

**F**UENTE de luz y de vida, el Sol es la estrella que se encuentra más próxima a nosotros. Sin embargo, a pesar de su cercanía, muchas de sus características físicas y el modo cómo éstas influyen sobre el resto de cuerpos del Sistema Solar continúan siendo una incógnita para los científicos. Para intentar resolver alguno de estos enigmas, la sonda europea Ulysses sobrevoló una de las zonas hasta ahora prohibidas, vetadas para la astronáutica moderna: los polos solares.

Desde tiempos inmemoriales, el Sol ha ejercido siempre una enorme in-

# Viaje hacia el sol



MANUEL MONTES PALACIO

fluencia sobre las razas que han poblado y siguen viviendo todavía sobre la faz de la Tierra. Sin su calor y su luz la vida no sería posible, y es por ello que nuestra estrella se ha convertido a lo largo de los siglos en uno los objetos celestes más venerados por la Humanidad.

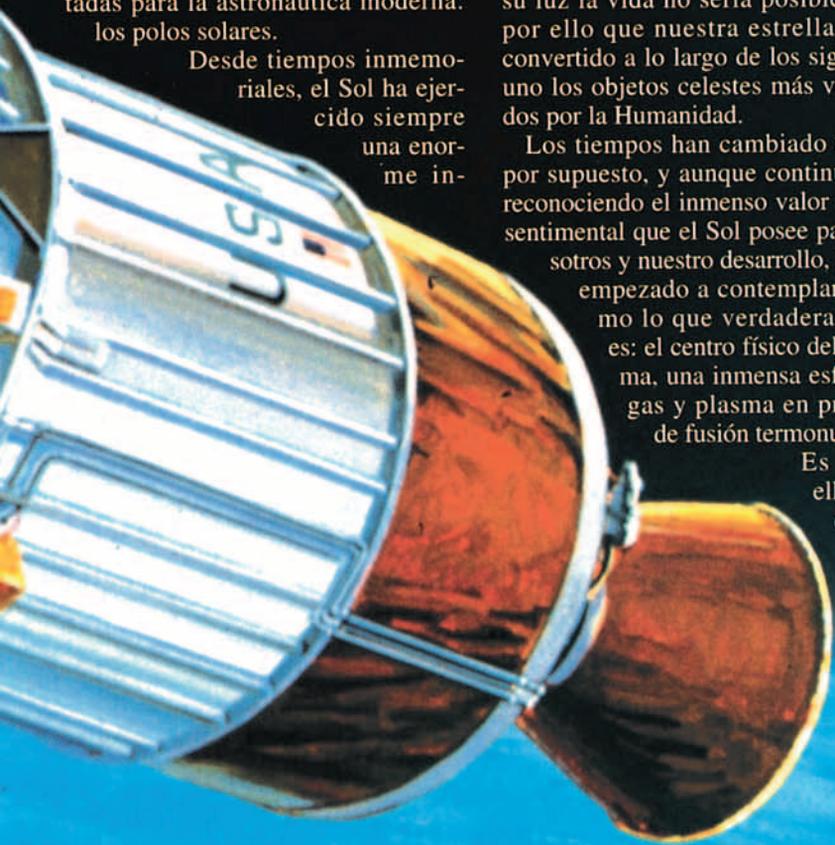
Los tiempos han cambiado ahora, por supuesto, y aunque continuamos reconociendo el inmenso valor vital y sentimental que el Sol posee para nosotros y nuestro desarrollo, hemos empezado a contemplarlo como lo que verdaderamente es: el centro físico del Sistema, una inmensa esfera de gas y plasma en proceso de fusión termonuclear.

Es por ello que, desde hace

varias décadas, la Ciencia ha intentado comprender mejor los mecanismos de su funcionamiento y evolución. Gracias a estos estudios, acabaremos conociendo también la estructura y el latir de las demás estrellas, en esencia muy semejantes a la nuestra pero mucho más alejadas para permitir un estudio tan exhaustivo.

Con el advenimiento de la astronáutica, y con ella de la exploración del espacio, hemos sabido trasladar nuestros observatorios solares a puntos más aventajados, lejos de la perturbación de la atmósfera terrestre. Desde allí, desde el espacio, estamos examinando al Sol de forma sistemática, alcanzando un grado de precisión nunca antes obtenido.

Pero no sólo hemos observado a este astro desde la órbita terrestre. También nos hemos atrevido a enviar sondas automáticas hacia él para in-



tentar recabar información que de otro modo sería imposible conseguir.

## LAS PRIMERAS INVESTIGACIONES

Abandonar la órbita de la Tierra para dirigirnos hacia las proximidades del Sol no es nada sencillo. En realidad, es más difícil que viajar hacia los planetas exteriores. Ello es debido a que la sonda, en vez de acelerar, debe «frenar» para que su órbita se reduzca, equiparando su velocidad de traslación (otorgada inicialmente por la posición de nuestro planeta) con la que tiene que tener un objeto situado muy cerca del Sol. Y la energía necesaria para ello es considerable.

Hasta que los expertos no dispusieron de cohetes lo suficientemente potentes no fue posible diseñar sondas capaces de acercarse a nuestra estrella. Después, no obstante, se encontrarían con otros problemas incluso mayores: por ejemplo, a menor distancia, la temperatura reinante crece de forma exponencial, con lo que las naves deben ir protegidas de forma adecuada para no fundirse en el camino.

Pero, ¿hay alguna razón especial por la que resulte tan interesante acercarnos al Sol? Aunque al principio sólo eran suposiciones, se ha comprobado que el ambiente que reina en las zonas más próximas a él difiere algo del que nosotros podemos experimentar aquí, a unos 150 millones de kilómetros de distancia. Y no hablamos sólo de la temperatura, sino también de la población meteorítica, que ha resultado

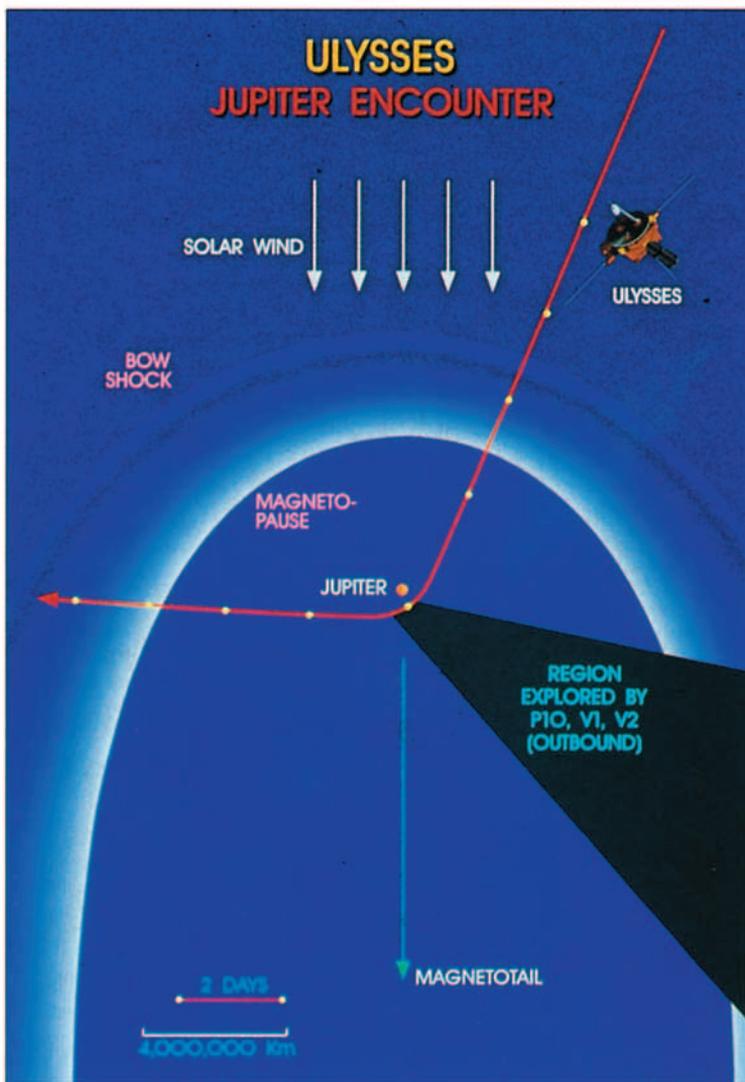
ser 15 veces mayor, o de la intensidad del viento solar. Cualquier variación en su comportamiento produciría efectos inmediatos sobre la Tierra y sobre la vida que ésta alberga. Además, si sabemos interpretar su estructura y disposición estaremos al mismo tiempo aprendiendo cuál es el origen del Sistema Solar, cómo se formó éste, e incluso cómo son las

meras sondas en órbitas heliocéntricas, es decir, situadas alrededor del Sol, en permanente vigilancia, estudiando su objetivo. Así lo hicieron, por ejemplo, algunas naves de la serie americana Pioneer y otras igualmente primitivas procedentes de la entonces poderosa Unión Soviética. Sus órbitas eran aún demasiado alejadas, debido a la falta de métodos de propulsión adecuados.

Más adelante, en 1974 y 1976, fueron lanzadas dos sondas alemanas denominadas (muy apropiadamente) Helios, construidas por esta nación en colaboración con la agencia estadounidense NASA. Usando el cohete más potente disponible en aquellos momentos, el Titán-III-Centaur, la Helios-1 pasó a unos 48 millones de km del Sol, «sobrevolándolo» a una velocidad de más de 238.000 km/h. Durante la epopeya, en el exterior del vehículo se alcanzaron temperaturas capaces de fundir el plomo, unos 370 °C. Un sistema especial mantenía a los instrumentos más delicados de la astronave, en el interior de ésta, a «sólo» 30 °C. La Helios-2, por su parte, se aproximó hasta 45 millones de kilómetros de distancia, sufriendo y soportando un 10% de aumento en las temperaturas.

Hasta ahora, sin embargo, nos hemos limitado a observar el Sol desde una sola perspectiva:

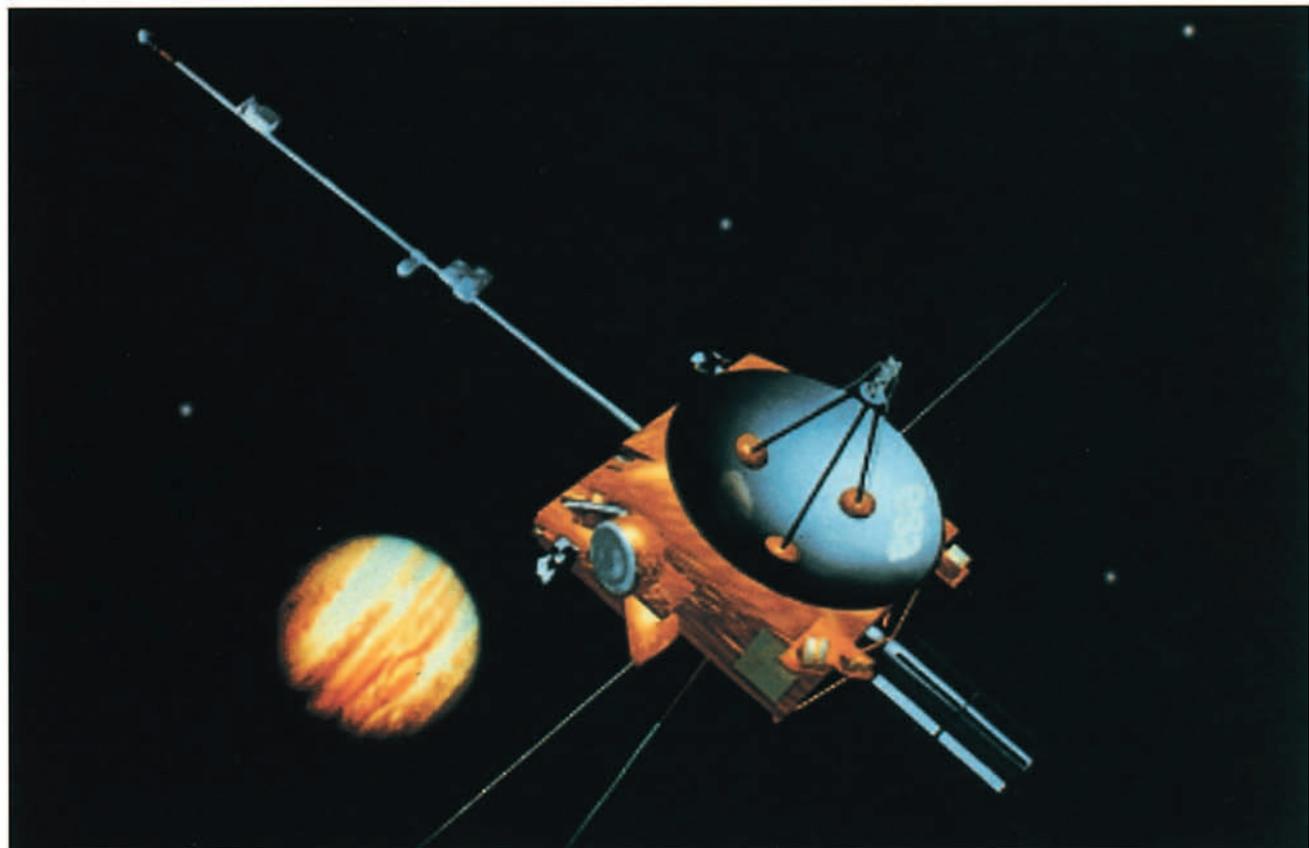
la que nos ofrece el hecho de que nos hallemos girando alrededor de él en un plano único llamado eclíptica. El plano en el que, con pocas excepciones, giran casi todos los planetas y el resto de cuerpos del Sistema Solar. Esto es importante porque el sistema planetario es un ente



El encuentro con el sistema joviano no sólo tuvo motivaciones propulsivas. La nave investigó la magnetosfera de Júpiter.

demás estrellas, por muy alejadas que estén. Es pues evidente que nos conviene conocer el funcionamiento y la evolución solar de la manera más completa posible.

Para alcanzar estos objetivos, y en cuanto fue posible, las diversas potencias espaciales enviaron sus pri-



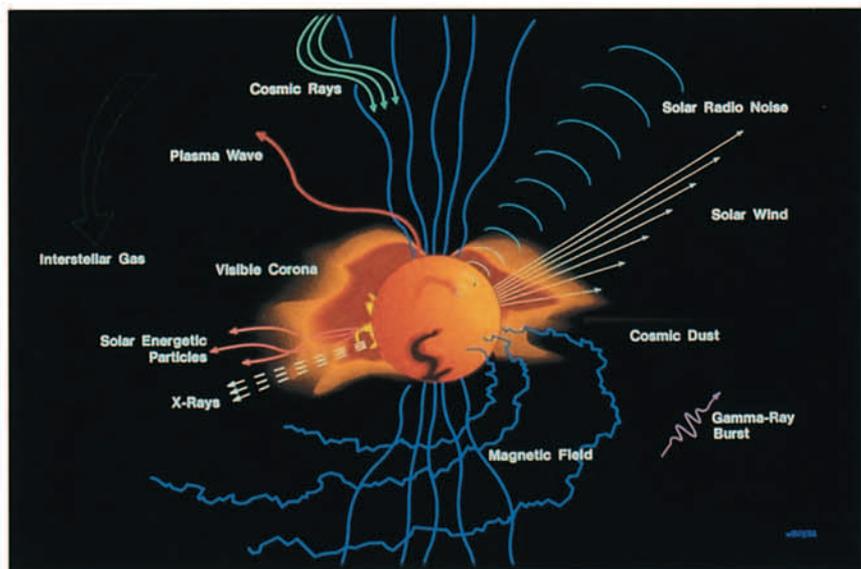
La primera etapa del viaje: el mayor de los planetas del Sistema Solar, Júpiter. (Foto: ESA)

tridimensional y no una alfombra extendida, así que los científicos se interesaron por una misión capaz de sobrevolar el Sol sobre sus polos, o lo que es lo mismo, una misión fuera de la eclíptica, que nos permitiera ver el Sistema Solar desde «arriba» y desde «abajo». Como resultado de esta necesidad nació en 1978 el programa ISPM (International Solar Polar Mission), en el que participarían la NASA americana y la ESA europea.

## LLEGA LA ULYSSES

Hasta 1981, el proyecto consistía en dos sondas, una europea y otra americana, cada una de las cuales sobrevolaría uno de los polos para obtener información simultánea. Ambas debían ser lanzadas por una etapa impulsora IUS de tres escalones, hacia principios de 1983, después de ser llevadas a la órbita terrestre por una lanzadera espacial.

Cuando la NASA decidió cancelar el desarrollo de la etapa triple IUS tuvo que sustituirla por la poderosa pe-



Conocemos cómo se expanden los rayos cósmicos y el viento solar en las zonas ecuatoriales del Sol, pero ¿lo hacen del mismo modo en los territorios polares? En el esquema, un resumen de los campos científicos que están siendo investigados por la sonda.

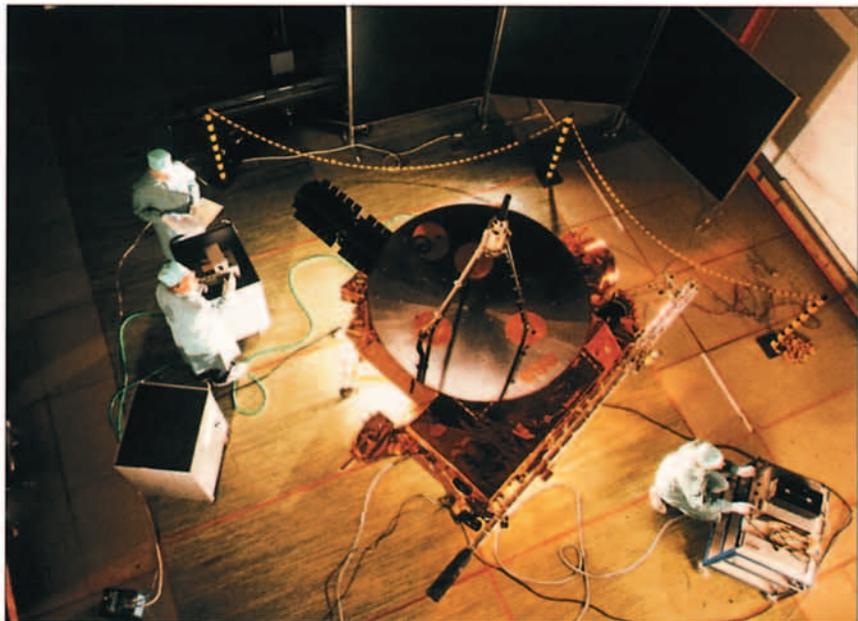
ro a la vez más peligrosa Centauro, un cohete cargado de propelentes criogénicos altamente explosivos. En febrero de 1981, la NASA anunció que debía retirarse del proyecto por

problemas presupuestarios, aunque se comprometía a lanzar la nave europea. Ésta, debido a los cambios, fue rebautizada con el nombre de Ulysses.

Los continuos retrasos que plagaron el desarrollo y posterior operación de la lanzadera, obligaron a demorar el lanzamiento de la Ulysses hasta mayo de 1986. Poco antes del despegue, sin embargo, acació el desastre que acabó con la nave Challenger y sus siete astronautas. Al mismo tiempo, ansiosa por reducir los riesgos de las futuras tripulaciones, la NASA eliminó de sus planes la utilización de la etapa impulsora Centauro, con lo que la Ulysses tendría que buscar una alternativa. La fecha del lanzamiento, ahora sobre un complicado sistema impulsor IUS/PAM-S, quedó así prevista para octubre de 1990.

La nave, construida por la compañía alemana Dornier, se convirtió en uno de los más complejos programas llevados a cabo por la industria espacial del continente europeo. Su misión sería la de investigar los campos magnéticos solares, las partículas interplanetarias, el polvo cósmico y el viento solar, desde perspectivas nunca antes alcanzadas. De su aspecto exterior destaca la antena parabólica dedicada a la transmisión de los resultados en dirección a la Tierra y un pequeño generador nuclear de radioisótopos, empleado para producir electricidad.

El despegue se produjo finalmente el 6 de octubre de 1990, a bordo del transbordador Discovery. La posterior acción consecutiva de las etapas



La sonda, durante una de las preparaciones en tierra.

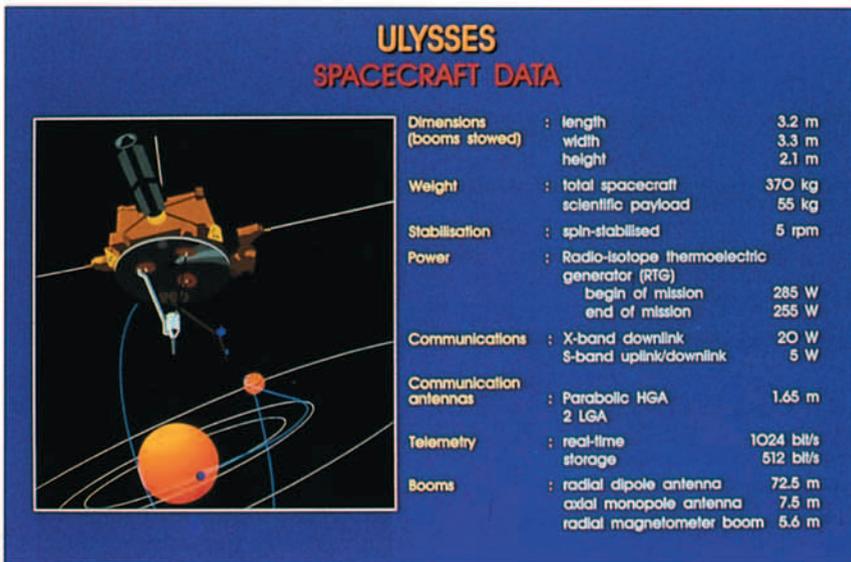
impulsoras de combustible sólido y su pequeña masa, apenas 371 kg, la convirtieron en la nave más veloz lanzada jamás por el Hombre: la Ulysses alcanzó 15,4 km/s en el momento de su partida desde la Tierra.

La dirección de su trayectoria, sin embargo, no miraba hacia el Sol, sino en dirección contraria, hacia Júpiter. ¿Por qué? Muy sencillo: a pesar del récord de velocidad, la Ulysses nunca hubiera podido abandonar la eclíptica por sus propios medios. Para lograrlo, en cambio, los científicos diseñaron una trayectoria alternativa duran-

te la cual la nave efectuaría una asistencia gravitacional con Júpiter, el mayor de los planetas del Sistema Solar. Sería pues Júpiter quien, con su enorme fuerza atractiva, redirigiría el vuelo de la sonda como una honda para lanzarla fuera de la eclíptica, en dirección a los polos solares. Este largo camino, aunque prolongaría la duración de la misión, era la única posibilidad real de alcanzar el objetivo.

Tras un fugaz viaje (de hecho, si Júpiter no se hubiese interpuesto, la Ulysses hubiera podido alcanzar fácilmente la órbita de Urano) y unos 1.000 millones de kilómetros recorridos, la sonda llegó a las cercanías del gigante planetario a principios de 1992, 15 meses después del lanzamiento. Después de sobrevolar su atmósfera a unos 378.000 km de distancia y estudiar el medio ambiente joviano, la Ulysses se sintió redirigida, expulsada, hacia el exterior de la eclíptica y en dirección al polo sur solar, al que llegó hace tan sólo unos meses.

Sin mayores problemas técnicos, la astronave inició oficialmente su sobrevuelo del polo sur del Sol el 26 de junio de 1994, prolongándose éste hasta el 6 de noviembre. La latitud máxima alcanzada fue de unos 80 grados, con una distancia en ese instante respecto a la estrella de unos 345 millones de kilómetros. Esto es



Las características generales de la sonda Ulysses.

mucho, pero recordemos que el objetivo principal de la misión no es alcanzar una distancia mínima sino una perspectiva diferente.

Aunque los resultados de este y el posterior encuentro siguen analizándose, los datos indican que ha habido ya algunas sorpresas.

Así, por ejemplo, la sonda descubrió que durante el presente ciclo mínimo de actividad solar en el que nos encontramos, el ángulo entre el ecuador magnético y el ecuador rotacional del Sol ha disminuido. En estas condiciones, la *Ulysses* halló que las áreas de viento solar de baja velocidad están confinadas más cerca de este último que en otras épocas del ciclo.

Durante su viaje de constante sobrevuelo, la sonda ha confirmado diferencias en el viento solar emitido por las altas y las bajas latitudes. La presencia de un ecuador magnético inclinado, unido a la rotación de la estrella, provoca dichas diferencias. Nuestra posición en la Tierra nos sitúa en una región que alterna entre los dos tipos de viento. De este modo, el procedente de latitudes elevadas es rápido y relativamente uniforme, mientras que el de las latitudes más bajas viaja más despacio, todo ello debido a la magnetosfera del Sol. La rotación de éste nos envía los dos tipos de viento. Sin embargo, antes de que la variedad lenta nos alcance, es superada por el viento solar más rápido, produciéndose con ello un «frente» de alta presión.

Estos frentes, como ocurre en la meteorología terrestre, son los responsables de las auroras y otros fenómenos interplanetarios, incluidas tormentas magnéticas que pueden impedir o interrumpir las comunicaciones vía satélite o radio en nuestro planeta.

Cuando la *Ulysses* regresó a las zonas ecuatoriales, la velocidad del viento constatada se redujo de 800 km/s (invariables) a unos 400 km/s, con picos esporádicos de velocidad, densidad de partículas y potencia del campo magnético. Lo sorprendente fue detectar partículas energéticas en latitudes mayores que la situación de los mecanismos que las producen.

También destaca el descubrimiento de eyecciones de masa procedentes de la corona solar, burbujas de gas



*El lanzamiento de la Ulysses a bordo de la lanzadera.*

expulsadas desde ella por las fuerzas magnéticas. Estas burbujas también son responsables de algunos tipos de interferencias en la Tierra.

Los rayos cósmicos de baja energía, por otro lado, tienen una menor presencia en el polo sur solar de lo esperado.

La *Ulysses* llegó al perihelio (mínima distancia al Sol) el 12 de marzo de 1995. Después, continuó su ascenso relativo. El segundo paso polar, ahora en el norte, se inició el 19 de junio; se alcanzó la máxima latitud

(80,2 grados) el 31 de julio de 1995, finalizando todo el 29 de septiembre.

Los resultados obtenidos durante el sobrevuelo del polo norte indican más o menos la confirmación de los anteriores descubrimientos. El campo magnético, uniforme y radial (sin evidencia de polo magnético), del hemisferio sur es también una característica de su homólogo del Norte. Las observaciones, sin embargo, podrían diferir en algunos aspectos, ya que el ciclo solar continúa avanzando hacia su mínimo de actividad.

Las cosas serán muy diferentes dentro de varios años. Por eso, la ESA se halla absolutamente predispuesta a continuar adelante con la misión si ninguna anomalía técnica afecta a la sonda. Por el momento, tanto los sistemas de provisión energética como los instrumentos parecen capaces de continuar a pleno ritmo durante una larga temporada suplementaria.

Completado el sobrevuelo para el que fue diseñada, la Ulysses inició su segunda órbita alrededor del Sol el 1 de octubre de 1995. Dicha órbita volverá a llevarla rápidamente hasta la distancia que nos separa de Júpiter. En esta ocasión, empero, el planeta no se encontrará en dicha zona, de modo que la nave seguirá su camino regresando hacia las inmediaciones solares para un nuevo período de exploración.

El tercer paso polar se iniciará el 8 de septiembre de 2000. Se alcanzará la latitud sur máxima (80,2 grados) el 27 de noviembre y la etapa finalizará el 16 de enero de 2001.

Las condiciones que la sonda encontrará serán radicalmente distintas, ya que el Sol se hallará en su período de máxima actividad. Será el momento de ver cómo influyen las manchas solares y otros fenómenos característicos de esta época durante la cual la estrella retorna a su paroxismo. Tras superar su segundo perihelio el 25 de julio, la sonda comenzará el cuarto paso polar hacia el 3 de septiembre, sobrevolará la latitud norte máxima el 13 de octubre y finalizará su tarea el 12 de diciembre.

La ESA ha pronosticado un final de misión oficioso para el último día del año 2001. A partir de entonces, será la pericia intelectual de nuestros científicos quien adopte su máximo protagonismo. El inmenso caudal de información acumulado deberá mantenerlos ocupados durante mucho tiempo.

## SE PREPARA EL FUTURO

La investigación del Sol desde sus cercanías o desde otras perspectivas no ha hecho sino empezar. Los rusos han empezado a lanzar sus satélites Korona, de los cuales, uno de ellos, quizás a partir de 1999, podría ser enviado hacia nuestra estrella en vez de permanecer orbitando la Tierra. Para ello, la renombrada Tsiolkovsky viajaría hacia Júpiter como lo hizo la Ulysses, quedando situada, tras su asistencia gravitacional, en una ruta directa hacia la corona solar, la cual atravesaría a sólo 4 millones de kilómetros del borde exterior de la infernal atmósfera.

en estas zonas es unas 3.000 veces superior a la que recibe habitualmente la Tierra. La sonda Solar Probe tendría una masa de unos 300 kg, un diámetro de 1,5 metros y una longitud cercana a los 5 metros.

El proyecto Solar Probe tendría más oportunidades de prosperar si fuese unido al Vulcan europeo. La colaboración internacional es muy importante en estas empresas, como parece demostrar el principio de acuerdo ruso-americano, que podría fusionar todas las propuestas anteriores en una sola.

El nuevo programa, llamado Fire & Ice (Fuego y Hielo), propone misiones a Plutón y al Sol. En este último

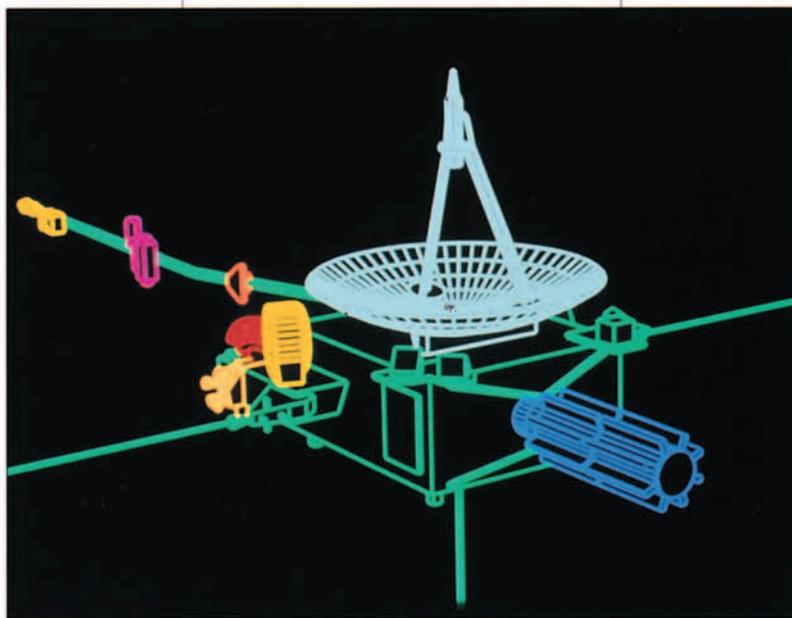
caso, se trataría de dos naves lanzadas al unísono en un cohete ruso Protón: la americana sería la sonda principal, mientras que la rusa sería eyectada desde la anterior poco antes de la llegada, lista para tomar fotografías y obtener diversa información de nuestra estrella. Existen otras configuraciones posibles, y en todas ellas la cooperación internacional es el único modo de llevarlas hacia adelante. Las dificultades económicas que está pasando Rusia, no

obstante, oscurecen el futuro de este tipo de iniciativas.

Estamos pues a las puertas de una nueva era de la investigación del Sol. Una investigación que podría revolucionar el concepto que hasta ahora teníamos de nuestro particular barrio celeste, el Sistema Solar, y acaso del resto del Universo ■

## BIBLIOGRAFIA:

- Ulysses Explorers the South Pole of the Sun. R.G. Marsden. ESA Bulletin Nr.82. ESA Publications Division. Mayo de 1995.
- Jane's Space Directory 1995-1996. Andrew Wilson. Jane's Information Group. 1995.



La Ulysses, con cada una de sus partes claramente diferenciadas.

También los americanos y los europeos han realizado estudios semejantes. Por ejemplo, la ESA ha propuesto la misión Vulcan, y la NASA otra llamada Starprobe o también Solar Probe. Ambas contemplan asistencias en Júpiter para sobrevuelos del Sol a unos 2 millones de kilómetros de éste, durante los cuales se estudiaría la corona, la cromosfera y la fotosfera, y se tomarían fotografías con resoluciones de unos 10 km. Este tipo de misiones, aunque posibles, son muy difíciles de llevar a la práctica debido al diseño de la nave, que debe ser capaz de aguantar enormes temperaturas. La intensidad calorífica