

Lucy: primera visita a los troyanos de Júpiter

MANUEL MONTES PALACIO

En enero de 2017 la NASA aprobaba una nueva misión en el marco de su programa Discovery de exploración del sistema solar. Bautizada como Lucy, estará protagonizada por el primer reconocimiento de cerca de un tipo particular de asteroides, los llamados troyanos, que orbitan alrededor del Sol al mismo tiempo que el planeta Júpiter. Su naturaleza primigenia podría arrojar información sobre el origen físico del sistema solar y quizá de la propia vida.



Nuestro sistema planetario está lleno de pequeños cuerpos asteroidales. La mayoría se agrupan en dos regiones: una corresponde al cinturón principal de asteroides situado entre Marte y Júpiter, y la otra al cinturón de Kuiper, más allá de Neptuno. Se trata de poblaciones no siempre bien caracterizadas y compuestas por un gran número de integrantes, algunos de los cuales podrían proporcionarnos importantes sorpresas. Pero además de estas dos poblaciones también existen asteroides que evolucionan alrededor de nuestra estrella en trayectorias muy distintas que posiblemente proceden de estos mismos grupos, y que fueron perturbados por la gravedad de los planetas, modificando sus trayectorias debido a antiguos encuentros. Los hay, en efecto, que se acercan mucho a la Tierra, y otros que se mueven en rutas mucho más caóticas.

Su naturaleza general es variada, y pueden ser rocosos, constituyendo quizá fragmentos de cuerpos mayores, o metálicos, e incluso adoptar formas de conglomerados de hielo de agua y polvo. Se cree que estos últimos están relacionados con la población primigenia que se formó alrededor del Sol y que poco a poco se fue incorporando a los futuros planetas, aportando masa y materiales. Existen aún, ciertamente, muchos asteroides primitivos de esta clase que contienen el material original del que surgieron el resto de cuerpos del sistema solar. Su interés es grande para los científicos que tratan de descifrar cómo se crearon este último y la propia Tierra, dado que en nuestro planeta son escasos los rastros de rocas tan antiguas, siendo inencontrables aquellas con una edad equiparable a la del propio sistema solar. Los procesos geológicos terrestres han reciclado desde hace mucho, una y otra vez, los componentes superficiales de la Tierra, modificándolos y apartándolos de su origen físico.

Por suerte, durante los últimos miles de millones de años la dinámica del sistema solar ha permitido que algunos de estos restos primigenios, en la forma de asteroides

muy antiguos, se hayan visto influidos por la gravedad de los grandes planetas. Sobre todo Júpiter, pero también Saturno o Urano han sido responsables de que algunos objetos de esta clase hayan acabado en posiciones particulares, donde esperan ser investigados.

Como ocurre con la Tierra o la Luna, existen ciertos puntos de equilibrio gravitatorio junto a los astros: los llamamos puntos de Lagrange o de libración. Son zonas en las que la gravedad del astro princi-

pal y la del Sol se ven equilibradas, de forma que es posible situar a un objeto orbitando a su alrededor o hallar una estabilidad que de otra manera no sería posible. Las agencias espaciales han colocado sondas de exploración alrededor de ciertos puntos de Lagrange de la Tierra, pero nada impide que cuerpos como los asteroides acaben en ellos gracias a mecanismos de interacción de carácter natural, como las perturbaciones gravitatorias durante sobrevuelos demasiado cercanos.



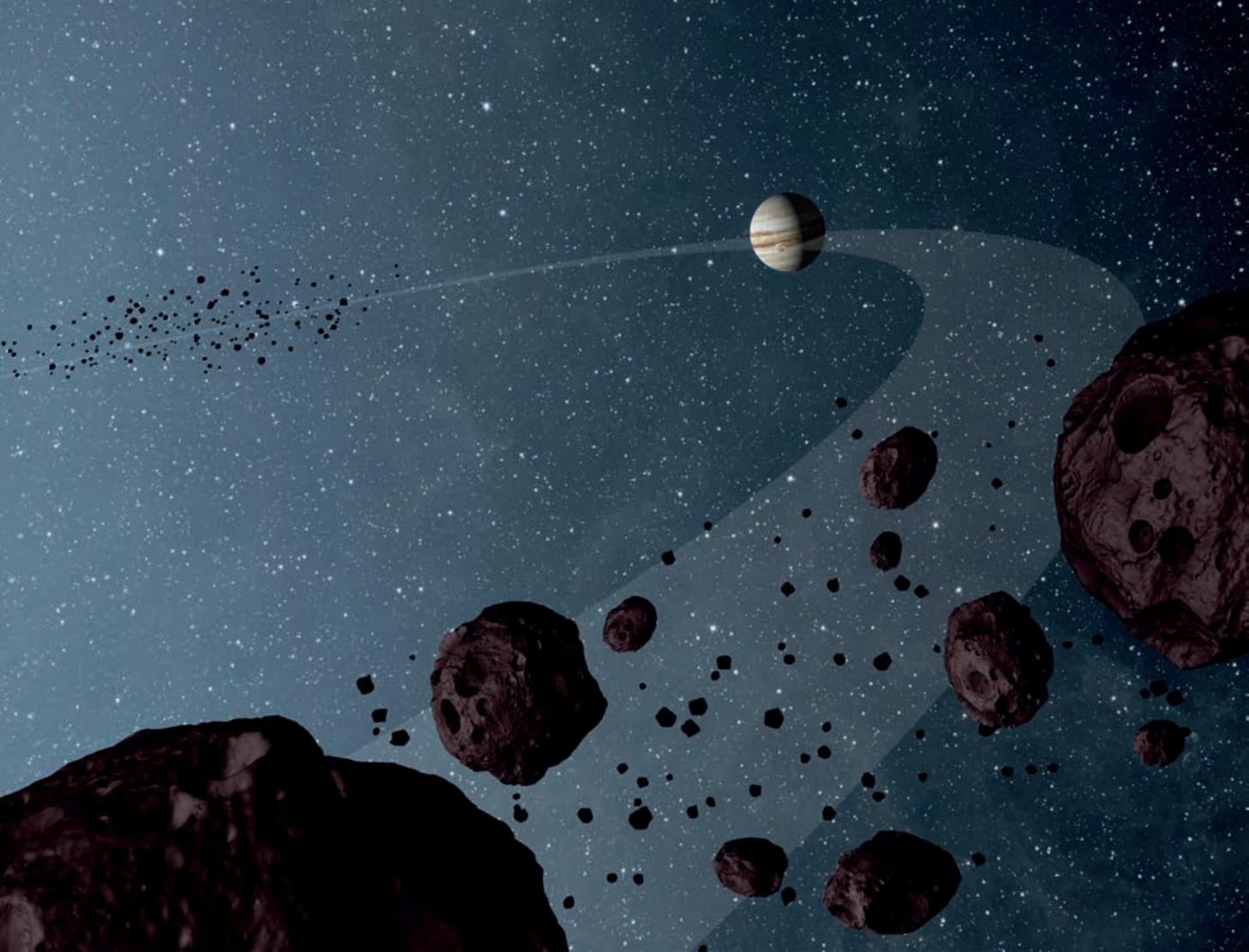
Dos de las zonas de equilibrio de Júpiter, denominadas L4 y L5, son especialmente importantes en este sentido. Se hallan en la propia órbita joviana alrededor del Sol, una por delante de Júpiter (a 60 grados de distancia) y la otra por detrás (también a 60 grados de distancia del planeta gaseoso). Y efectivamente, desde hace más de 100 años, los astrónomos han localizado a través de investigaciones telescópicas enjambres de asteroides que se hallan anclados en L4 y L5, junto a Júpiter, moviéndose en su misma órbita de 12

años. A estos objetos se los ha denominado troyanos. En esencia, estos cuerpos se mueven en tándem junto al gigante planetario, manteniendo durante millones de años sus posiciones respecto a él. Aunque las sondas espaciales ya han visitado a varios asteroides y cometas del sistema solar, los troyanos tienen un interés particular para la ciencia debido a su antigüedad, que podría aportarnos pistas sobre nuestro origen. Así pues, se ha propuesto repetidamente el envío de algún tipo de vehículo hasta sus cercanías

para estudiar su forma y composición en busca de datos sobre cómo se creó el sistema solar.

Durante la última ronda de selección de propuestas para el programa Discovery, la NASA aceptó el desarrollo de una misión interplanetaria pensada especialmente para la exploración de los troyanos de Júpiter. Llamada Lucy, su lanzamiento está previsto para el año 2021. Cuando alcance su destino, estudiará seis asteroides troyanos de diferente factura, pertenecientes tanto a L4 como a L5, lo que requerirá una





Las zonas L4 y L5 se hallan a los lados de Júpiter y contienen un gran número de asteroides troyanos. (Imagen: NASA/JPL-Caltech)

compleja serie de maniobras y muchos años de viaje entre ambas regiones del sistema planetario.

UN VIAJE PRODUCTIVO

La propuesta encaminada a explorar por primera vez los troyanos de Júpiter fue presentada en febrero de 2015 por el Southwest Research Institute, un organismo de investigación que ya ha participado con anterioridad en el programa Discovery. Harold F. Levison, del mismo instituto, sería el investigador principal en caso de ser seleccionada. Después de una revisión preliminar por parte de la NASA, el proyecto Lucy superó la primera ronda de escrutinio, y el 30 de septiembre del mismo año la agencia espacial estadounidense otorgaba 3 millones de dólares a cada uno de los cinco finalistas para la realización

de estudios complementarios (definición, reducción de riesgos, etc.). Una vez realizados estos trabajos, el 3 de enero de 2017 se efectuó la selección final, de la que emergieron como ganadores dos proyectos: Lucy y Psyche. Ambos pasaban a la fase de desarrollo y se esperaba su lanzamiento antes de finales de 2021 si todo el proceso de ingeniería se completaba sin dificultades.

Lucy será gestionada por el centro espacial Goddard de la NASA. Su denominación hace referencia al primitivo y famoso ejemplar de homínido australopitecus del mismo nombre, ya que su objetivo principal será investigar los «fósiles» del sistema solar, es decir, los restos de la formación de este último.

Englobada en el citado programa Discovery (constituye su 13.^a misión), Lucy no solo estudiará los

troyanos de Júpiter, sino que también, durante su viaje, tendrá la oportunidad de sobrevolar un asteroide que encontrará en su camino hacia la órbita joviana. Si tiene éxito, la sonda multiplicará nuestros conocimientos sobre estos cuerpos menores, gracias al elevado número de ellos que podrá investigar en un plazo relativamente corto de tiempo.

Su lanzamiento ocurrirá en octubre de 2021, a bordo de un cohete aún por concretar. Su trayectoria, en cambio, sí es conocida: después de dar toda una vuelta al Sol y de volver a pasar cerca de nuestro planeta, donde recibirá una asistencia gravitatoria, la sonda Lucy se encontrará en ruta hacia su primer objetivo, el asteroide 52246 Donaldjohanson. Descubierta en 1981 y clasificado inicialmente como 1981 EQ5, ha sido renombrado (2015) en honor del

paleoantropólogo Donald Johanson, codescubridor de los fósiles del australopithecus Lucy. Donald Johanson es un asteroide de 4 km de diámetro que pertenece al cinturón principal de asteroides. De tipo C, forma parte de la familia Erigone, a la que se asigna una edad de unos 130 millones de años. La sonda Lucy lo sobrevolará el 20 de abril de 2025, a unos 922 km de distancia y a una velocidad relativa de 13,4 kilómetros por segundo, obteniendo numerosa información sobre sus características físicas. Donald Johanson sigue una órbita de 3,68 años, que alcanza una distancia máxima respecto al Sol de 2,82 unidades astronómicas (una UA es la distancia media entre el Sol y la Tierra) y una mínima de 1,94 UA. Una vez completada la visita, Lucy continuará su camino en dirección al punto de Lagrange L4 de Júpiter.

La zona ocupada por los puntos de libración donde se hallan los asteroides troyanos es muy amplia, de modo

que estos se encuentran distribuidos a lo largo de una sección relativamente grande de la órbita de Júpiter. Aquellos elegidos para la misión Lucy serán sobrevolados de manera consecutiva en el transcurso de varios meses. El primero será el llamado 3548 Eurybates, un troiano de 64 km de diámetro que es también el mayor conocido en L4. Lucy lo visitará el 12 de agosto de 2027. Eurybates fue descubierto en 1973 y se halla en el llamado «campamento griego» (en contrapartida, L5 corresponde al «campamento troiano», según la mitología griega). La sonda pasará junto a su lado a una distancia de alrededor de 1.000 km, manteniendo una velocidad relativa entre ambos de 5,8 km/s.

Apenas un mes después, el 12 de septiembre, la nave investigará 15094 Polymele, de 21 km. Lo que sabemos de él es que posiblemente sea un fragmento de un cuerpo más grande que fue fragmentado durante una colisión

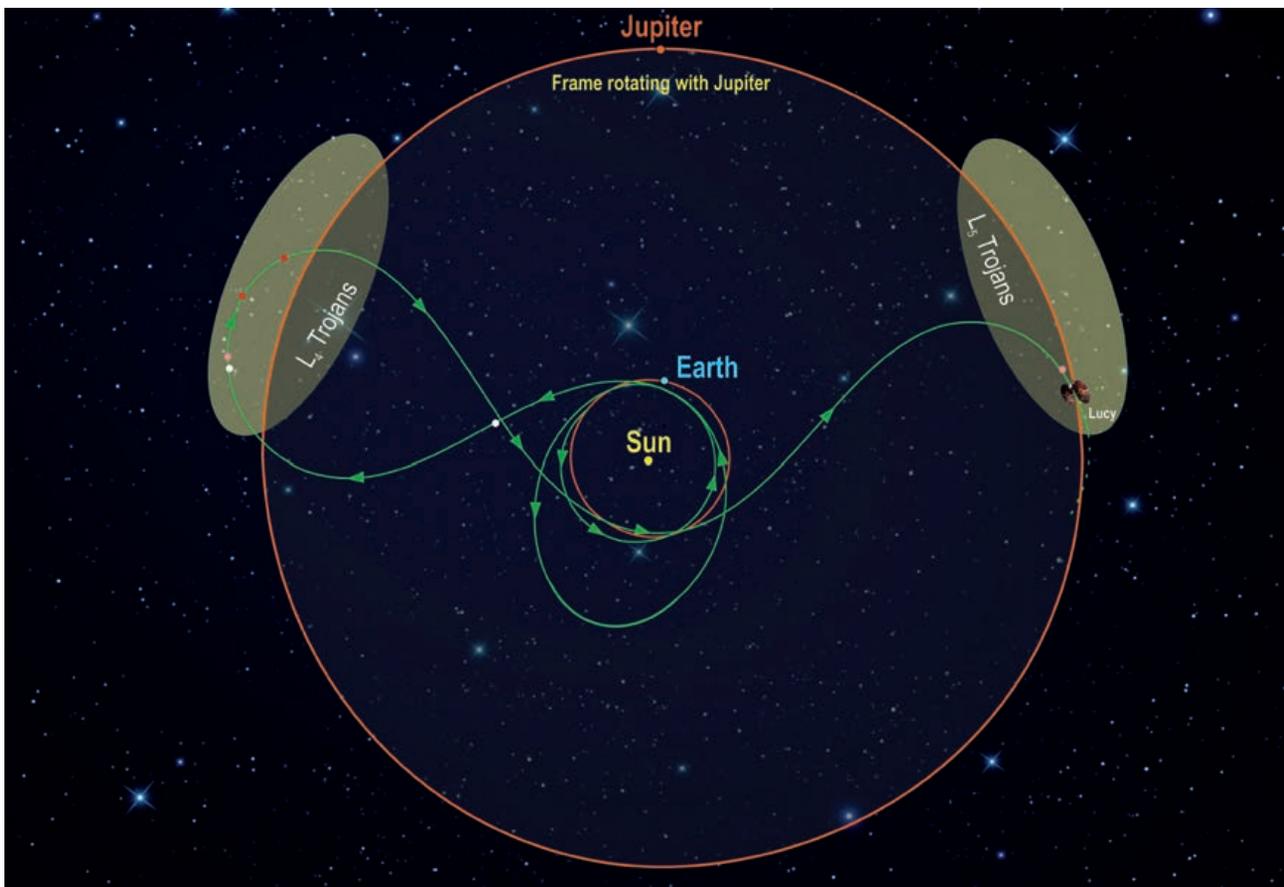
catastrófica. Fue descubierto en 1999. Cuando llegue hasta él, Lucy pasará a unos 415 km de su superficie, a una velocidad de 6 km/s.

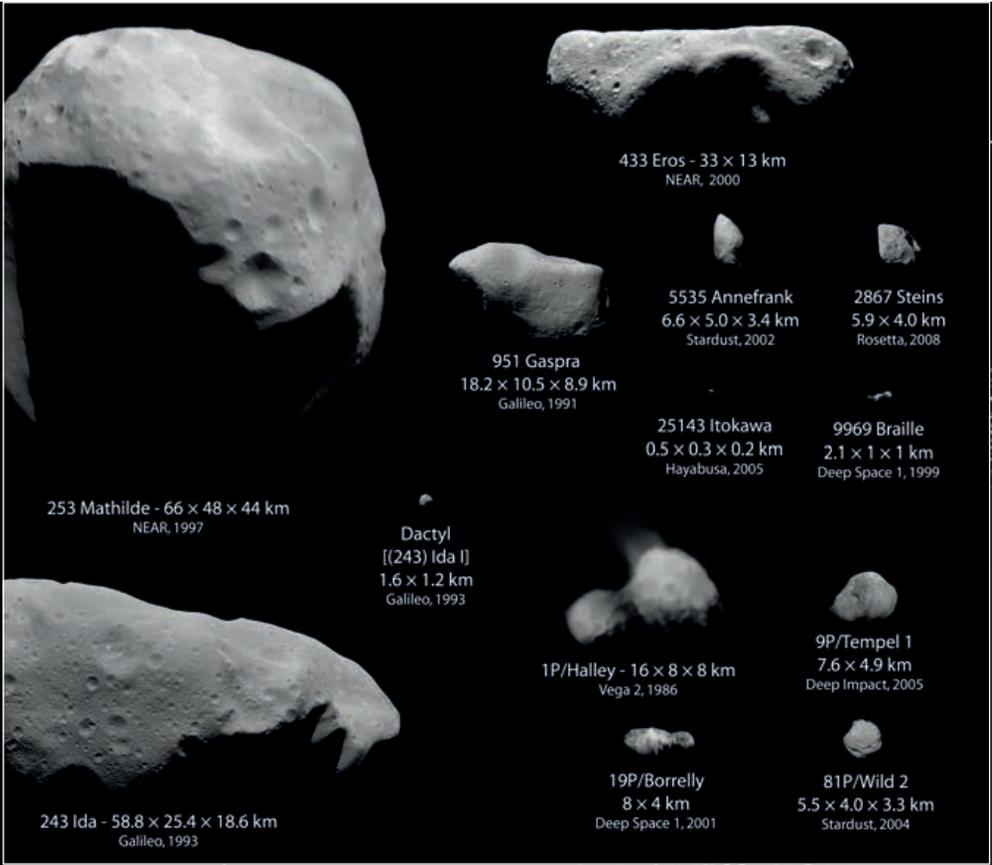
Siguiendo su trayectoria a través de la zona de influencia de L4, Lucy se encontrará el 18 de abril de 2028 con 11351 Leucus, de 34 km de diámetro y descubierto en 1997. A diferencia de sus compañeros, parece que se trata de un asteroide de rotación muy lenta, lo que es relativamente sorprendente. Se ha estimado para él un periodo de casi 514 horas (más de 21 días). La sonda lo sobrevolará a unos 1.000 km de distancia y a una velocidad de 5,9 km/s.

Por último, el 11 de noviembre del mismo año se producirá el encuentro con 21900 Orus, de 51 km de diámetro y catalogado en 1999. De nuevo, la distancia de sobrevuelo será de unos 1.000 km, a una velocidad relativa de 7,1 km/s.

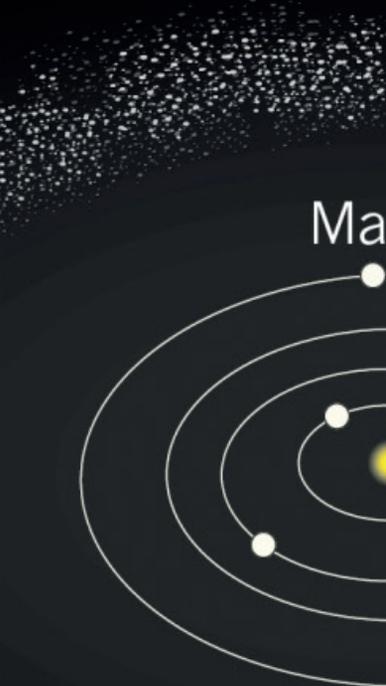
Concluida la visita a L4, Lucy alcanzará su punto más alejado respecto al Sol y procederá a volver

La compleja trayectoria que llevará a la Lucy hasta sus destinos. (Imagen: Southwest Research Institute)



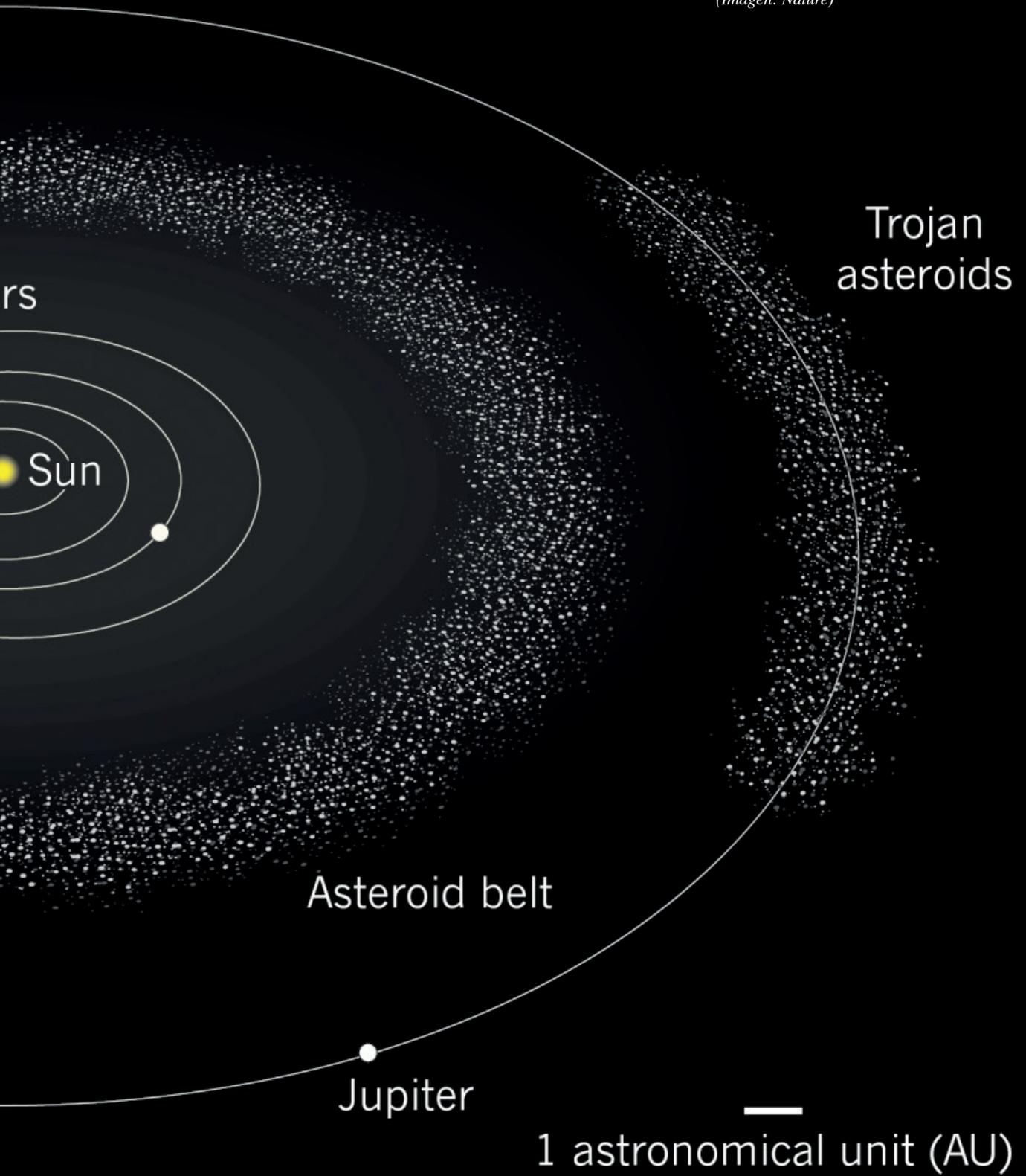


Algunos asteroides del sistema solar que han sido visitados por sondas espaciales. (Imagen: Planetary Society)



Trojan asteroids

*Los troyanos de Júpiter se extienden en amplias nubes a lo largo de su órbita.
(Imagen: Nature)*



a la zona interna del sistema solar, donde una nueva asistencia gravitatoria junto a la Tierra lo impulsará con la velocidad y la orientación necesarias para moverse hacia el lado contrario de la órbita de Júpiter. Tras otro largo viaje hacia L5, el 2 de marzo de 2033 la sonda se hallará por fin en las inmediaciones de su quinto troiano, el denominado 617 Patroclus. Este es particularmente interesante pues se trata realmente de un asteroide binario, es decir, consiste en dos asteroides orbitando uno alrededor del otro. El segundo se llama Menoetius y se encuentra a unos 680 km de distancia de su compañero. Los dos tienen

un diámetro similar, alrededor de 141 y 112 km, respectivamente. Patroclus fue descubierto en 1906 (el segundo troiano hallado por los astrónomos), y su compañero en 2001 cuando resultó aparente la naturaleza binaria del primero. Así pues, Lucy podrá investigar dos troianos más por el precio de uno.

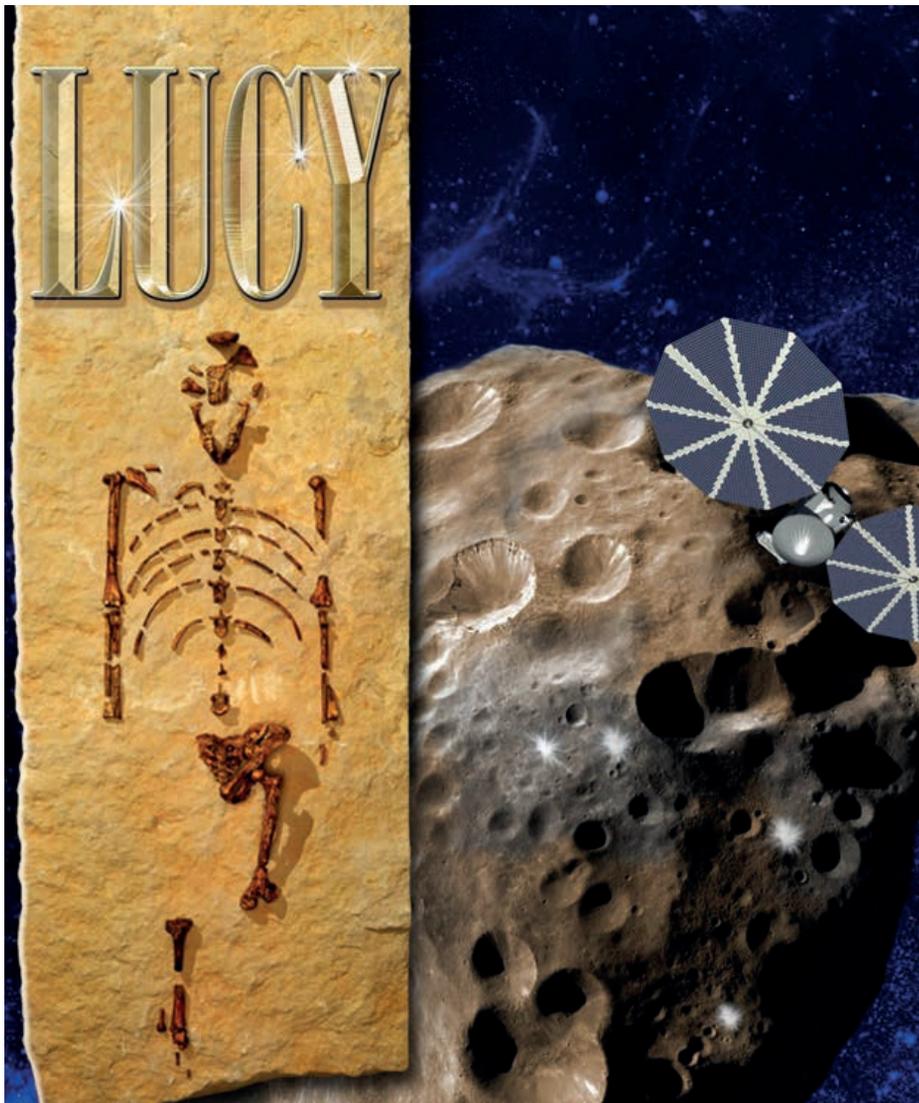
La misión principal de Lucy habrá finalizado tras ese encuentro, pero en función del estado de sus instrumentos y de sus reservas de combustible, los científicos podrían decidir prolongar su vida útil e incluso visitar algún otro asteroide que pueda hallar a su paso (la nave seguirá oscilando entre las dos

nubes de troianos cada seis años). De hecho, se piensa que los puntos L4 y L5 de Júpiter podrían ser un punto de concentración muy elevado de objetos, hasta el punto de que podría haber tantos asteroides troianos del gigantesco planeta como asteroides en el cinturón principal, gracias a su capacidad de perturbación gravitatoria, que habría atraído a muchos cuerpos en el pasado. La mayoría, muy pequeños, no han sido descubiertos todavía, pero ya se conocen alrededor de 6.500 troianos desde que el primero (588 Achilles) fuera encontrado en 1906.

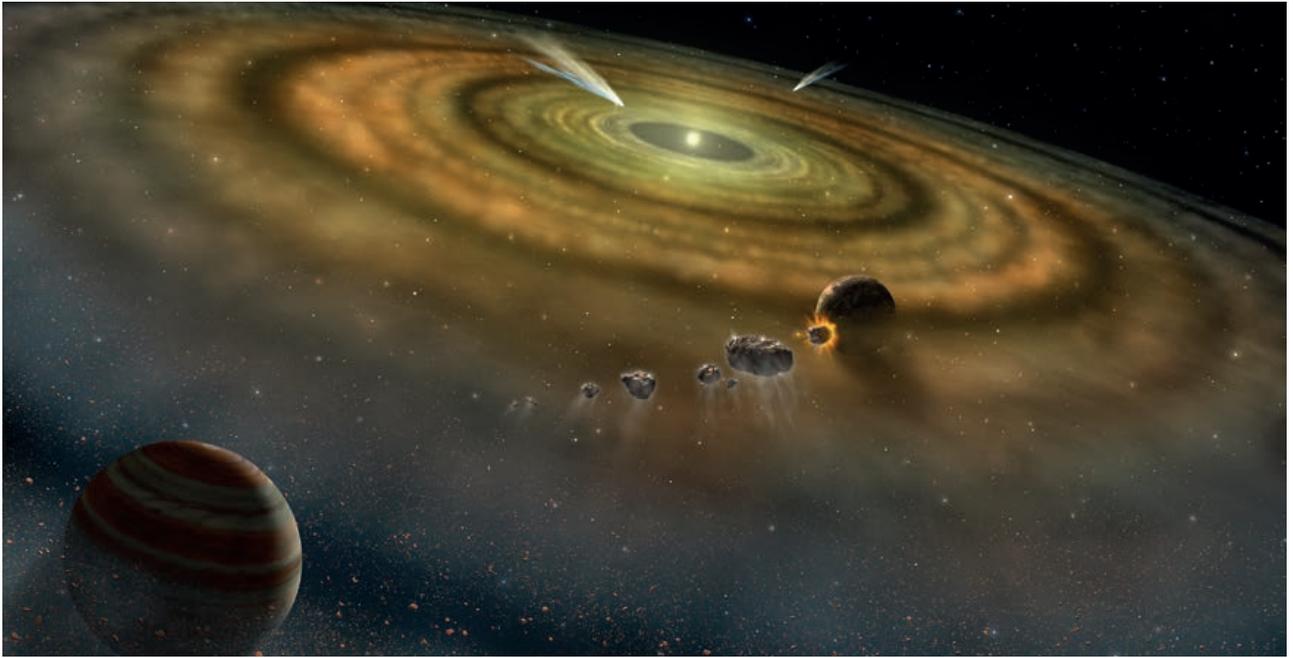
Si todo va bien, tras la misión, los astrónomos habrán avanzado notablemente en nuestro conocimiento del aspecto y características de los troianos de Júpiter. La órbita de este, situada a 780 millones de kilómetros del Sol, proporciona un entorno particular en el que estos objetos deben conservar su aspecto primigenio, oscuro y con superficies poco reflectantes. En función de su procedencia, su composición puede estar más próxima a la de un cometa que a la de un asteroide rocoso.

UNA MÁQUINA AVANZADA

Con un coste máximo de 450 millones de dólares, Lucy será una de las misiones de la NASA más ambiciosas de los últimos tiempos. Su construcción y posterior operación han sido contratadas a la veterana empresa estadounidense Lockheed Martin, que utilizará como punto de partida el diseño básico de la sonda OSIRIS-REx, actualmente en el espacio y en dirección a un asteroide. La estructura de esta última es ya adecuada para volar hacia los troianos, si bien se practicarán adaptaciones que permitan afrontar las grandes distancias a las que se moverá el vehículo. Por ejemplo, gracias a la sonda Juno, ya sabemos que es posible operar con éxito sondas inter-



En el poster de la misión queda clara la relación entre ella y el esqueleto fósil del australopithecus del mismo nombre. (Imagen: Southwest Research Institute)



Durante la formación del sistema solar, los planetas integraron numerosos objetos parecidos a los troyanos. (Imagen: NASA)

planetarias a la distancia de Júpiter usando paneles solares como fuente de energía. El diseño inicial de la Lucy plantea pues la utilización de un par de paneles solares circulares de gran rendimiento. La masa de la sonda y sus características técnicas, sin embargo, aún no se conocen con exactitud debido a la fase tan temprana de su diseño.

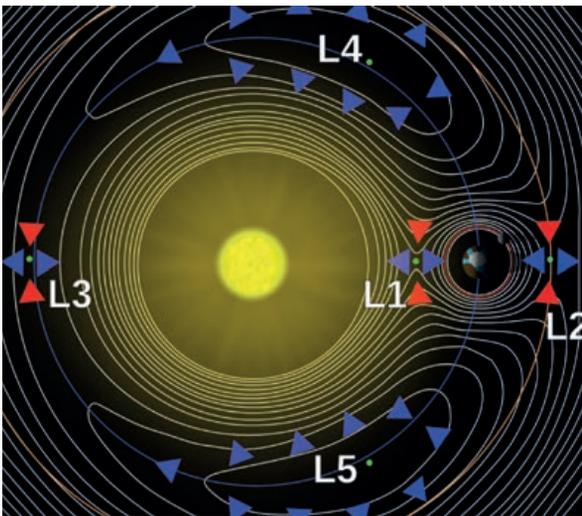
En cuanto a la instrumentación, Lucy también aprovechará la experiencia de misiones interplanetarias recientes. Llevará a bordo tres instru-

mentos científicos. Dos corresponden a versiones mejoradas de los llamados RALPH y LORRI, embarcados previamente en la New Horizons, el vehículo que sobrevoló hace unos pocos años el planeta enano Plutón y que sigue explorando el cinturón de Kuiper. Dados los objetivos de la citada OSIRIS-REx, Lucy incorporará además una nueva versión de uno de sus instrumentos, el denominado OTES. Así pues, la nueva sonda transportará una cámara en alta resolución en el visible (L'LORRI, construida por el laboratorio APL) y dos espectrómetros (uno en la banda óptica y del infrarrojo cercano, llamado L'Ralph y construido por el centro Goddard, y otro en el infrarrojo térmico, el L'TES, construido por la universidad estatal de Arizona). Con ellos se espera obtener el máximo rédito científico del tipo de misión que se realizará, protagonizada por breves y rápidos sobrevuelos de los objetivos.

Otra tecnología avanzada cuya inclusión a bordo ha sido planteada será un sistema de comunicaciones experimental mediante láser. Las comunicaciones ópticas ya se han probado con mucho éxito entre la órbita terrestre, la Luna y diversas estaciones receptoras de la Tierra. El sistema permite mayores tasas de datos en la transmisión de los resultados. Un sistema tradicional de ondas de radio permitirá asimismo trabajar en la investigación de la masa y densidad de los asteroides troyanos gracias al aprovechamiento de las radiocultaciones que se produzcan durante el viaje.

TRABAJOS CIENTÍFICOS

Con todo este instrumental, la sonda podrá estudiar aspectos esenciales como la geología, las propiedades físicas y la composición de la superficie de los asteroides que irá encontrando, permitiendo comparaciones entre ellos. En cuanto a los troyanos, se obtendrá así información de primera mano del material original que dio forma a los planetas, el cual, como se ha dicho, podría parecerse al que conforma a los cometas. Entre otras cosas, nos ayudará a averiguar de dónde proceden los materiales volátiles y orgánicos en el sistema solar. Son preguntas

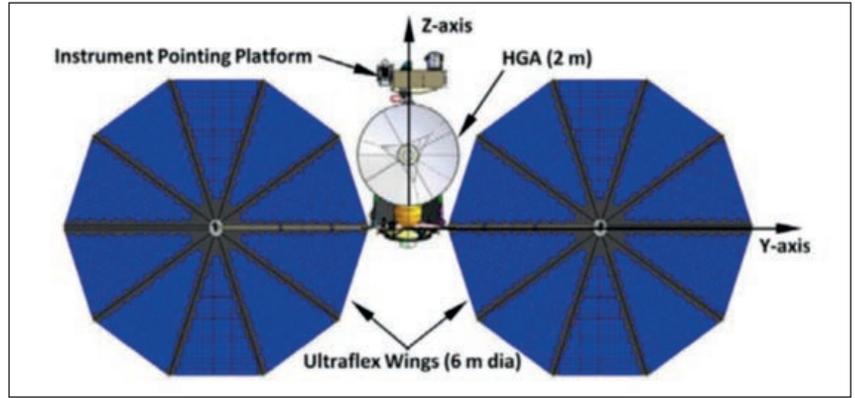


Curvas de potencial en un sistema de dos cuerpos (aquí el Sol y la Tierra), mostrando los cinco puntos de Lagrange

fundamentales que los científicos se hacen y que no es sencillo que pueda responder una sola misión. Lucy, no obstante, se encontrará en la mejor disposición para hacerlo, dada la naturaleza de sus objetivos de investigación y su variedad de orígenes y tamaños.

En la práctica, los troyanos podrían ser equivalentes a cápsulas del tiempo en las que se conservarían los ingredientes originales del sistema solar, formado hace más de 4.000 millones de años. Son tan antiguos que ciertamente podrían tener las claves para averiguar de dónde han salido muchos elementos químicos que resultan cruciales para la vida terrestre. Los troyanos que observará Lucy, además, son de diversos tipos (C, P y D), lo cual aporta un mayor abanico de posibilidades investigativas. Los asteroides de tipo C son habituales en el cinturón principal entre Marte y Júpiter. En cambio, los de tipo P y D son oscuros y creemos que proceden del cinturón de Kuiper. Bajo una superficie polvorienta, es muy posible que mantengan una gran cantidad de agua helada y sustancias volátiles semejantes. Su color oscuro probablemente procede de su rico contenido en compuestos del carbono.

Las diferencias entre los troyanos serán muy significativas. Dado que habrán alcanzado su posición actual



Conceptualización de la sonda Lucy

en muy diversos momentos de la historia de Júpiter, sus propiedades serán también distintas, en cuanto a color y albedo (la cantidad de luz que reflejan). Júpiter no ha estado siempre en la posición presente, sino que se ha visto desplazado a lo largo del sistema solar, como otros planetas, moviéndose hacia el exterior, así que los troyanos pueden darnos indicaciones sobre la ruta seguida por el principal planeta gaseoso y, en esencia, datos sobre la cambiante historia de este último. Adicionalmente, la presencia de troyanos procedentes del cinturón de Kuiper nos permitirá echar un vistazo a cómo es esta población, habitualmente localizada más allá de Neptuno y, por tanto, situada en menor medida a nuestro alcance.

En resumen, Lucy es uno de los programas más prometedores de los últimos tiempos. Enmarcado en un presupuesto relativamente modesto teniendo en cuenta que es una misión de espacio profundo, podría aportar información muy valiosa y potencialmente transformadora de nuestra visión actual sobre cómo se formó el sistema solar, nuestro planeta e incluso nosotros, como especie biológica. La larga duración de su periplo, que se adentra hasta principios de la década de 2030, implica que aún tardaremos en conocer todos sus resultados, pero la sonda nos enviará datos científicos desde muy poco después de su lanzamiento, gracias a su larga cadena de encuentros con diferentes asteroides. ■



Este es el equipo principal que está desarrollando la sonda Lucy. (Imagen: Lockheed Martin)