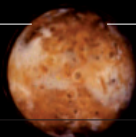


«Juice»: investigando las lunas heladas de Júpiter

MANUEL MONTES PALACIO



LOS TRES PRINCIPALES SATÉLITES DE JÚPITER CUBIERTOS DE HIELO, DESCUBIERTOS POR GALILEO Y CONOCIDOS CON LOS NOMBRES DE GANIMEDES, CALISTO Y EUROPA, VAN A SER LOS OBJETIVOS DE UNA NUEVA MISIÓN DE LA AGENCIA ESPACIAL EUROPEA. LLAMADA JUPITER ICY MOON EXPLORER (JUICE), SU VIAJE SIGNIFICARÁ UNA NUEVA INCURSIÓN EN EL FASCINANTE SISTEMA JOVIANO Y EN PARTICULAR UNA INVESTIGACIÓN A FONDO DE ESTAS TRES LUNAS QUE PARECEN POSEER UN MISTERIOSO OCÉANO DE AGUA LÍQUIDA. BAJO SUS GRUESAS COSTRAS DE HIELO.

Durante algún tiempo, el proyecto de retorno a la órbita de Júpiter, después de la más que exitosa misión Galileo de la NASA, se llamó Europa Jupiter System Mission – Laplace (EJSM), un programa que debían llevar a término la ESA y la propia agencia espacial estadounidense, en régimen de cooperación. Dicho proyecto, que aventuraba un lanzamiento hacia el año 2020, pretendía explorar Ganimedes y Europa, así como la magnetosfera de Júpiter. La ESA habría contribuido con un orbitador que sería colocado alrededor de Ganimedes (Jupiter Ganymede Orbiter), y la NASA con otro para la investigación de Europa y Júpiter (Jupiter Europa Orbiter). Durante el diseño preliminar de la iniciativa, Rusia y Japón mostraron su interés en colaborar de alguna forma, aportando por ejemplo vehículos adicionales de pequeño tamaño.

La misión habría sido preparada en el marco del programa Outer Planet Flagship Mission, que en febrero de 2008 comenzó a ser estudiado de

forma paralela por equipos de las agencias estadounidense y europea. Dicho análisis concluyó con dos propuestas: la citada EJSM, y la TSSM (Titan Saturn System Mission), que tenía a la luna Titán en su punto de mira. Un año después, la NASA acordó conceder a la EJSM una mayor prioridad que a la TSSM, teniendo en cuenta que la Cassini sigue activa en Saturno y ofrece regularmente información sobre Titán. A pesar de todo, las dos misiones fueron aprobadas como programas conjuntos, anunciándose el 18 de febrero de 2009 que la primera en ser lanzada sería la EJSM (2020) y que la TSSM partiría más adelante.

Inicialmente, la ESA no pudo garantizar los fondos para su parte de la EJSM porque esta debería competir primero con otros importantes candidatos a ser financiados a medio plazo (el proyecto LISA y el observatorio IXO). Ante esta evidencia, la NASA se preparó para

poder llevar a cabo la EJSM en solitario, desarrollando sólo su vehículo para investigar Júpiter y Europa. Mientras tanto, Japón contempló su participación con un orbitador dedicado al estudio de la magnetosfera joviana (Jupiter Magnetospheric Orbiter), y Rusia con un vehículo de aterrizaje que se posaría sobre Europa, lo que sería toda una primicia.

A la sazón, los problemas presupuestarios se hicieron patentes para la NASA antes que para la ESA. Los recortes empezaron a amenazar seriamente su contribución, de modo que en abril de 2011 la agencia europea cambió de estrategia. Desvinculándose del EJSM, la ESA ordenó el estudio de una misión basada en su JGO, pero capaz de llevar a cabo un vuelo en solitario, sin depender de la NASA. Además, el nuevo vehículo vería modificada su tarea para poder abarcar (e incluso ampliar) la mayor parte de los objetivos de la EJSM. El resultado: la misión JUICE.

LA NUEVA AVENTURA JOVIANA

La JUICE fue seleccionada como misión L1 del programa Cosmic Vision el 2 de mayo de 2012, superando de este modo al observatorio NGO (antes LISA, tras el abandono de la NASA), y el ATHE-NA (antes IXO). Olvidado el EJSM, el vehículo europeo volará ahora en 2022 para llegar a Júpiter en 2030, listo para emprender una investigación en profundidad de las tres lunas heladas de Júpiter y del propio planeta gigante.



Mosaico de las lunas de Galileo.
(Foto: NASA)

Como primera misión de clase L (Large o grande) del programa Cosmic Vision 2015-2025, JUICE es un emprendimiento ambicioso, que implicará un lanzamiento a bordo de un cohete Ariane-5 y una exploración de más de 3 años de duración del sistema de Júpiter.

La selección de JUICE no ha resultado extraña. Como sonda interplanetaria, su desarrollo implica un riesgo inferior al de sus complejos contendientes en el programa Cosmic Vision. Además, existe un gran interés por explorar los grandes satélites de Júpiter que poseen cortezas de hielo; si poseen océanos líquidos bajo ellas, como así parece ser, existe la posibilidad de que estemos ante escenarios aptos para la vida. Lograr información sobre estos mundos será vital para validar esta teoría y para nuestra comprensión de la formación de los planetas del sistema solar.

JUICE, además, pretende conseguir sus objetivos manteniendo aquellos que habrían caracterizado al vehículo JGO, ampliándolos. Ganímedes continuará siendo la prioridad, lo que implicará disponer de los medios para ser colocados en órbita a su alrededor, pero por otro lado, la misión garantizará dos sobrevuelos cercanos de Europa, así como una fase de exploración de Calisto, modificada para permitir la investigación de las latitudes altas del sistema joviano.

La selección de estas metas no es trivial, puesto que impone riesgos en la sonda espacial. Para empezar, experimentará una mayor exposición al ambiente de alta radiación del planeta, lo cual se combatirá con la adición de es-

culos protectores adicionales y de componentes más resistentes. El JUICE también dispondrá del potente Ariane-5, que posibilitará lanzar la masa superior necesaria, y de un plan de viaje y encuentro con Júpiter que implicará una trayectoria más larga y lenta (lo que a su vez disminuirá las necesidades de frenado a la llegada). La exploración de Calisto, por su parte, podrá realizarse tras varias asistencias gravitatorias. Si todo va bien, nos ofrecerá espectaculares imágenes de este, considerado el satélite con más cráteres del sistema solar. Sobre Europa, podemos esperar las primeras medidas precisas del grosor de su capa exterior de hielo, así como la obtención de fotografías de su superficie en busca de lugares aptos para una hipotética exploración superficial futura, mediante algún vehículo de aterrizaje. Una vez logrado todo ello, JUICE activará sus motores para entrar en órbita alrededor de Ganímedes, en 2032, donde continuará sus investigaciones, ahora centradas definitivamente en este astro.

Además del estudio de estas lunas, JUICE se ocupará de analizar con sus instrumentos la atmósfera de Júpiter, así como la magnetosfera, y la interacción de esta última con los satélites. Ganímedes, en particular, posee un campo magnético (el único satélite conocido en todo el sistema solar que parece tenerlo), y los científicos están deseando averiguar



cómo se comporta al interactuar con la magnetosfera joviana.

En una época de constantes descubrimientos de planetas gigantes y gaseosos parecidos a Júpiter, situados alrededor de otras estrellas, resulta muy interesante analizar qué relación tiene éste con su cohorte de grandes satélites, ya que ello nos servirá de modelo para los sistemas extrasolares. Si otros planetas alejados poseen satélites parecidos a los de Júpiter, podrían tener también un cierto potencial para albergar vida.

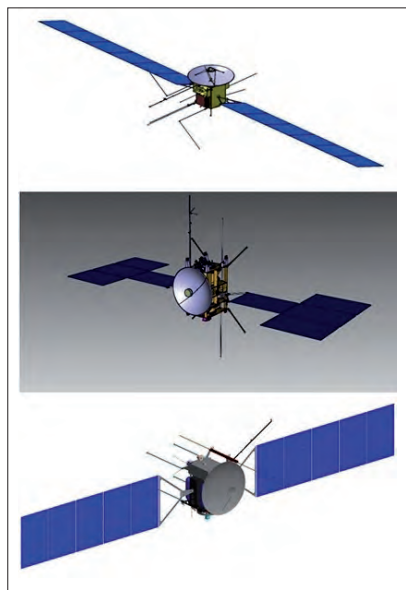
UNA MÁQUINA AVANZADA

La tecnología de provisión energética ha avanzado lo suficiente, como ha demostrado la sonda Juno de la NASA, y ya es posible utilizar paneles solares en sondas a Júpiter. Gracias a su bajo precio y simplicidad, la JUICE también utilizará este tipo de generación eléctrica. Este aspecto y el del ambiente radiactivo en el que operará, junto con las maniobras que deberá llevar a cabo, marcarán el aspecto del vehículo y su masa.

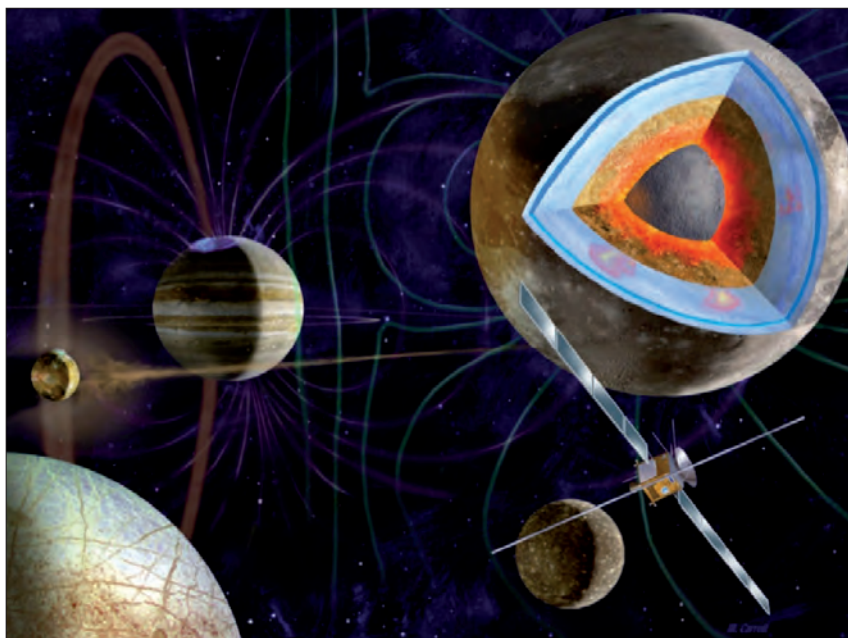
Los diseños preliminares estiman un peso de la sonda en vacío de unos 1.900 Kg. Pero debido al alto número de maniobras de sobrevuelo y asistencias gravitatorias que deberá llevar a cabo (al menos 25), todas las

cuales precisarán de ajustes de trayectoria, la JUICE deberá transportar una buena cantidad de combustible, estimada en aproximadamente unas tres toneladas. La mayor parte, sin embargo, se gastará durante la llegada al planeta.

La distancia respecto a la Tierra en la que deberá operar determina asimismo las necesidades operativas en las comunicaciones. Debido al alto nivel de datos a transmitir, la sonda



Posibles configuraciones de la sonda JUICE. (Foto: ESA)



JUICE y los cuatro satélites galileanos. (Foto: ESA; Artista: M. Carroll)

tendrá que ser equipada con una antena de alta ganancia de unos 3 metros de diámetro, lo que permitirá un envío diario (en ventanas de 8 horas) de al menos 1,4 Gb.

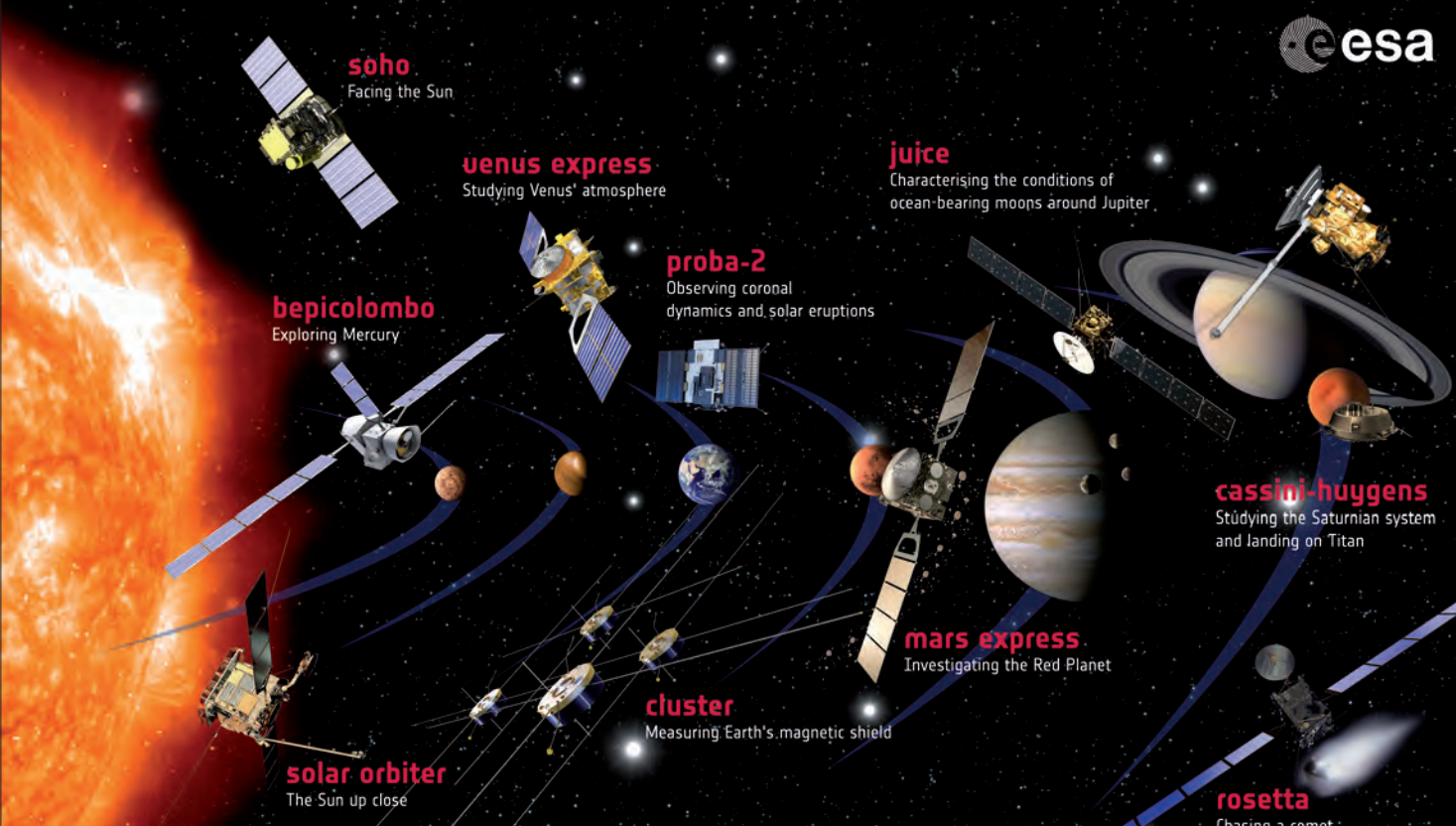
La misma citada distancia obligará a que la JUICE disponga de un sistema informático altamente autónomo, puesto que el retraso en las comunicaciones (se necesitarán 1 hora y 46 minutos para enviar y recibir señales desde la Tierra hasta Júpiter y viceversa) impedirá un contacto constante con el vehículo. Al contrario, se tendrán que almacenar a bordo gran cantidad de órdenes que la nave deberá ejecutar con puntualidad y exactitud, sobre todo durante las maniobras y operaciones más importantes.

Los instrumentos científicos lo serán todo para la misión, así que la JUICE deberá proporcionar un entorno muy protegido para ellos. Cada aparato será diseñado para resistir la radiación imperante en la región, ya sea merced a componentes especialmente pensados para eso, o a través de escudos de materiales que amortiguarán el flujo radiactivo. Afortunadamente, el estudio principal que llevará a cabo la sonda estará centrado en los tres satélites ya mencionados, los cuales se encuentran fuera del cinturón principal de radiación del planeta. La protección será pues adaptada a las necesidades máximas de la misión.

En cuanto a los paneles solares, deberán ser necesariamente grandes, debido a que, a tales distancias, la energía procedente del Sol, disponible por metro cuadrado, es muy inferior a la existente cerca de la Tierra. Ello supondrá la instalación de unos paneles de entre 60 y 75 metros cuadrados de superficie colectora, capaces de proporcionar como mínimo entre 640 y 700 vatios de energía para los sistemas.

El diseño general de la sonda aún evolucionará, pero se puede afirmar que constará de un cuerpo principal estabilizado en sus tres ejes. Dicho cuerpo incluirá un sistema de propulsión con una potencia equivalente a la necesaria para proporcionar un cambio de velocidad de 2600 m/s.

La misión será controlada desde una única estación de seguimiento



→ ESA'S FLEET IN THE SOLAR SYSTEM

The Solar System is a natural laboratory that allows scientists to explore the nature of the Sun, the planets and their moons, as well as comets and asteroids. ESA's missions have transformed our view of the celestial neighbourhood, visiting Mars, Venus, and Saturn's moon Titan, and providing new insight into how the Sun interacts with Earth and its neighbours. The Solar System is the result of 4.6 billion years of formation and evolution. Studying how it appears now allows us to unlock the mysteries of its past and to predict how the various bodies will change in the future.

www.esa.int

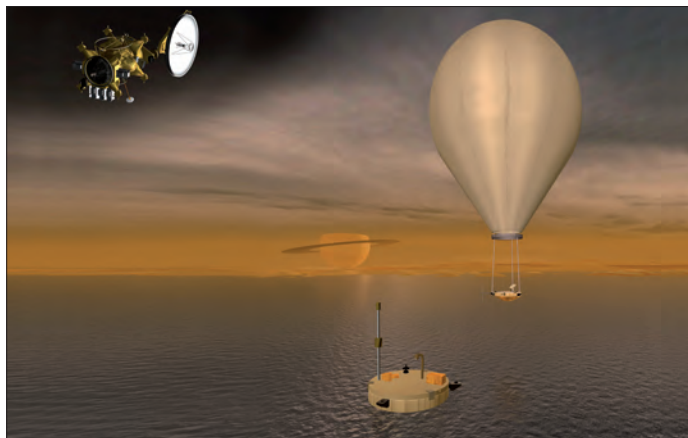
European Space Agency

La flota de sondas de la ESA para explorar el sistema solar incluirá muy pronto a la JUICE. (Foto: ESA)

en Europa, capaz de trabajar en banda X y banda K. Ello implicará oportunidades de contacto que se extenderán 8 horas diarias. En caso necesario, se podría recibir la ayuda de las estaciones de espacio profundo de la NASA.

EL INSTRUMENTAL

Pero lo más importante de la misión, sin duda, es la carga útil científica. Esta se convertirá, en el momento de su lanzamiento, en una de las más poderosas y completas jamás lanzadas al sistema solar exterior. Estará compuesta por un total de 10 instrumentos, más un experimento que empleará el sistema de comunicaciones de la astronave.



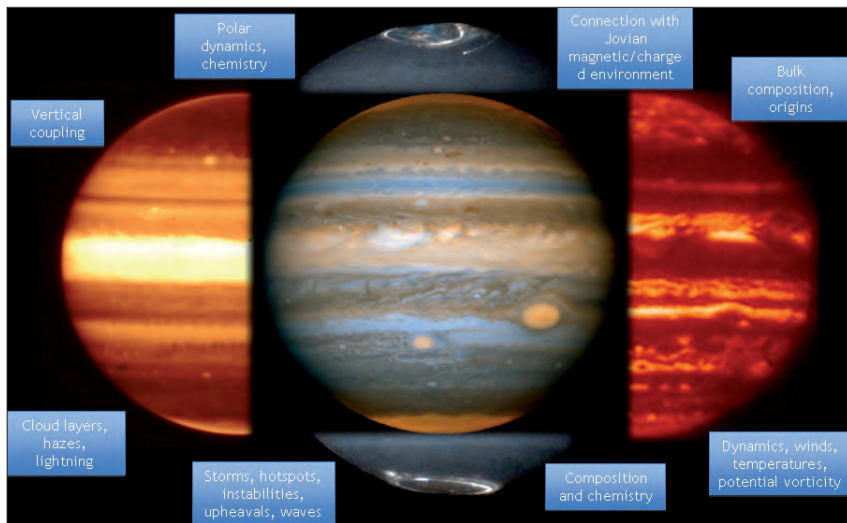
La vieja propuesta Europa Jupiter System Mission – Laplace contempló una exploración de la luna Europa por parte de la NASA. (Foto: NASA)

El aparato más atractivo para el público será sin duda la cámara JANUS, proporcionada por Italia. Se trata de una cámara óptica que dispondrá de 13 filtros, un campo de visión de 1,3 grados y una resolución espacial de hasta 2,4 metros

en el visible y el infrarrojo. junto a Ganimedes y de 10 Km sobre Júpiter. Podrá fotografiar las características de las superficies de los satélites, así como de las nubes jovianas. Sus imágenes se adivinan espectaculares y muy detalladas.

Por su parte, MAJIS será un espectrómetro francés que obtendrá imágenes hiperspectrales. Ello proporcionará datos sobre las nubes troposféricas de Júpiter y sobre los minerales de las lunas. Será sensible

en el visible y el infrarrojo. UVS, en cambio, será un espectrógrafo ultravioleta para averiguar la composición y la dinámica de las exosferas de los satélites, para estudiar las auroras del planeta y para investigar la composición y estructu-

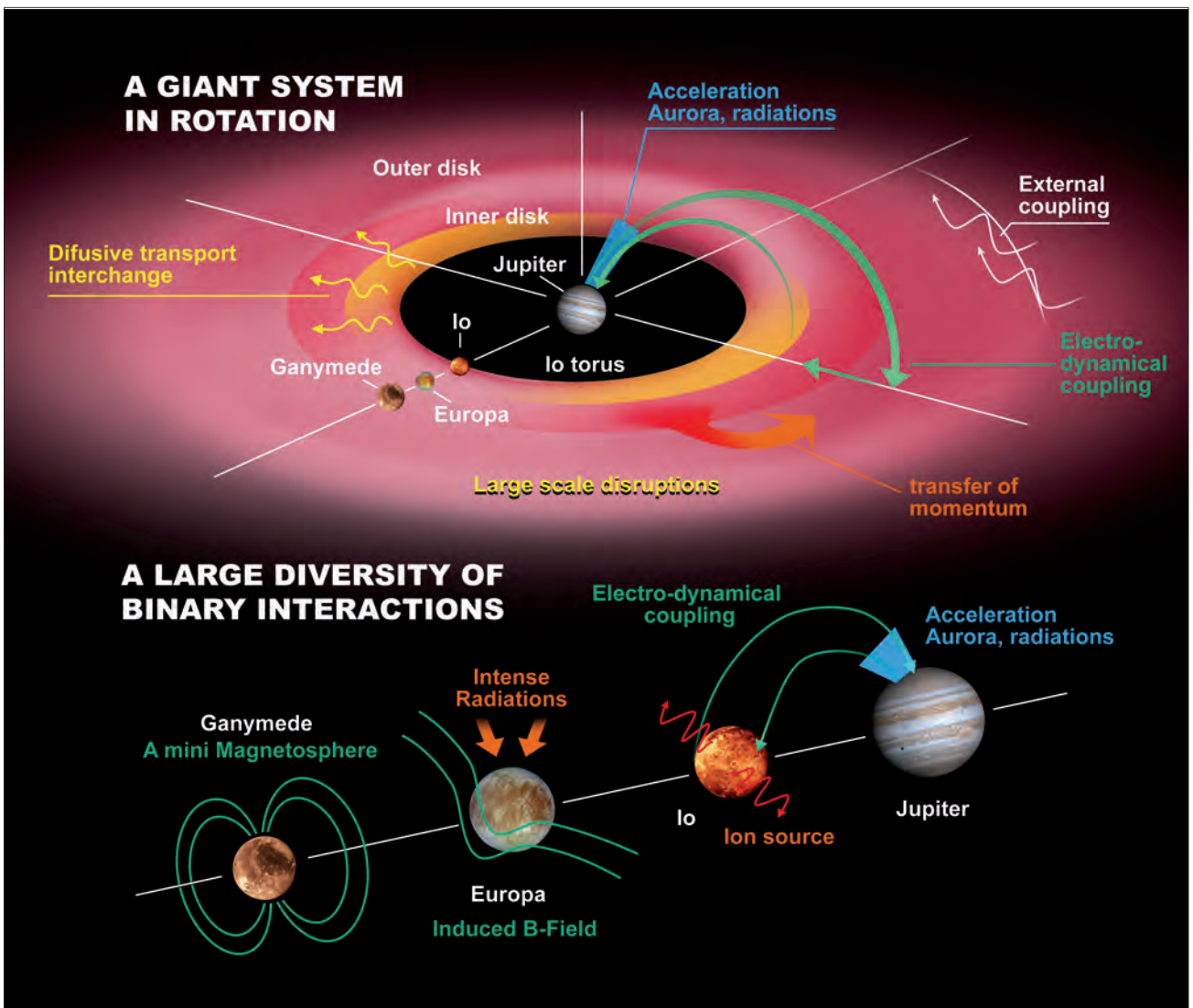


Algunos de los objetivos de la misión JUICE en el estudio de la atmósfera joviana. (Foto: ESA/NASA)

ra de la atmósfera superior de Júpiter. Lo proporcionará la NASA, que así colaborará, aunque sea mínimamente, en la misión.

El paquete de teledetección se completará con SWI, un espectrómetro para medir temperaturas, composiciones, etc., tanto de las lunas como de la atmósfera planetaria. Su diseñador será el DLR alemán.

También alemán será el altímetro láser GAL, que medirá la topografía de Ganimedes desde la órbita. Tendrá una resolución máxima de 0,1 metros desde 200 Km de altitud. Italia contribuirá asimismo con un radar penetrante (RIME) que posibilitará analizar el subsuelo helado (hasta 9 Km de profundidad).



Interacciones electrodinámicas en el entorno de Júpiter y sus lunas, que serán estudiadas por la sonda. (Foto: MPS/ESA/NASA)



Europa será uno de los objetivos de JUICE. (Foto: ESA/AOES)

El J-MAG será un magnetómetro inglés que medirá el campo magnético joviano y su interacción con el de Ganimedes. Será montado en una pértiga para evitar interferencias de los sistemas electrónicos de la sonda.

PEP, por su parte, será un analizador de las partículas encontradas en el plasma del entorno joviano. Lo construirá Suecia. También procedente de este país estará el RPWI, un instrumento para medir las emisiones de radio y el ambiente de plasma tanto de Júpiter como de sus lunas heladas. RPWI constará a su vez de cua-



Interior de las lunas galileanas. (Foto: NASA)

tro experimentos, llamados GANDALF, MIME, FRODO y JENRAGE, siendo cada uno de ellos sensores especializados en un campo específico de la investigación.

Italia entregará además una baliza en banda Ka (3GM) para estudiar el campo gravitatorio de Ganimedes y con ello poder obtener datos sobre las dimensiones de su océano líquido subterráneo. También servirá para medir la ionosfera de Júpiter.

Por último, Holanda utilizará el experimento PRIDE, que implicará a un sistema interferométrico VLBI y al sistema de comunicaciones de la JUICE para realizar mediciones muy precisas de su posición y velocidad. Eso permitirá medir los campos gravitatorios de Júpiter y sus lunas.

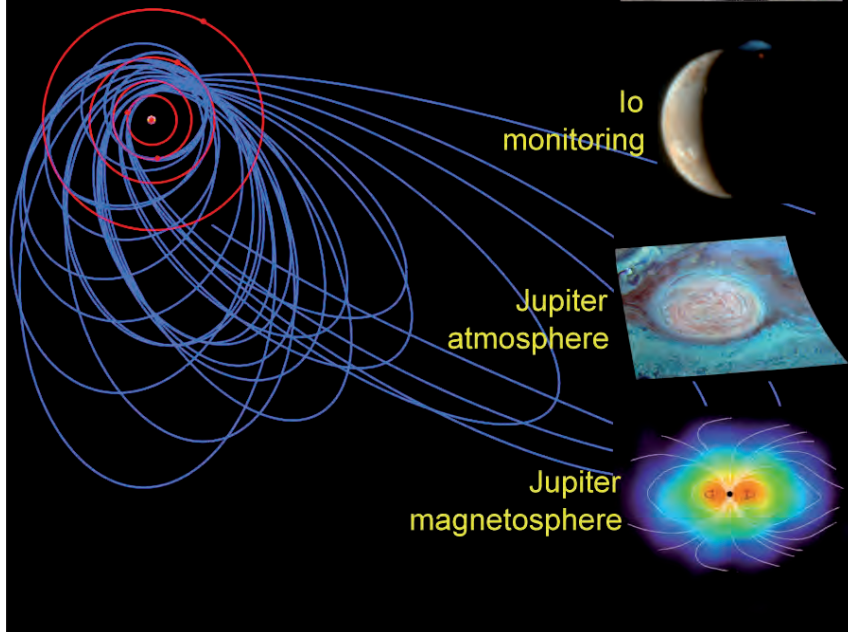
Todo este arsenal ayudará a los científicos a revolucionar nuestros conocimientos sobre Ganimedes, y en particular sobre su océano bajo la corteza helada, su topografía, su composición y geología general. Además, averiguaremos detalles sobre las propiedades físicas de su capa de hielo, la distribución interna de la masa de la luna (incluso de su dinámica y evolución), sobre la exosfera y su campo magnético. El mismo instrumental dará información semejante, aunque en menor medida, para Calisto y Europa. En este último podremos determinar el grosor de su corteza de hielo en varios puntos y la posibilidad de la existencia de moléculas orgánicas y otras sustancias esenciales para la vida.

Para Júpiter, aunque ya sabemos mucho sobre él, tendremos datos avanzados sobre la estructura de su atmósfera, así como de su dinámica y composición. Los instrumentos estudiarán sus nubes desde la parte superior hasta la llamada termosfera, durante un tiempo suficiente como para obtener detalles de su evolución. Las auroras en sus polos y su magnetosfera serán asimismo temas centrales en la exploración de la JUICE.

UN VIAJE LARGO

La estrategia para enviar hacia Júpiter a una sonda tan pesada como JUICE implica utilizar un cohete potente como el Ariane-5, pero también

Tour Phase Provides Almost 2.5 Years of Jovian System Science Opportunities



Este era el plan de la NASA para su sonda JEO. (Foto: NASA)

una compleja secuencia de maniobras de asistencia gravitatoria. En efecto, tras su lanzamiento en junio de 2022, el vehículo no se dirigirá directamente hacia Júpiter, sino que, en un largo viaje de 7,6 años alrededor del Sol, efectuará encuentros consecutivos con Venus y la propia Tierra para aumentar su velocidad y conseguir la energía necesaria para alcanzar su destino final.

Dicho destino estará a su alcance en enero de 2030, cuando la sonda llegará a Júpiter. En ese momento, y tras encender su motor y colocarse en una órbita elíptica provisional alrededor del planeta, se iniciará una gira prolongada que incluirá varias asistencias gravitatorias con los satélites, las cuales modificarán su trayectoria poco a poco acercándola a sus objetivos. Durante ese tiempo, los instrumentos del JUICE observarán la atmósfera y la magnetosfera jovianas.

El paso inmediato, desde esta órbita ecuatorial inicial, será adaptarla para poder pasar junto a Calisto. Du-

rante 11 meses, la nave maniobrará, aprovechando para fotografiar y observar desde lejos a los miembros del sistema joviano interior. También sobrevolará en dos ocasiones la luna Europa, en un plazo de 36 días, donde pondrá en práctica todo su arsenal científico.

Las sucesivas asistencias junto a Calisto, además de permitir investigarlo, aumentarán progresivamente la inclinación de la órbita de JUICE, hasta casi unos 30 grados, lo que permitirá llevar a cabo observaciones de las zonas polares del planeta gigante. Durante unos 260 días, se explorarán la estructura interna de Calisto, la atmósfera de Júpiter, etc., sin olvidar el estudio de Ganímedes, Europa, Ío y otras lunas más pequeñas desde la distancia.

La próxima fase corresponderá a la llegada a Ganímedes. Se necesitarán 11 meses para ajustar la trayectoria y alcanzar la posición ideal para la entrada en órbita a su alrededor. Mientras, continuarán las investigaciones científicas, incluyendo la interacción

de los campos magnéticos de esta luna y los de Júpiter.

Una vez anclada gravitatoriamente alrededor de su objetivo definitivo, la JUICE se pasará 30 días en su órbita elíptica inicial, dedicándose a levantar mapas geológicos del satélite y a buscar actividad presente o pasada en la superficie. Se obtendrán, entre otras cosas, datos sobre la composición química del suelo de forma global.

Los siguientes 90 días transcurrirán en una órbita circular a 5.000 Km de la superficie de Ganímedes, es decir, a gran altitud, para obtener una perspectiva de ancho campo. Una vez transcurrido este tiempo, la sonda volverá a reducir su periastro (mínima distancia), llegando a los 500 Km. En esta trayectoria elíptica continuará con sus investigaciones, durante 30 días, hasta que vuelva a encender sus motores para convertir a esta órbita en circular (500 Km).

En esta órbita intermedia, JUICE pasará 102 días investigando las dimensiones del océano líquido bajo la corteza de Ganímedes, analizará la estructura del hielo superficial y completará sus estudios de geología, observando algunos objetivos concretos a alta resolución.

La última fase de su misión se desarrollará durante los 30 días siguientes, a sólo 200 Km de altitud, lo que permitirá aumentar la calidad y sensibilidad de las mediciones. Al término de esta tarea, que completará los 8 meses de investigación de la luna, la sonda será enviada hacia un impacto contra la superficie, en junio de 2033.

En total, la JUICE habrá pasado 3 años y medio trabajando en el entorno joviano, casi 11 años en el espacio interplanetario desde su lanzamiento.

Los patrocinadores del programa han planeado un despegue para junio de 2022. En caso de que la partida deba ser retrasada, existe otra opción abierta en agosto de 2023. En este último caso, la JUICE terminaría su misión en diciembre de 2034.

En un plazo de 20 años, pues, la ciencia espacial europea habrá culminado su primera incursión en solitario en el sistema de Júpiter, y si todo va bien habrá demostrado estar, una vez más, en la vanguardia de la exploración del Sistema Solar ■