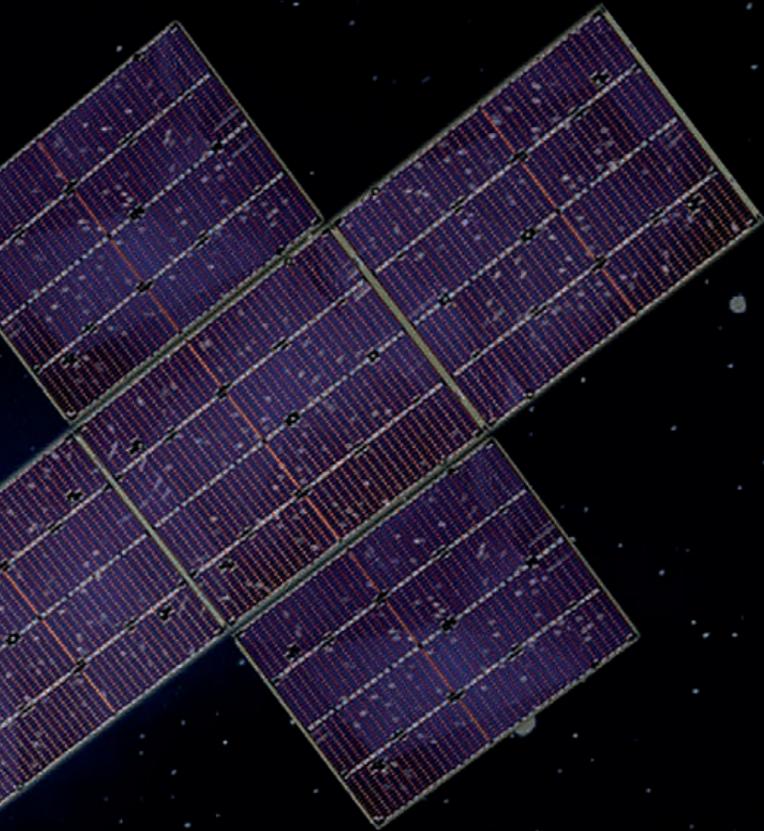


Viaje a un asteroide distinto a los demás

MANUEL MONTES PALACIO

*Ilustración de la sonda Psyche junto al
asteroide del mismo nombre.
(Imagen: NASA/JPL-Caltech/Arizona
State Univ./Space Systems Loral/Peter
Rubin)*





La exploración in situ de un asteroide ya no es una novedad. Varias misiones espaciales lo han hecho en el pasado y otras lo harán en el futuro, algunas de las cuales nos traerán incluso valiosísimas muestras de su superficie. A pesar de todo, la totalidad de los ejemplos de asteroides hasta ahora investigados correspondía a objetos con una constitución química de tipo rocoso o helado, cuando los científicos saben que existen también asteroides metálicos cuya importancia científica podría ser incluso superior. La investigación de esa olvidada clase de astros será precisamente el objetivo de la nueva misión Psyche de la NASA.



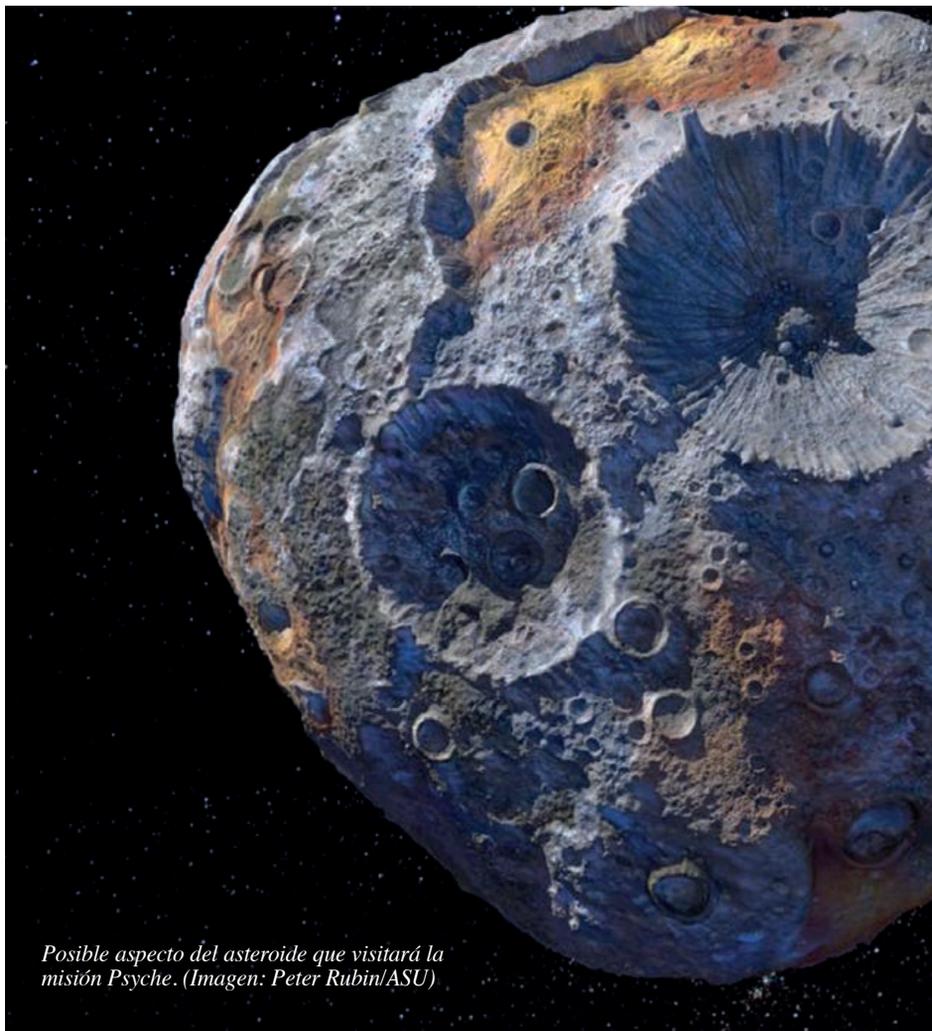
Psyche o 16 Psyche es también el nombre del asteroide que dicho proyecto pretende explorar. Es un cuerpo con un diámetro superior a 200 km y se halla entre los diez asteroides más masivos que se conocen en el cinturón principal de asteroides del sistema solar. Se calcula que contiene alrededor de un 1 % de la masa total de dicho cinturón, lo que lo convierte en uno de sus más importantes integrantes. Clasificado como un asteroide de tipo M, su considerable masa ejerce ciertos efectos gravitatorios sobre otros que se aproximan a él. Esto ha permitido a los astrónomos deducir algunas de sus características físicas.

Descubierto en 1852 por Annibale de Gasparis es uno de los asteroides más antiguos conocidos por la ciencia. Lo poco que sabemos de él es que tendría un aspecto relativamente irregular, así como varias depresiones y cráteres. Su masa calculada y su diámetro aparente proporcionan buenas estimaciones sobre su densidad que rondaría los 4.500 kg/m^3 . Teniendo en cuenta su porosidad y su albedo (el porcentaje de luz que refleja su superficie), uno de los más altos, se ha concluido que estaría compuesto por una mezcla de hierro y níquel. La presencia de agua helada en su superficie, descubierta en octubre de 2016, tendría un origen externo, y le proporciona aún más interés.

Los datos sugieren que Psyche podría ser el núcleo metálico de un asteroide mucho mayor, de quizá unos 500 km de diámetro, o puede que de un planeta del tamaño de Marte. Una colisión pretérita habría destruido a este objeto primigenio, desnudando su núcleo, y el paso del tiempo habría enviado a otras órbitas a los demás fragmentos del choque.



Retrato de Annibale de Gasparis, descubridor del asteroide 16 Psyche. (Imagen: Wikimedia Commons, CC BY 4.0)

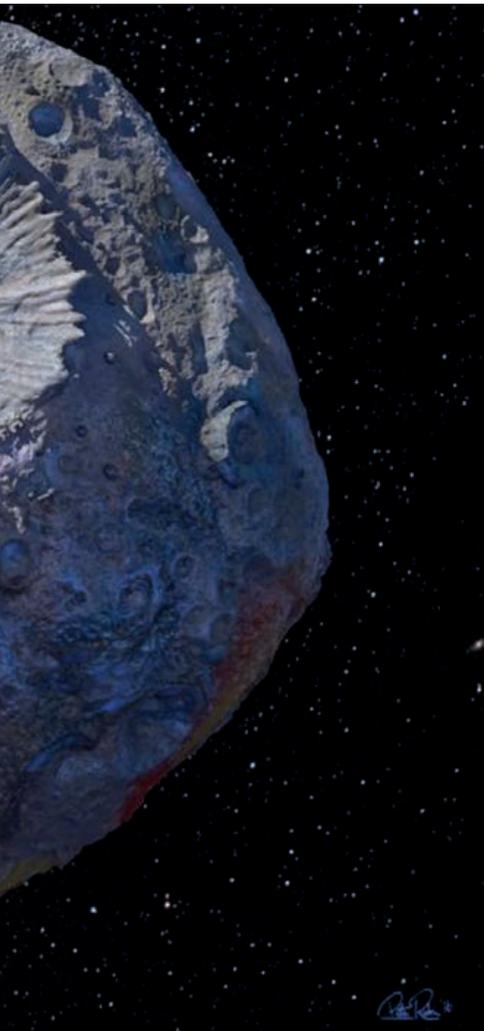


Posible aspecto del asteroide que visitará la misión Psyche. (Imagen: Peter Rubin/ASU)

Psyche gira alrededor del Sol a una distancia media de la estrella de unas tres unidades astronómicas (una unidad astronómica, o UA, es la distancia media entre la Tierra y el Sol, es decir, unos 150 millones de kilómetros). Esto hace que la distancia del asteroide respecto a la Tierra oscile entre las 2 y las 4 UA. El año de Psyche dura 1.828 días terrestres, mientras que su día (el periodo que abarca una

rotación sobre sí mismo) se prolonga durante 4 horas y 12 minutos.

En cuanto a las dimensiones exactas del asteroide, si fuera perfectamente esférico tendría un diámetro de unos 226 km. Su conocida irregularidad, sin embargo, hace que mida $279 \times 232 \times 189$ km, y que tenga un área de superficie de unos 641.800 km^2 . Lo que sabemos de él y de su estructura, hasta la fecha, se basa en observaciones de radar y ópticas, las cuales han permitido generar un modelo tridimensional del objeto. En él se constata que posee al menos dos depresiones, probablemente dos cráteres de grandes dimensiones resultado de impactos antiguos. En las imágenes también se aprecia una cierta variedad en la coloración de la superficie, lo que indica diferencias de composición química. Los detalles exactos al respecto deberán esperar a que una sonda lo visite.



PROPUESTA DE EXPLORACIÓN

A mediados de 2014, la NASA solicitó nuevas propuestas para futuras misiones de su programa Discovery. Durante dicha convocatoria se presentó una que planteaba la idea de volar hacia el asteroide Psyche, un cuerpo distinto a los ya investigados hasta el momento. La misión buscaría efectuar un completo estudio de sus características, para lo cual requeriría situar a una nave a su alrededor. El argumento esgrimido durante su fase de selección fue simple y claro: estamos ante el único asteroide conocido con aspecto de núcleo metálico, lo que lo hace precioso para una investigación comparativa con respecto a todos los demás que han sido ya explorados. Después de diversos escrutinios, en septiembre de 2015 la NASA anunció cinco misiones candidatas para una próxima

selección: Lucy, la citada Psyche, DAVINCI, VERITAS y NEOCam. El inusual alto número de propuestas propició que la NASA decidiera seleccionar en esta ocasión a dos de ellas, y no a una como era habitual. La agencia proporcionó tres millones de dólares a cada uno de los cinco finalistas de la nueva ronda del programa Discovery para una profundización de su diseño preliminar, lo que desembocaría posteriormente en su selección definitiva. Efectuadas las revisiones finales habituales, el 4 de enero de 2017 la NASA anunciaba que Psyche y Lucy eran las ganadoras del concurso.

La misión Psyche fue propuesta desde un principio por la científica planetaria Lindy Elkins-Tanton, de la Arizona State University. Una vez seleccionada, la investigadora actuará como investigadora principal del proyecto, dirigiendo al equipo de científicos que extraerá el máximo rédito posible de los instrumentos que se embarcarán a bordo de la nave.

Según el anuncio inicial, la sonda Psyche debía despegar en octubre de 2023 en dirección a un encuentro de baja velocidad con el asteroide del mismo nombre previsto para 2030. Para lograrlo se llevaría a cabo una asistencia gravitatoria junto a la Tierra en 2024 y otra junto a Marte al año siguiente. Pero esta trayectoria fue modificada durante los meses siguientes, al encontrarse una ruta más optimizada, de menor duración, y por tanto, de menor coste. Se estableció entonces una fecha de despegue en mayo del año 2022, una asistencia gravitatoria en Marte en mayo de 2023 y una llegada al asteroide en enero de 2026, cuatro años antes de lo previsto originalmente. Si todo va bien, una vez alrededor de su objetivo, la sonda deberá explorarlo durante al menos 21 meses, tiempo durante el cual el vehículo nos enviará todo tipo de datos geofísicos del astro, como su gravedad, magnetismo, topografía, etc.

La nave obtendrá asimismo un gran número de imágenes de su superficie y tratará de determinar con precisión su composición química.

EL VEHÍCULO

Psyche constituirá pues la misión número 14 del exitoso programa Discovery de la NASA. Su desarrollo se ha iniciado ya, por la aceleración del calendario debido a la selección de la nueva trayectoria y con ella del nuevo periodo de lanzamiento. La construcción del vehículo, basado en una plataforma SSL 1300, ha sido asignada al Laboratorio de Propulsión a Chorro (JPL) de la NASA, en colaboración con la empresa SSL (antigua Space Systems/Loral) y la propia Arizona State University.

La sonda pesará 2.608 kg al despegue, de los cuales unos 30 kg corresponderán a sus cuatro instrumentos científicos. Estos consisten en la cámara Multispectral Imager (en realidad, dos cámaras gemelas), que se ocupará de obtener imágenes de navegación y de alta resolución de la superficie del asteroide; el Gamma-ray and Neutron Spectrometer, un espectrómetro montado en una pértiga de dos metros de largo que levantará mapas de la composición química de su suelo; el Psyche Magnetometer, un magnetómetro para definir la posible existencia de un campo magnético, montado también en la pértiga de dos metros; y la X-band Gravity Science Investigation, que permitirá medir la gravedad de Psyche a través de los efectos de esta

Estamos ante el único asteroide conocido con aspecto de núcleo metálico, lo que lo hace precioso para una investigación comparativa con respecto a todos los demás que han sido ya explorados

sobre las transmisiones de microondas (banda X) durante las comunicaciones con

la Tierra. La sonda transportará además un sistema de comunicaciones experimental y mucho más eficiente, llamado Deep Space Optical Communications, que empleará un láser adaptado para transmisiones ópticas. Este actuará en coordinación con



Asteroid: Peter Rubin/Caltech-JPL
Spacecraft: SSL

La imagen muestra un diseño preliminar de la misión. Desde entonces, se han modificado sus paneles solares. (Imagen: Peter Rubin/CalTech/SSL)

el gran telescopio Hale del observatorio Palomar, el cual recibirá los fotones codificados en tierra y los retransmitirá para su interpretación.

El cohete de la sonda Psyche situará a su carga en una trayectoria heliocéntrica, es decir, alrededor del Sol. Para viajar hacia el cinturón de asteroides, así como para obtener la órbita prevista alrededor de su objetivo, la nave utilizará un novedoso sistema de propulsión eléctrica basado en impulsores de efecto Hall SPT-140. La propulsión iónica es extremadamente eficiente y puede funcionar durante mucho tiempo, si bien su empuje es relativamente reducido. El sistema iónico de la Psyche tendrá un empuje de solo 280 mN, pero podrá funcionar durante muchas semanas, acelerando lentamente hacia su destino. Para lograrlo, utilizará la electricidad generada por sus dos grandes paneles solares, así como un total de 425 kg de xenón, el combustible a partir del cual se producirán las partículas iónicas a alta velocidad que generarán el empuje. Se ha calculado que este sistema permitirá llegar mucho antes a Psyche y consumiendo menos combustible que si se utilizaran los medios químicos habituales. El

asteroide se hallará a 3,3 unidades astronómicas de distancia en el momento de su exploración.

Para generar la electricidad necesaria, la sonda dispondrá de un par de paneles solares muy grandes, lo que proporcionará al vehículo el tamaño aproximado de una pista de tenis. Más concretamente, la nave medirá en total, con los paneles desplegados, unos 25

metros de largo y algo más de 7 metros de ancho. Por su parte, el cuerpo principal del ingenio medirá 3,1 metros de largo y 2,4 metros de ancho, es decir, un tamaño parecido al de un coche utilitario.

En total, se espera que la misión acabe costando unos 850 millones de dólares, dentro de los límites habituales establecidos para el programa Discovery.

ÓRBITA DE TRABAJO

Como se ha dicho, la sonda Psyche llegará a su destino en enero de 2026. Tras un complejo periodo de maniobras para garantizar la inserción orbital, la nave quedará situada alrededor del asteroide siguiendo una primera órbita (A, de caracterización) establecida a unos 700 km de altitud respecto a la superficie. Esta órbita ha sido seleccionada para proporcionar una cobertura adecuada que permita levantar un primer mapa fotográfico del astro y de su hipotético campo magnético a gran escala. El calendario de misión indica que la nave permanecerá en dicha altitud durante 56 días (o 41 órbitas). Posteriormente, activará su sistema de propulsión para reducirla hasta los 290 km (órbita B, topográfica), desde donde podrá mejorar las mediciones del campo magnético y de su topografía. Transcurridos 76 días y 162 revoluciones desde la entrada en dicha órbita, la Psyche descenderá



Esta es la sala de construcción de vehículos de la compañía Space Systems/Loral, que diseñará la plataforma de la sonda. (Imagen: SSL)



La naturaleza metálica del asteroide promete ofrecernos imágenes como esta de su superficie. (Imagen: NASA)

una vez más hasta alcanzar unos 170 km respecto a la superficie (órbita C, gravimétrica). Ello permitirá continuar efectuando mediciones cada vez más sensibles del campo magnético y de la propia gravedad del asteroide. La nave permanecerá un total de 100 días en dicha posición (369 órbitas). El último cambio orbital previsto se efectuará entonces, el cual la hará alcanzar una altitud de tan solo 85 km sobre la superficie. Esta órbita (D, mapeado) completará los 21 meses de misión previstos (ocupará otros 100 días, o 585 órbitas, hasta octubre de 2027), aunque esta podría prolongarse algo más, en función de la disponibilidad de consumibles y de la financiación del programa. Durante esta fase, los instrumentos estarán lo suficientemente cerca como para poder estudiar la composición química exacta de la superficie, además de continuar las mediciones del campo magnético y la gravedad. Se obtendrán asimismo imágenes de alta resolución que mejorarán lo conseguido hasta entonces.

Los astrónomos creen que la Psyche tendrá suficiente tiempo para caracterizar completamente a su asteroide. Si este es realmente el núcleo o parte

del núcleo de un astro mayor, como un planeta, los científicos esperan entender así mejor este tipo de componentes planetarios que de manera habitual se hallan fuera de la vista de nuestros instrumentos. La Tierra posee un núcleo de hierro y el estudio de Psyche podría ser muy útil para comprender cómo es y qué aspecto tiene el interior de un cuerpo diferenciado como el de nuestro mundo. En todo caso, el asteroide ya es de por sí lo bastante interesante, pues constituye un nuevo tipo de objeto astronómico del cual se tiene poca información.



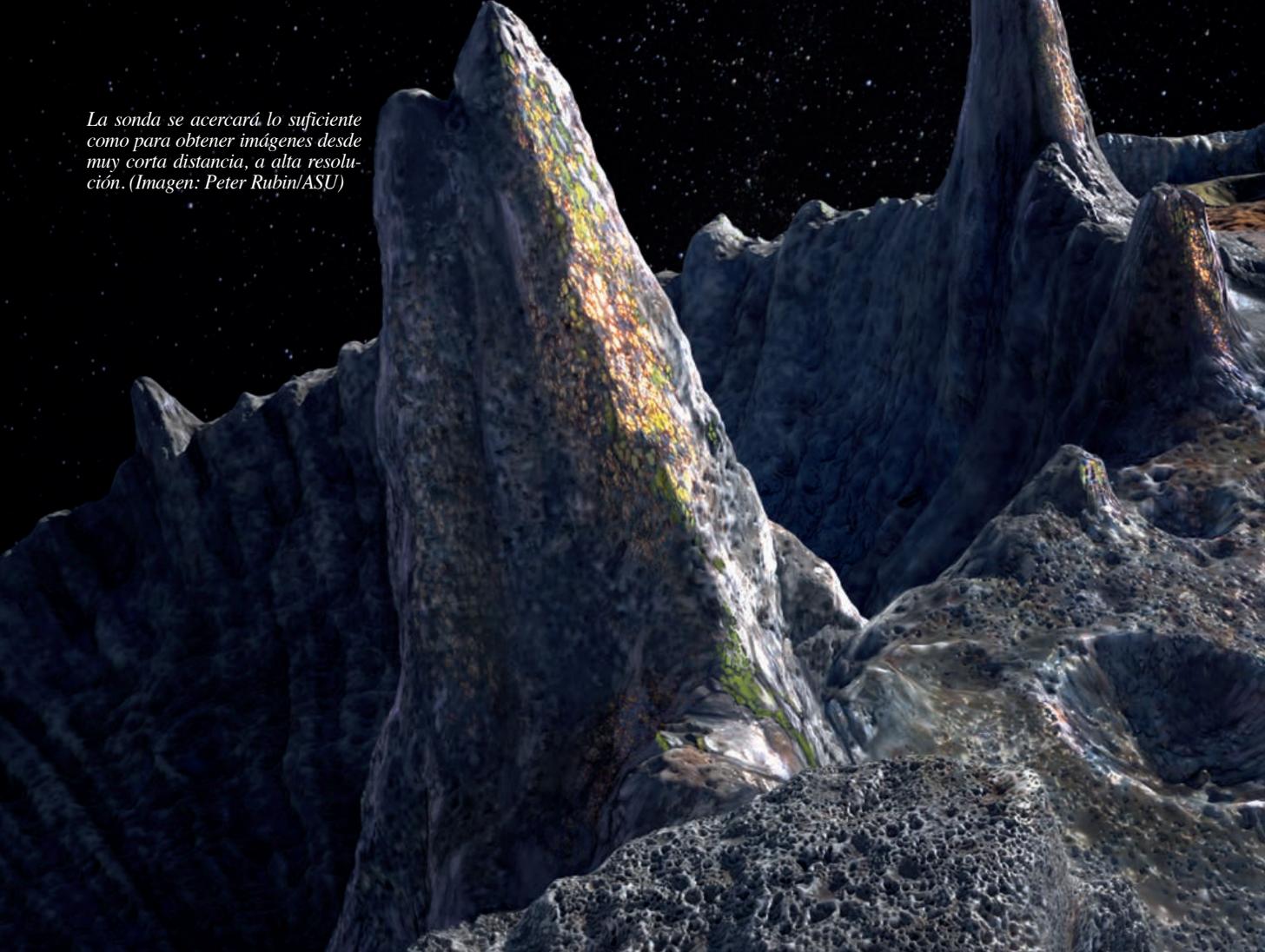
El logotipo de la misión. (Imagen: NASA Discovery Program)

En base a todo lo anterior, la misión tratará de averiguar si el asteroide es realmente un viejo núcleo planetario, los cuales normalmente se encuentran en estado fundido, o si simplemente consiste en una acumulación de material metálico. También se analizará la presencia de otros elementos químicos más ligeros, para comprobar si se parecen a los que se hallan en el núcleo terrestre, sometido a mucha mayor presión que los núcleos de planetas más pequeños, lo que daría pistas sobre el tamaño del astro original al que perteneció Psyche.

La misión tratará de describir en detalle la topografía del objeto, así como determinar la edad, o edades, de las diferentes regiones de su superficie, en caso de que sean distintas. Un objetivo importante será obtener suficientes datos para averiguar bajo qué condiciones químicas se formó el asteroide, es decir, si estas fueron más o menos oxidantes que las que experimentó el núcleo terrestre.

Dado que ya disponemos de información próxima e imágenes de asteroides rocosos y helados, podremos compararlos con el aspecto

La sonda se acercará lo suficiente como para obtener imágenes desde muy corta distancia, a alta resolución. (Imagen: Peter Rubin/ASU)



que ofrezca Psyche. Sabremos, por ejemplo, si los cráteres que cubren a unos y otros son distintos debido a su composición básica. Si la mayor parte del asteroide se mantuvo fundida hace mucho tiempo, intentaremos averiguar si se solidificó de dentro hacia fuera o al contrario, y si durante el periodo de enfriamiento llegó a crear una dinamo magnética.

Todo hace sospechar que Psyche sería el resultado de un impacto primigenio entre dos o más objetos. Durante la época de la formación del sistema solar, este tipo de choques era mucho más habitual y frecuente que ahora. Eran procesos que dieron forma a los actuales planetas, y por tanto conocer el interior de un asteroide

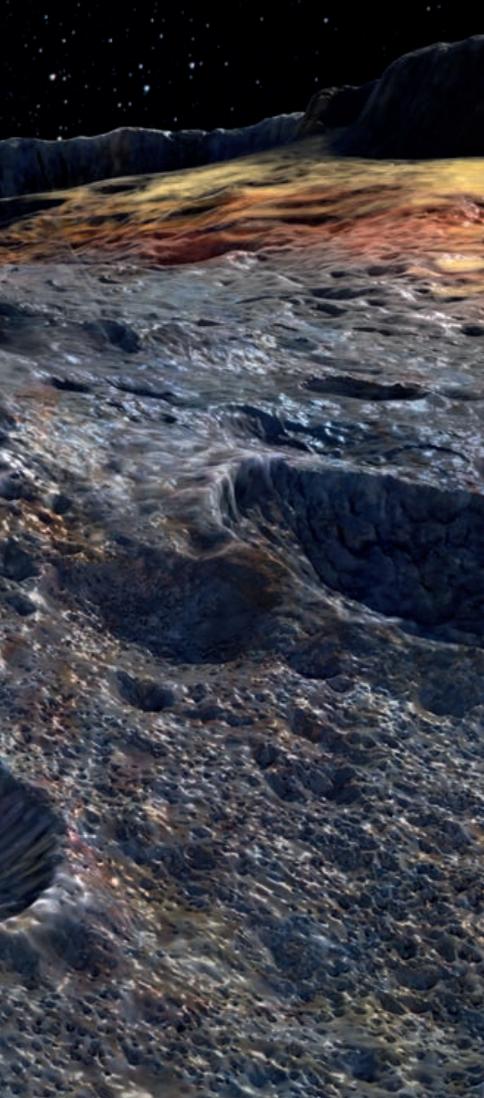
Todo hace sospechar que Psyche sería el resultado de un impacto primigenio entre dos o más objetos

como este nos proporcionará información sobre cómo eran los bloques de formación que dieron lugar a los astros que hoy en día pueblan nuestro sistema planetario. El núcleo de la Tierra se halla a 3.000 km de profundidad, así que solo podemos estudiarlo de forma indirecta (no hemos perforado el suelo más allá de unos 12 km). Además, se encuentra a una presión tres millones de veces superior a la de nuestra atmósfera y bajo una temperatura de unos 5.000 grados Celsius, lo que dificulta enormemente conocer cómo es ahora dicho núcleo terrestre. Poder tener acceso a uno parecido, si esta fue la naturaleza de Psyche, sería muy interesante para la ciencia geológica.

DISEÑO VELOZ

Adelantar la fecha de despegue permitirá recibir resultados mucho antes de lo esperado, pero también obligará a trabajar mucho más rápido para construir a tiempo el vehículo y dejarlo listo para el lanzamiento en las fechas previstas. Durante 2018, el programa se encontraba en la habitual fase B de diseño preliminar. Esta fase terminaría en mayo de 2019, tras una revisión en marzo del mismo año que daría la luz verde para pasar a la siguiente fase (C).

Llegados a ella, será el momento de empezar a construir los instrumentos científicos propiamente dichos, cuya complejidad necesita de un cierto margen temporal para resolver cualquier contratiempo que surja en el camino. En abril de 2020, los equipos respectivos serán sometidos a la llamada revisión crítica de diseño. Un mes después, la plataforma sobre la que serán montados, es decir, el cuerpo casi desnudo del



vehículo, quedará terminada y estará lista para recibir al resto de componentes en cuanto sean fabricados y entregados, tras diversas pruebas y ensayos en tierra.

En enero de 2021, se llevará a cabo la revisión de integración de sistemas, asegurando que todos ellos encajen perfectamente y sin problemas.

El siguiente paso (fase D) será la construcción de los diferentes subsistemas del vehículo y su incorporación a la plataforma de vuelo. Una vez montado, será el momento de efectuar ensayos globales ante diferentes condiciones de vibración, temperatura, vacío, interferencias, etc. Hacia julio de 2022 se iniciará una nueva revisión para asegurar que todo está a punto para el lanzamiento.

La sonda, completamente acabada, será enviada a la zona de lanzamiento en mayo de 2022. Una vez integrada sobre su cohete, despegará hacia el espacio en agosto, en lo que será un periplo de unos tres años y medio.

La fase E, correspondiente a las operaciones, implicará el seguimiento y control de las diversas etapas del viaje del vehículo, como la asistencia gravitatoria en Marte en mayo de 2023. Tras la llegada a Psyche, en enero de 2026, los científicos del programa se dedicarán a recibir y analizar todos los datos enviados desde el asteroide, así como a controlar su órbita y la correcta operación de cada uno de sus instrumentos. Si todo va como se espera, la misión terminará en octubre de 2027. A partir de ese momento se



La investigadora principal Lindy Elkins-Tanton. (Imagen: ASU)

iniciará la fase F, que se prolongará hasta agosto de 2028 y que supondrá la desactivación de los sistemas de la sonda y la entrega de los últimos resultados por parte del equipo científico.

Terminará así una misión que los científicos esperan revolucione nuestros conocimientos sobre el periodo más antiguo de formación del sistema solar y sobre la geología de los astros que lo componen. Como ha ocurrido ya con otros objetos, antaño misteriosos, Psyche se convertirá sin duda en uno de los mejor conocidos para la ciencia, y en una magnífica oportunidad para profundizar en una población astronómica hasta ahora casi desconocida. ■



Foto de familia de una de las reuniones del personal que está desarrollando el proyecto. (Imagen: SSL)