose en irregulares movimientos de torbellino.

Uno de los fenómenos meteorológicos más llamativos es la Gran Mancha Roja (GMR), que es un gigantesco anticiclón (óvalo de 12 000 x 30 000 km) situado en latitudes tropicales del hemisferio sur, que gira sobre sí mismo en unos cinco días, y tiene unos vientos periféricos huracanados de más de 400 km/h. También se observan vórtices que en su mayoría son blanquecinos y de carácter anticiclónico, estimándose que son formaciones de poca profundidad que no superan unos pocos cientos de kilómetros. Las estructuras atmosféricas descritas, bandas, zonas, vórtices, etc... son muy persistentes en el tiempo, dándose el caso por ejemplo de que la GMR se mantiene en su aspecto actual desde hace por lo menos trescientos años.

#### **ÍO, EUROPA, GANÍMEDES Y CALISTO**

Estos cuatro satélites de Júpiter, los mayores, denominados galileanos en honor a su descubridor Galileo Galilei, que pudo observarlos hace cuatrocientos años, no tienen una verdadera atmósfera, pero dado su gran tamaño y sus características físicas y geológicas, merecen unas líneas. Ío se mueve dentro de la magnetosfera del gigante Júpiter,

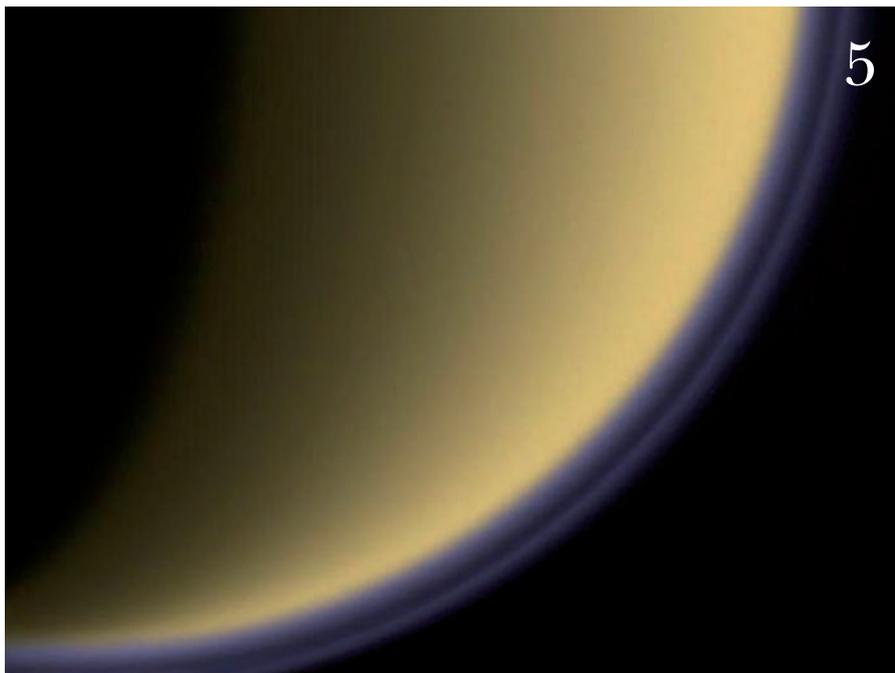


## **Júpiter, con su enorme tamaño de 143 000 km de diámetro permitiría alojar en su seno a más de mil trescientos planetas como la Tierra**

Y está sometido a unas fuerzas de marea tan intensas que le convierten en el astro del Sistema Solar con mayor actividad volcánica y sísmica, con cientos de volcanes activos a causa del intenso calor interno generado. En su superficie, donde no quedan rastros de cráteres de impacto, debido sobre todo a las continuas erupciones volcánicas que dan lugar a numerosos lagos de azufre y a ríos de compuestos de azufre y silicatos, la temperatura superficial media es baja, del orden de -145° C, aunque los materiales expulsados en los volcanes presentan temperaturas de más de +400° C. En Ío no se

han detectado cantidades apreciables de agua, y el dióxido de azufre proveniente de las erupciones volcánicas es el componente principal de su tenue atmósfera.

Europa posee vestigios de oxígeno gaseoso en su superficie, resultado de la descomposición del vapor de agua por la radiación solar, que continuamente se van perdiendo debido a la escasa fuerza gravitatoria, reponiéndose a expensas de la sublimación del hielo superficial. Esta luna tiene una superficie muy lisa, con un océano de agua de más de 100 km de profundidad que la rodea completamente, y que en la superficie se



**FIGURA 5** La neblina atmosférica de Titán, fotografiada desde la sonda espacial Cassini. (NASA/JPL/SSI)

manifiesta como una gran costra de hielo de unos 20 km de espesor, que presenta grandes fracturas debidas a las fuerzas de marea generadas por Júpiter, causantes del calor interno necesario para permitir la existencia del océano de agua lí-

## Entre la niebla anaranjada y espesa en la alta atmósfera, y la lejanía al Sol, la luminosidad en un día cualquiera en Titán puede asemejarse a la crepuscular terrestre

quida bajo la superficie helada. La temperatura en superficie oscila entre los  $-160^{\circ}\text{C}$  en la zona soleada y por debajo de  $-200^{\circ}\text{C}$  en los polos y zonas no expuestas al Sol.

Ganímedes es el mayor satélite del Sistema Solar, dejando pequeño incluso a Mercurio, pero tampoco tiene atmósfera, tan solo una tenue envoltura gaseosa de oxígeno de un origen similar al de su «hermana» Europa, resultado de la incidencia de la radiación solar sobre el hielo superficial. Presenta, en cambio, un paisaje superficial

muy distinto, con cráteres y cordilleras más semejantes a las lunares, aunque parece muy probable también que contenga bajo el manto cantidades importantes de agua líquida. Su temperatura superficial es muy parecida a la de Europa.

Calisto tiene un tamaño casi idéntico al del planeta Mercurio, y también presenta muchísimos cráteres de impacto. No tiene actividad geológica, ni calor interno ocasionado por fuerzas de marea, con temperaturas superficiales de entre  $-190^{\circ}\text{C}$  y  $-120^{\circ}\text{C}$ , según sea zona iluminada u oscura, polar o ecuatorial. Su atmósfera es extremadamente fina, de dióxido de carbono y oxígeno molecular, estimándose que debe tener también unas cantidades importantes de agua en el subsuelo.

### SATURNO

Otro gigante, solamente un poco menor que Júpiter, aunque si contamos su majestuoso sistema de anillos dejaría pequeño al rey de los planetas del Sistema Solar; sistema de anillos compuesto por ocho grupos diferenciados, situados en el plano ecuatorial del planeta, con

un espesor aproximado de apenas unas decenas de metros, y que se extienden desde 6500 km por encima de las nubes hasta casi los 480 000 km. Situado a 1425 millones de km del Sol, tiene unas características únicas, gran achatamiento polar debido a su rápida rotación (de poco más de 10 horas), espectacular sistema de brillantes anillos, formados por trozos de hielo y rocas orbitando al planeta a 50 000 km/h, una densidad tan baja que le haría flotar en un barreño con agua lo suficientemente grande, y más de 60 satélites catalogados, entre los que se encuentra uno de gran tamaño y con una atmósfera importante (Titán).

Saturno está compuesto por hidrógeno (90 %), helio (5 %), y pequeñas cantidades de metano, vapor de agua, amoníaco, etano, propano, fosfinas, monóxido de carbono y acetileno. Tiene un núcleo sólido rodeado por una inmensa capa de hidrógeno líquido metálico, sobre la que se extiende a su vez la atmósfera de hidrógeno y helio, que alcanza unos 30 000 km de espesor, y que presenta una estructura en bandas paralelas al ecuador semejantes a las de Júpiter pero menos marcadas y turbulentas, con velocidades del viento en las cimas de las nubes de hasta 1500 km/h, del oeste, y sin que se aprecien grandes vórtices o remolinos.

El planeta se contrae lentamente generando un calor interno que, al igual que en el caso de Júpiter, es el motor principal de su dinámica atmosférica. Sus nubes, de amoníaco, hidrosulfuro de amonio o agua, dependiendo del nivel de presión, presentan unos colores tono «pastel» amarillento, que quedan semiocultas por una importante capa neblinosa uniforme de cristales de amoníaco, generada en la parte más alta de la atmósfera por fenómenos fotoquímicos. Se repiten los patrones observados en Júpiter respecto a la disposición nubosa en bandas paralelas al ecuador, con zonas (ascendencia) y bandas (subsistencia) debido al

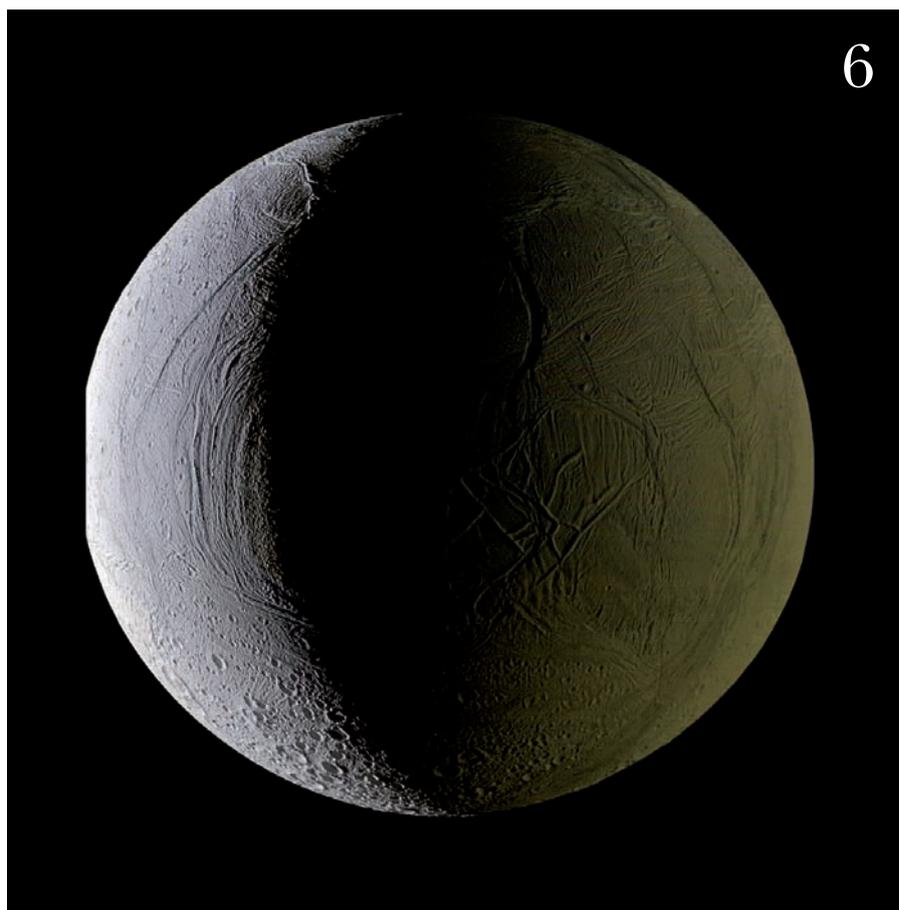
poderoso efecto Coriolis, hasta latitudes de  $\pm 60^\circ$ , dominando los torbellinos irregulares conforme nos acercamos a los polos.

Tampoco encontraremos en Saturno una superficie sólida claramente diferenciada bajo las nubes. Los registros de las últimas sondas ofrecen temperaturas de  $-130^\circ\text{C}$  a unos niveles de presión similares a los de la superficie de la Tierra, disminuyendo a razón de  $0,85^\circ$  por km, en sentido ascendente, hasta alcanzar  $-193^\circ\text{C}$  a niveles de presión de  $0,07$  atmósferas. Por encima del manto de nubes se encuentra una ionosfera de hidrógeno ionizado, y una magnetosfera que aunque es tres veces menor que la de Júpiter supera en mucho a la terrestre, dando lugar a vistosas e intensas auroras polares. También se han encontrado en Saturno estructuras turbulentas a modo de grandes huracanes, fenómenos convectivos de tamaño colosal que atraviesan la bruma superior, sin el tamaño y espectacularidad de la GMR de Júpiter, pero que parecen tener un origen similar, siendo de color blanquecino, y con una vida media de pocos meses.

### TITÁN Y ENCÉLADO

Antes de entrar en materia con Titán, mencionaremos brevemente algunos detalles de Encélado, pequeño satélite helado, que aunque no es el único satélite de Saturno con agua helada en su superficie, sí presenta actividad geológica, debida seguramente al calor generado en su interior como consecuencia de las tensiones gravitatorias con Saturno, y resonancias orbitales con algunos de los satélites próximos como Dione. Dicho calor interno parece provocar fenómenos similares a géiseres de agua, u otros relacionados con el criovulcanismo. Este satélite presenta una temperatura superficial de  $-193^\circ\text{C}$ , y tiene el albedo más alto en el Sistema Solar. Se ha detectado una tenue atmósfera de vapor de agua con pequeñas cantidades de nitrógeno, dióxido de carbono y metano.

Titán es grande, tiene un tamaño



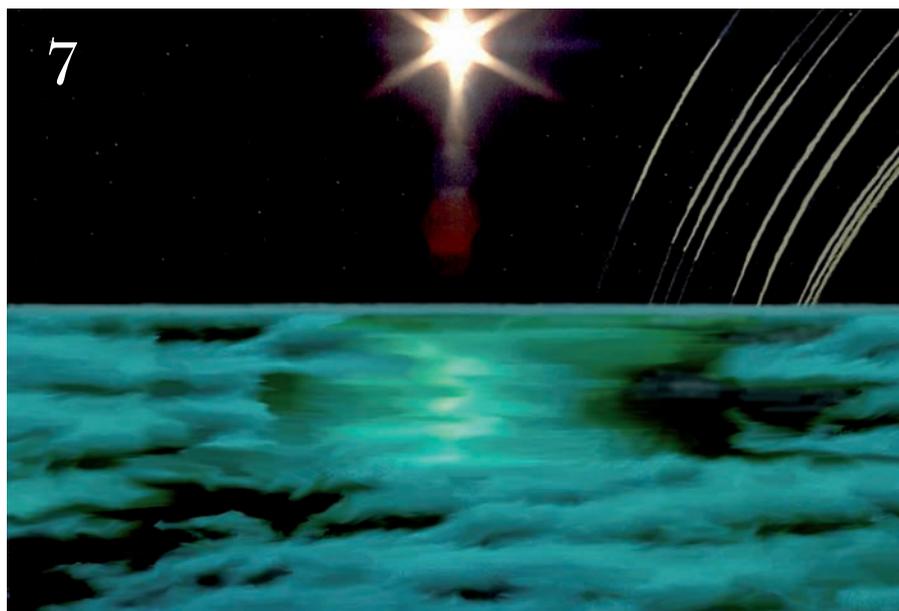
**FIGURA 6** Encélado, iluminado por el Sol y por el reflejo de Saturno, a la derecha. (Composición a partir de imágenes NASA/JPL/SSI)

intermedio entre Marte y Mercurio, y es el mayor de la numerosa cohorte de satélites de Saturno, y sobre todo el único con una atmósfera densa y homologable a la terrestre. El 14 de enero de 2005, la sonda *Huygens* logró posarse en la superficie de este gran satélite, tras separarse de la nave *Cassini*, ofreciendo imágenes y datos de la superficie y de la atmósfera, que nos han permitido conocer mucho mejor las características globales de este apasionante y helado mundo.

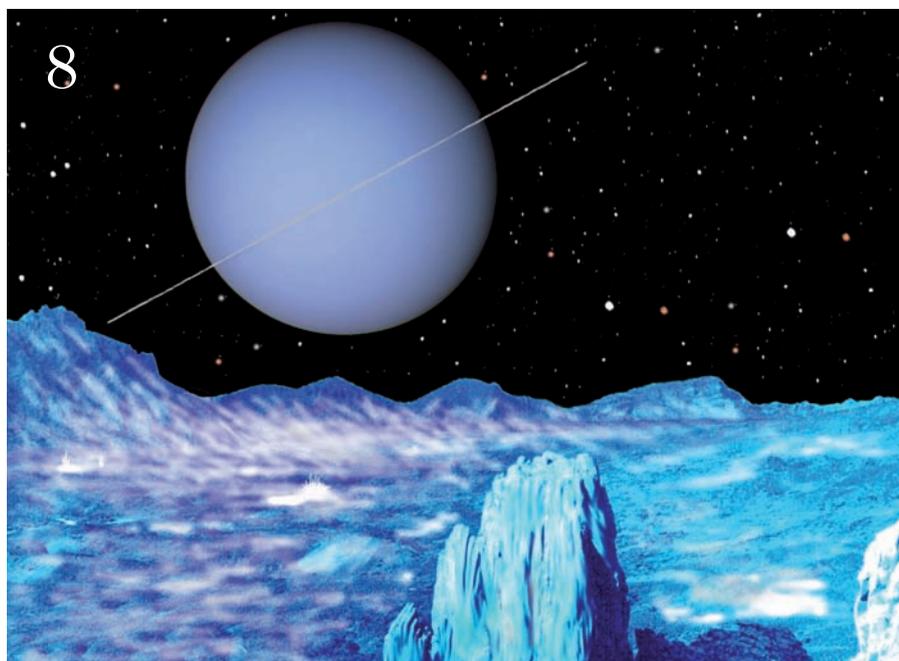
Su atmósfera está compuesta de nitrógeno (94 %) y otros agregados (5 %), mayormente hidrocarburos como el metano, y en menor medida etano, acetileno, metilacetileno, diacetileno, cianoacetileno, propano,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ , cianógeno, cianuro de hidrógeno, helio y compuestos químicos complejos, resultado de la fuerte actividad fotoquímica en la atmósfera superior. Particularmente interesante resulta la presencia de cianuro de

hidrógeno, nitrilo precursor de las purinas, constituyentes de los ácidos nucleicos presentes en las células vivas.

Titán es el único lugar del Sistema Solar, junto con la Tierra, donde se producen precipitaciones que dan lugar a ríos y lagos, aunque aquí los fenómenos meteorológicos no tienen su base en el agua, sino en el metano líquido, que es el componente principal de las nubes tormentosas de gran desarrollo vertical (hasta 35 km) que descargan importantes cantidades de precipitación. También existen nubes tipo cirros en la estratosfera de Titán, a una altitud de entre 50 y 100 km, compuestas por cristales de hidrocarburos. Su temperatura ambiente media es de  $-180^\circ\text{C}$ , con una superficie anaranjada y fría, arcillosa y blanda, con rocas dispersas y bloques de hielo, en la que puede haber actividad volcánica con erupciones de agua mezclada con amoníaco, y vapores bru-



**FIGURA 7** El Sol brilla sobre las verdosas nubes de Urano. A la derecha, su sistema de anillos. **FIGURA 8** Desde la superficie de Titania, Urano aparece con sus anillos de perfil.



daderamente un planeta muy curioso, que tiene también anillos (nada parecidos a los espectaculares de Saturno), magnetosfera y un número importante de satélites (27), aunque ninguno tiene características destacables, y también experimenta un achatamiento por los polos debido a la rápida velocidad de rotación (lo hace en 17 horas), que además es retrógrada. Tarda 84 años en dar una vuelta completa alrededor del Sol, que destaca en su cielo (por encima de las nubes, claro) como una gran estrella brillante, perdida a 3000 millones de km (su luz tarda dos horas y media en llegar) y cuatrocientas veces menos luminoso que visto desde la Tierra; pero lo más llamativo es la gran inclinación de su eje de rotación ( $98^\circ$ ), que le convierte en un planeta que va «rodando» sobre su órbita con sus polos apuntando al Sol alternativamente durante veinte años cada uno, en cada vuelta alrededor del Sol, y tomando el aspecto de una diana visto desde el interior del Sistema Solar con los anillos como si fueran círculos alrededor del disco planetario.

mosos próximos a ríos y lagos, o tras la lluvia, y donde la presión atmosférica registra 1600 hPa. Se han detectado vientos dominantes del oeste, que en superficie tienen velocidades de entre 50 y 100 km/h, llegando hasta 200 km/h en zonas altas de la atmósfera, lo que unido a su rotación capturada, con un periodo de 16 días, pone de manifiesto un fenómeno de superrotación similar al de Venus, régimen dinámico cuyo origen sigue siendo una incógnita en ambos casos. Entre la niebla anaranjada y espesa en la alta atmósfera, y la lejanía al Sol, la luminosidad en un día cualquiera en Titán puede asemejarse a la crepuscular terrestre.

Su baja densidad media ( $< 2 \text{ gr/cm}^3$ ) indica que debe estar compuesto por una mezcla de hielo y roca, con un manto arcilloso, y posiblemente con un océano de agua con amoníaco disuelto y diversos hidrocarburos, a una profundidad de unos 100 km.

#### URANO

Al igual que Júpiter, Saturno y Neptuno, es un planeta gaseoso con un núcleo sólido y sin una superficie sólida diferenciada, con una permanente y densa cubierta nubosa. De aspecto verde azulado uniforme, en cuya superficie es difícil distinguir manchas o formaciones de cualquier tipo, es ver-

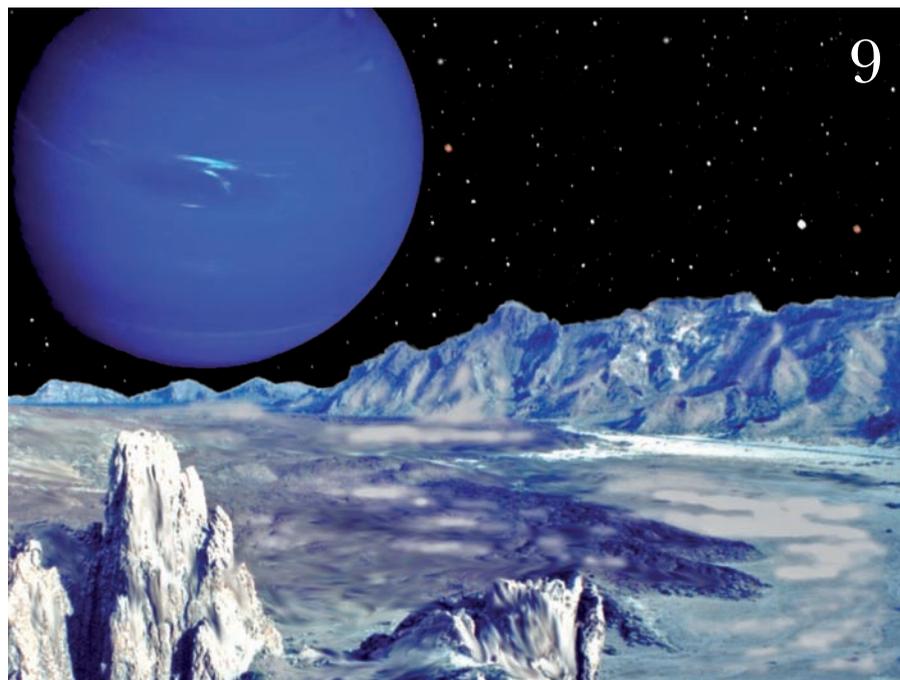
Es el segundo planeta menos denso, después de Saturno, con un núcleo rocoso y un manto de hielos de agua, amoníaco y metano, aunque es importante señalar que este manto «helado» no está compuesto de hielo en sentido convencional, sino que es un fluido sometido a enorme presión, caliente y denso con una conductividad elevada, y se parecería más a un océano espeso. Por encima tiene una atmósfera de hidrógeno molecular (83 %), helio (15 %), metano (2 %), amoníaco (0,01 %) y otros elementos en menor cantidad (etano, acetileno, monóxido de carbono, sulfuro de hidrógeno...) En esta atmósfera, la más fría del Sistema Solar ( $-224^\circ \text{C}$ ) encontramos

varias capas nubosas de cristales de metano en zonas de mayor altitud, y de agua en zonas más bajas, con vientos que pueden llegar hasta los 1000 km/h.

Los instrumentos de la sonda espacial *Voyager 2*, que ha analizado la atmósfera desde las cercanías del planeta, la han escudriñado hasta una profundidad de 300 km por debajo de lo que se ha dado en llamar arbitrariamente «superficie», o sea, el nivel de presión en su atmósfera de 1 bar, donde midió presiones de 100 000 hPa a una temperatura de +50° C. Dicho análisis ha determinado la presencia de una troposfera desde los -300 km hasta los +50 km (tomando como referencia el nivel mencionado de 1 bar), donde la temperatura disminuye con la altitud hasta los -224° C en la tropopausa. No disponemos de datos observacionales a lo largo de un año completo uraniano, pero se da por hecho que existen cambios estacionales apreciables en su troposfera, que es la capa más dinámica de la atmósfera, con presencia de nubes de agua en los niveles inferiores, encontrando nubes de hidrosulfuro amónico, amoníaco y sulfuro de hidrógeno, según se asciende, y nubes de metano llegando a la tropopausa. Por encima tenemos la estratosfera, donde la temperatura aumenta con la altitud hasta valores de +500° C (4000 km por encima de la «superficie»). En las zonas más bajas de la estratosfera se condensa una mezcla de hidrocarburos (metano, acetileno y etano) en forma de niebla o bruma que seguramente es la causante del aspecto liso que se aprecia desde el exterior. La capa más exterior es la termosfera/corona que se extiende hasta los 50 000 km, manteniendo de manera uniforme la temperatura alcanzada en la estratopausa.

## NEPTUNO

Algo más pequeño que Urano pero muy parecido en aspecto y composición, también tiene anillos y un menor número de satéli-



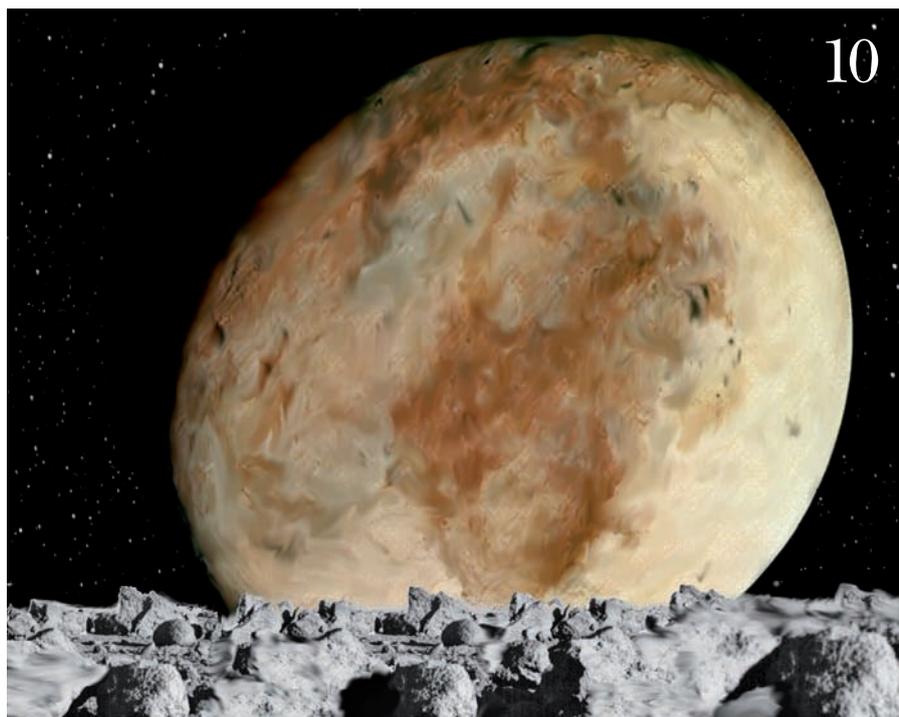
**FIGURA 9** El globo azulado de Neptuno sobre el paisaje congelado de Tritón, su mayor satélite.

tes (13), aunque entre ellos destaca Tritón, algo más pequeño que nuestra Luna, pero mayor que cualquiera de los de Urano. Tarda nada menos que 165 años en recorrer su órbita alrededor del Sol, y 16 horas en rotar sobre sí mismo.

Su estructura interna es similar a la de Urano, con un núcleo sólido rocoso envuelto por una especie de mar de agua y amoníaco, o mejor dicho un fluido de gran conductividad eléctrica sometido a grandes presiones a temperaturas de varios miles de grados, y una atmósfera externa con nubes de hidrógeno, helio y metano. También se ha detectado un campo magnético que al igual que el de Urano está muy inclinado respecto a su eje de rotación.

Como está tan lejos del Sol (4500 millones de km), recibe muy poco calor, por lo que se dan temperaturas en su «superficie» inferiores a los -200° C, a pesar de lo cual el planeta genera calor interno a expensas de una lenta contracción, de manera similar a Júpiter y Saturno, lo que sirve de motor para su dinámica atmosférica, dando lugar a manchas, remolinos y estructuras nubosas muy activas, dispuestas también en bandas paralelas al

ecuador que recuerdan más a los dos planetas gigantes citados que a Urano. Su atmósfera está compuesta por hidrógeno (84 %), helio (12 %), metano (2 %), amoníaco (0,01 %) y cantidades menores de etano y acetileno, mostrando un color azulado más intenso que el de Urano. La disociación del metano atmosférico, causada por la radiación solar, da lugar a una finísima bruma de hidrocarburos en las capas altas. La nave *Voyager 2*, cuando llegó a Neptuno en agosto de 1989, descubrió una gran mancha oscura, similar a la GMR de Júpiter, con un tamaño de 12 000 x 8 000 km, un gigantesco huracán que presenta formaciones nubosas tipo cirros de color blanquecino en sus bordes, donde se producen vientos de hasta 2000 km/h, que le convierten en el planeta con los mayores registros de velocidad de viento. Se catalogaron varios remolinos ovalados más pequeños, con estructura similar, que mostraban las cimas de enormes nubes de carácter convectivo con capas de cirros de metano de color blanco, unos 50 km por encima. Estos cirros son descompuestos, mediante procesos fotoquímicos, en hidrocarburos más pesados que el meta-



**FIGURA 10** Plutón visto desde su gran luna Caronte.

no. Con todo, la atmósfera de Neptuno tiene mayor transparencia que la de Júpiter y Saturno.

#### TRITÓN

Es el satélite más grande, y el único con forma esférica, de Neptuno, y con un tamaño algo más pequeño que el de la Luna. Parece tener su origen, al igual que Plutón, en el Cinturón de Kuiper, que es un disco de varios miles de millones de

ficiales de  $-235^{\circ}\text{C}$ , geológicamente activo, con criovulcanismo que da lugar a géiseres en los casquetes polares que expulsan nieve de nitrógeno. Su estructura interna es la de un núcleo sólido de roca y metales, cubierto por un manto de hielo y una corteza de nitrógeno en estado sólido con presencia de hielo seco ( $\text{CO}_2$ ), agua y metano, sobre la que se ha podido detectar una leve atmósfera de nitrógeno y trazas de metano, con una presión en superficie de 14 microbares. La sonda *Voyager 2* descubrió una fina capa de nubes de hielos de nitrógeno en las cercanías del polo sur, y una niebla de origen fotoquímico compuesta por hidrocarburos, como en Titán, hasta una altitud de 30 km que

le confieren un apagado tono rosa-amarillento, y también puso de manifiesto la existencia de volcanes helados de los que emanaban nitrógeno líquido, polvo y metano, que alcanzaban alturas de hasta 8 km sobre la superficie.

#### PLUTÓN

Terminamos nuestro recorrido, que comenzamos con el cálido Mercurio y el infernal Venus, para terminar en el remoto y gélido

Plutón, en la frontera del Sistema Solar con el frío espacio interestelar (nos quedaría atravesar el Cinturón de Kuiper, y posteriormente la Nube de Oort, que se considera el límite del Sistema Solar, y que es una nube esférica de rocas, hielo, núcleos de cometa y asteroides, situados a un año luz del Sol, a una cuarta parte del camino que nos separa de la estrella más cercana, Próxima Centauri, pero eso escapa a los propósitos de este trabajo). Tiene una órbita muy excéntrica e inclinada, lo que hace que en ocasiones quede más cerca del Sol que Neptuno, alejándose posteriormente hasta los 7 300 millones de km. En el año 2006 se le despojó de su «título» de planeta para pasar a denominarse «planeta enano». Similar a Tritón, el gran satélite de Neptuno, tiene una composición parecida, formando con el mayor de sus satélites, Caronte, un sistema doble que gira alrededor del bari-centro del sistema, situado en algún punto entre los dos astros, girando a su alrededor «mirándose» el uno al otro como si estuvieran hipnotizados, en un periodo de 6 días (rotación capturada).

Plutón tiene una atmósfera extremadamente tenue, compuesta por nitrógeno (90 %), metano (10 %) y algo de monóxido de carbono, cuyo único efecto es la alternancia entre la sublimación y la congelación sobre la superficie, según el planeta se acerca o se aleja del Sol a lo largo de los 248 años que tarda en completar su órbita, variando significativamente el albedo del astro y aclarando o intensificando su tonalidad ocre. Su temperatura superficial oscila entre los  $-215^{\circ}\text{C}$  y los  $-235^{\circ}\text{C}$ . (A)

## Urano tiene el aspecto de una diana visto desde el interior del Sistema Solar, con sus anillos como si fueran círculos alrededor del disco planetario

km de ancho, situado en el borde del Sistema Solar, formado por multitud de cuerpos rocosos helados, algunos de los cuales superan los 1000 km de diámetro. Seguramente fue capturado por Neptuno, adoptando una órbita retrógrada muy inclinada, y que junto con la propia inclinación del eje de rotación, provocan cambios estacionales en su superficie y en su liviana atmósfera.

Es el más frío de todo el Sistema Solar, con temperaturas super-

**Julio Solís García**  
trabaja en la Agencia  
Estatad de Meteorología.



Para contactar: carontesg@yahoo.es.